

T.C.
TRAKYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

OFİS YAPILARINDA İÇ MEKÂN KONFORUNUN DEĞERLENDİRİLMESİ

MELEK ÖZDAMAR

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MİMARLIK ANABİLİM DALI

Tez Danışmanı: YARD. DOÇ. DR. FİLİZ UMAROĞULLARI

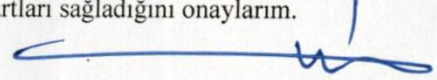
EDİRNE-2017

T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü onayı



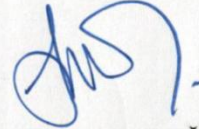
Prof. Dr. Murat YURTCAN
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak gerekli şartları sağladığını onaylarım.



Prof. Dr. H. Burcu ÖZGÜVEN
Anabilim Dalı Başkanı

Bu tez tarafımca (tarafımızca) okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.



[Ünvan, Ad ve Soyad yazın]
İkinci Tez Danışmanı (varsa)

Yrd. Doç. Dr. Filiz UMAROĞULLARI
Tez Danışmanı

Bu tez, tarafımızca okunmuş, kapsam ve niteliği açısından Mimarlık Anabilim Dalında bir Yüksek Lisans tezi olarak oy birliği ile kabul edilmiştir.

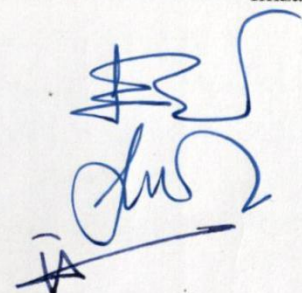
Jüri Üyeleri

İmza

Yrd. Doç. Dr. Esma MIHLAYANLAR

Yrd. Doç. Dr. Filiz UMAROĞULLARI

Yrd. Doç. Dr. Ümit ARPACIOĞLU



Tarih: 10.05.2017

T.Ü. FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MİMARLIK YÜKSEK LİSANS PROGRAMI
DOĞRULUK BEYANI

İlgili tezin akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin kaynak gösterilerek ilgili tezde yer aldığını beyan ederim.

10.05.2017

Melek ÖZDAMAR



Yüksek Lisans Tezi
MELEK ÖZDAMAR
T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü
Mimarlık Anabilim Dalı

ÖZET

İnsanlar zamanlarının büyük bir kısmını kapalı ortamlarda geçirmektedir. Yaşanılan mekânlardaki konfor beklentileri gittikçe önem kazanmaktadır. Çalışma fonksiyonunun verimli bir şekilde yerine getirilmesinde kullanılan iç ortamın konfor parametreleri belirleyici rol oynamaktadır. Bu amaçla çalışmada öncelikle ısı konfor ve iç ortam hava kalitesinin önemi vurgulanmıştır. Çalışma kapsamında birinci bölümde konfor ve iç hava kalitesi ile ilgili literatür taraması yapılarak çalışmanın önemi ve kapsamı açıklanmıştır. Çalışmanın ikinci bölümünde; ısı konfor koşulları ve iç hava kalitesini etkileyen faktörler açıklanmıştır. Ortam kirleticileri ve bunların insan sağlığı üzerindeki etkilerine değinilmiştir. Üçüncü bölümde; ofis tipleri ve ofis ortam şartlarının geliştirilmesine yönelik bilgiler verilmiştir. Çalışma; teorik bilgilerin yanı sıra deneysel ölçümlere dayanmaktadır.

Tez kapsamında günlük yaşantının önemli bir periyodunun geçtiği çalışma mekânlarından ofis yapıları örneklem olarak alınmıştır. Seçilen örnek ofis yapısında, farklı yönere bakan benzer ofis birimlerinde konfor koşulları ve iç ortam hava kalitesi araştırılmıştır. 2015-2016 yılları Aralık-Ocak aylarında bir aylık süreçte, her ofis biriminde ve dış ortamda ölçümler alınmıştır. Elde edilen veriler ASHRAE Standart 55 sınır değerleri dikkate alınarak değerlendirilmiştir. Ayrıca PMV duyum ölçeği ve PPD memnuniyetsizlik yüzdesi ile de değerlendirilme yapılmıştır. Veriler incelendiğinde bina kabuğu, ofis alanı, ısıtma sistemi, kullanıcı sayısı, mevcut donanımlar vb. faktörlerin konfor koşulları ve iç hava kalitesi üzerindeki etkisinin fazla olduğu görülmektedir.

Yıl : 2017

Sayfa Sayısı : 179

Anahtar Kelimeler : İç Mekân Konforu, İç Hava Kalitesi, Isıl Konfor, Ofis Yapıları, Kirleticiler, Sağlık Etkileri.

Master's Thesis

MELEK ÖZDAMAR

Trakya University Institute of Natural Sciences

ARCHITECTURE

ABSTRACT

People spend a large part of their time in indoor environments. Expectations of comfort in living spaces are becoming increasingly important. The comfort parameters of the interior environment, which are used in the efficient execution of the work function, play a decisive role. For this purpose, the importance of thermal comfort and indoor air quality is emphasized firstly in this study. In the first chapter the importance and scope of the study is described by a literature review related to confort and indoor air quality. In the second chapter, factors affecting the thermal comfort conditions and indoor air quality are described. Environmental pollutants types and their impact on human health are mentioned. In the third chapter, information about office types and approaches to improve the office environment conditions are given. The study is based on experimental measurements as well as theoretical theoretical information.

In the scope of this thesis, office buildings, which one of the work places are maintained an important part of daily routine, are chosen as sample. In the similiar office units that looks to different directions, comfort conditions and indoor air quality parameters were investigated on the selected sample office building. The investigation of the effects of sun direction on indoor air quality was aimed. In each office units and outdoor, the measurements was taken for one-month period between 2015 December to 2016 January. The obtained data are analyzed with considering the ASHRAE Standard 55 limits. Also, in this study assessment was made according to PMV satisfaction scale and PPD dissatisfaction percentage. When analyzing the data, it is seen that factors such as the building shell, office space, heating system, number of users and available equipment etc. are more influential on comfort conditions and indoor air quality.

Year : 2017

Number of Pages : 179

Keywords : Interior Comfort, Indoor Air Quality, Thermal Comfort, Office Buildings, Pollutans, Health Effects.

ÖNSÖZ

Bu tez kapsamında seçilen ofislerde konfor koşulları ve iç hava kalitesini etkileyen parametreler incelenmiştir. Isıl konfor parametreleri ve partikül madde ölçümleri alınarak çıkan sonuçlar doğrultusunda ofislerden alınan veriler değerlendirilmiştir.

Öncelikle konu seçiminde ve çalışmanın planlama, araştırılma ve yürütülmesi esnasında isteklerimi göz önünde bulundurarak ilgi ve desteğini esirgemeyen, tecrübeleri ile çalışmamı şekillendiren, kullandığı her kelimenin hayatıma kattığı önemini asla unutmayacağım saygıdeğer danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Filiz Umaroğulları'na,

Çalışma kapsamında yapılan ölçümlerde kullanılan cihazların temini ve çalışmaya desteği için sayın hocam Yrd. Doç. Dr. Esmâ Mıhlayanlar'a

Cihaz kullanımına dair yardımlarını eksik etmeyen Arş. Gör. Şule Yılmaz Erten ve Arş. Gör. Dinçer Aydın'a

Ölçüm alınacak yapıya dair bilgileri temin ettiğim hocam Öğr. Gör. Mustafa Kemal Bozacı'ya ve değerli arkadaşım Tuğba Bilgiç'e,

Ayrıca ölçüm alınmasına izin veren ofis sahipleri ve değerli çalışanlarına,

Meteorolojik verileri incelememe olanak veren Edirne Meteoroloji Bölge Müdürlüğü'ne,

İki senelik eğitim sürecimde sevgi ve güven ile beni teşvik eden, hayatımın her evresinde bana destek olan, hep yanımda olan biricik aileme ve çalışmalarına her türlü katkısı bulunan herkese en içten dileklerimle teşekkür ediyorum.

Melek ÖZDAMAR

İÇİNDEKİLER	Sayfa No
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
ÖNSÖZ.....	iii
SİMGELER ve KISALTMALAR	vi
TABLolar LİSTESİ.....	xi
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xiv
BÖLÜM 1. GİRİŞ.....	1
1.1. Problemin Tanımı	1
1.2. Çalışmanın Amacı	10
1.3. Çalışmanın Kapsamı.....	12
1.4. Çalışmanın Yöntemi.....	13
BÖLÜM 2. KONFOR KOŞULLARI VE İÇ HAVA KALİTESİ.....	14
2.1. Isıl Konfor Koşulları ve Etkileyen Faktörler.....	14
2.1.1. Hava Sıcaklığı ve Havanın Bağlı Nemi.....	15
2.1.2. Hava Akış Hızı.....	25
2.1.3. Elektroiklimsel Oluşumlar.....	30
2.2. İç Hava Kalitesi ve Sağlık Üzerindeki Etkileri.....	31
2.3. Ortam Kirleticileri.....	37
2.3.1. Biyolojik Kirleticiler.....	38
2.3.2. Gaz ve Kimyasallar.....	40
2.3.2.1. Uçucu Organik Bileşikler	41
2.3.2.2. Karbon Oksitler.....	44
2.3.2.3. Sigara Dumanı.....	45
2.3.2.4. Kükürt Oksitler.....	46
2.3.2.5. Azot Oksitler.....	46
2.3.2.6. Ozon.....	47
2.3.2.7. PVC.....	48
2.3.2.8. Radon.....	49
2.3.3. Parçacık ve Lifler.....	52
2.3.3.1. Lifler.....	52

2.3.3.2. Toz ve partikül maddeler.....	52
2.3.3.3. Asbestler.....	56
2.3.3.4. Kurşun.....	56
2.4. İç Ortam Konfor Koşulları İle İlgili Yasal Düzenlemeler.....	57
2.4.1. Uluslararası Düzenlemeler.....	58
2.4.2. Ulusal Düzenlemeler.....	69
BÖLÜM 3. OFİS YAPILARI.....	79
3.1. Ofisin Tanımı ve İşlevi.....	79
3.2. Ofis Binaları Türleri.....	80
3.3. Ofis Binalarında Mekân Kullanım Biçimleri.....	80
3.3.1. Derinliğine Göre.....	81
3.3.2. İç Mekân Düzenine Göre.....	82
3.4. Büro Yapılarının Tasarımında Dikkate Alınacak İlkeler.....	84
3.5. Ofislerde Fiziki Ortam Şartların Çalışanlar Üzerinde Etkisi.....	86
3.5.1. Aydınlatma.....	87
3.5.2. Havalandırma.....	89
3.5.3. Ses ve Gürültü.....	90
3.5.4. Hava Koşulları.....	92
3.5.5. Partikül Madde ve Alerjenler.....	94
3.5.6. Ergonomi.....	95
3.6. Ofis Hastalıkları.....	96
3.6.1. Fizyolojik Hastalıklar.....	96
3.6.2. Psikolojik Hastalıklar.....	98
BÖLÜM 4. UYGULAMA ÇALIŞMASI.....	96
4.1. İncelenen Binanın Tanıtılması.....	101
4.2. Ölçümler.....	108
4.3. Bulguların Değerlendirmesi.....	154
BÖLÜM 5. SONUÇ ve DEĞERLENDİRME.....	163
KAYNAKLAR.....	169
ÖZGEÇMİŞ.....	179

SİMGELER DİZİNİ

Bq	Bekerel, radon ölçü birimi
Br	Brom
°C	Derece Santigrat, sıcaklık ölçme birimi
clo	A Chief Legal Officer/Giysilerin ısı dayanım birimi
CO	Karbon Monoksit
CO₂	Karbon dioksit
dB	Desibel, ses ölçüm birimi
DDT	Dikloro difenil trikloroethan
g	Gram, bir kütle birimi, kilogramın binde biri
h	Yükseklik
kcal	Kilokalori, 1000 kalori
L	Litre, bir hacim ölçüsü birimi
lif	Lif bileşimi kompozisyonu
mayt	Akar ya da MAYT, 10 ile 30 mikron
m²	Metrekare, kenarları 1 metre uzunluğundaki bir karenin alanı
m³	Metreküp, Bir kenar uzunluğu bir metre olan küpün hacmi
met	Metabolik eşdeğer, metabolik enerji üretimi birimi
NO_x	Azot Oksitler
NO	Azot Oksit
NO₂	Azot Dioksit
N₂O	Diazot Oksit
O₂	Oksijen
O₃	Ozon
Pb	Kurşun
PM₁₀	Partikül Madde Çapları $\leq 10 \mu\text{m}$ olan olan partiküller
PM₄	Partikül Madde Çapları $\leq 4 \mu\text{m}$ olan olan partiküller
PM_{2,5}	Partikül Madde Çapları $\leq 2,5 \mu\text{m}$ olan olan partiküller
PM_{0,1}	Partikül Madde Çapları $\leq 0,1 \mu\text{m}$ olan olan partiküller
ppm	Parts per million/Toplam madde miktarının milyonda 1 birimi
PVC	Polivinil klorür
Ra	Radyum

Rn	Radon
Sb	Antimon
SO_x	Kükürt Oksitler
SO₂	Kükürt Dioksit
SO₃	Kükürt Trioksit
μ	Mikron, 1 milimetre = 1000 mikron
W	Watt, Enerji dönüşümü oranını ölçen birim
VC	Vinil Klorür
Zn	Çinko

Kısaltmalar

AB	Avrupa Birliği
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
ANSI	American National Standards Institute/Amerikan Standartlar Enstitüsü
APM	Asılı Partikül Madde/Suspended Particulate Matter
ASHRAE	American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers/Amerikan Isıtma, Soğutma ve Klima Mühendisleri
ASHRAE 55	Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy/Kullanıcılar için ısıl çevre koşulları
ASHRAE 62	Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality/Kabul edilebilir İç Hava Kalitesi için Havalandırma
ASHVE	American Society of Heating and Ventilating Engineers/Amerikan Isıtma ve Havalandırma Mühendisleri Derneği
BEES	Building for Environmental and Economic Sustainability/Bina için Çevre ve Ekonomik Sürdürülebilirlik
BMKY	Benzin ve Motorin Kalitesi Yönetmeliği
BOSTI	Buffalo Organization for Social and Teknological Innovation/Sosyal ve Teknolojik Yenilik Buffalo Teşkilatı
BR	Danish Building Code/Danirmarka Yapı Kodları
BRE	Building Research Establishment/Bina Araştırma Kuruluşu
BREEAM	Building Research Establishment Environmental Assessment Method/Bina Araştırma Kuruluşu Çevresel Değerlendirme Yöntemi

CASBEE	Comprehensive Assessment System for Built Environment Efficiency/ Yapılı Çevre Verimliliği için Kapsamlı Değerlendirme Sistemi
CEN	The European Committee for Standardization/Avrupa Standardizasyon Komitesi
CFD	Computational Fluid Dynamics/Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği
CIBSE	The Chartered Institution of Building Services Engineers/Bina Hizmetleri Danışma Mühendisleri
ÇEDBİK	Çevre Dostu Yeşil Binalar Derneği
DİE	Devlet İstatistik Enstitüsü
DIN	Deutsches Institut für Normung/Alman Enstitüsü Normları
EFTA	European Free Trade Association/ Avrupa Serbest Ticaret Birliği
EGEKY	Egzoz Gazı Emisyonu Kontrolü Yönetmeliği
EKHKKY	Endüstriyel Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği
EMEP	Co-operative Programme for Monitoring and Evaluation of the Long Range Transmission of Air Pollutants in Europe/Avrupa Uzun Menzilli Sınırlar Ötesi Hava Kirlenmelerinin İzlenmesi ve Değerlendirilmesi İşbirliği Programı
EN	Avrupa Birliği Standartları
EPA	U.S. Environmental Protection Agency/Birleşik Devletler Çevre Koruma Ajansı
ETS	Environmental Tobacco Smoke/Çevresel Tütün Dumanı
GB	Güneybatı
GBC	GreenBuilding Challenge/ Çevre Dostu Yeşil Binalar Mücadelesi
GBCA	Green Building Council Australia/Avustralya Yeşil Bina Konseyi
GÇE	GREENGUARD Çevre Enstitüsü/ GREENGUARD Environmental Institute
GD	Güneydoğu
HBS	Hasta Bina Sendromu/Sick Building Syndrome
HKDY	Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetmeliği
HKDYY	Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği
HKKY	Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği
HVAC	Heating Ventilating and Air Conditioning/Isıtma, Havalandırma ve İklimlendirme

IAEA-BSS	International Atomic Energy Agency- Basic Safety Standards/Uluslararası Atom Enerji Ajansı Temel Güvenlik Standartları
IEC	International Electrotechnical Commission/Uluslararası Elektroteknik Komisyonu
ICRP	International Commission on Radiological Protection/Uluslararası Radyasyon Korunması Örgütü
IKHKKY	Isınmadan Kaynaklanan Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği
ISO	The International Organization for Standardization/Uluslararası Standardizasyon Örgütü
İHK	İç Hava Kalitesi/Indoor Air Quality
JIS	Japanese Industrial Standards/Japon Standartları
JISC	Japanese Industrial Standards Committee/Japon Sanayi Standartları Komitesi
KD	Kuzeydoğu
KB	Kuzeybatı
LEED	Leadership in Energy and Environmental Design/ Enerji ve Çevre Tasarımında Liderlik
Maks.	Maksimum
Min.	Minimum
MSGSÜ	Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi
NIOSH	National Institute of Occupational Safety and Health /Amerikan Ulusal İşçi Sağlığı ve Güvenliği Merkezi
OSB	Oriented Strand Board/Plaka Levha
OSHA	Occupational Safety And Health Agency/Avrupa İş Güvenliği ve Sağlığı Ajansı
PM	Partikül Madde/Particle Pollution-Matter
PMV	Predicted Main Vote/Tahmini ortalama oy
PPD	Predicted Percentage of Dissatisfied/ Isıl tatminsizlik yüzdesi
RSECE	Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios/ Binalarda İklim Enerji Sistemleri Yönetmeliği
RŞDTYP	Règlement Sanitaire Départemental Type/Konut Tipi Sağlık Yönetmeliği

UOB	Uçucu Organik Bileşikler/Volatile organic compound
SBtool	Sustainable Building Tool-Canada/ Sürdürülebilir Bina Aracı-Kanada
SEEB-TR	Sürdürülebilir Enerji Etkin Binalar-Türkiye
TAEK	Türkiye Atom Enerjisi Kurumu
TAP	Toplam Asılı Partikül/ Total suspended particle
TS	Türk Standartları
TSE	Türk Standartları Enstitüsü
TUOB	Toplam uçucu organik bileşikler/Total Volatile Organic Compounds
UF	Ultra İnce ya da Ultrafine
UVGI	Ultraviolet Germicidal Irradiation/Ultraviyole Antiseptik Işınlama
WHO	World Health Organization/Dünya Sağlık Örgütü
WSHD	Waterschap Hollandse Delta/ Hollanda'da bir bölgesel su yönetimi

TABLolar LİSTESİ

Tablo No:	Tablo Adı	Sayfa No
Tablo 2.1.	Bazı kurumlar tarafından belirlenen iç ortam hava sıcaklığı değerleri.....	16
Tablo 2.2.	Uluslararası kurumlar tarafından belirlenen iç ortam bağıl nem oranı değerleri.....	17
Tablo 2.3.	Fanger'ın PMV ölçeği ile ısı his ilişkisi.....	21
Tablo 2.4.	PMV'nin uygulandığı koşulların sınırlamaları.....	21
Tablo 2.5.	Bazı kurumlar tarafından belirlenen iç ortam hava akış hızı değerleri.....	26
Tablo 2.6.	Farklı kurumlar tarafından belirlenen temiz hava politikası hedefleri.....	33
Tablo 2.7.	Kirletici türleri, oluşum kaynakları, sağlık üzerine etkileri ve uzaklaştırmak için kontrol yöntemleri.....	34
Tablo 2.8.	Bazı biyolojik kirleticilerin boyutları.....	39
Tablo 2.9.	ASHRAE 62-1999'dan alınan dış hava konsantrasyonu.....	41
Tablo 2.10.	Bazı kuruluşlarda ortam kirleticileri ve standart değerleri.....	41
Tablo 2.11.	Ölçülen UOB aralığı ve insan sağlığına etkileri.....	42
Tablo 2.12.	Bazı yapı malzemelerinin bazı ülkelere göre radon oluşum katsayıları ve radyoaktivite yoğunlukları.....	51
Tablo 2.13.	Bazı yapı malzemelerinin bazı ülkelere göre radon katsayıları	51
Tablo 2.14.	EPA'ya göre partikül şekilleri.....	53
Tablo 2.15.	EPA'ya göre partikül madde boyutları ve insan sağlığı üzerine etkileri	54
Tablo 2.16.	Kandaki kurşun miktarı ve sağlık üzerindeki ilişkisi.....	57
Tablo 2.17.	ASHRAE Standart 62.1-2010 standardına göre iç hava kalitesi.....	60
Tablo 2.18.	Bina içi ortamda hissedilen hava kalitesi kategorileri, dış hava seviyeleri ve gerekli havalandırma debisi.....	60
Tablo 2.19.	Farklı tip ortamlar için tasarım kriterleri.....	61
Tablo 2.20.	Kullanıcı ve yapıların sebep olduğu kirlilik yükü.....	61
Tablo 2.21.	ASHRAE havalandırma için min. dış alan hava şartları.....	62

Tablo 2.22.	Bazı sertifika programları ve özellikleri.....	67
Tablo 2.23.	Bazı sertifika programlarının İHK puan ve yüzdeleri.....	68
Tablo 2.24.	Hava kirleticilerin uzun ve kısa vadeli sınır değerleri.....	71
Tablo 2.25.	Kirleticilerin uzun ve kısa vadedeki sınır değerleri	74
Tablo 2.26.	Hava kalitesi ile ilgili bazı TSE standartları.....	76
Tablo 3.1.	Gürültü düzeyine bağlı olarak işitme kaybı yüzdeleri.....	91
Tablo 3.2.	Gürültü dayanma süresi.....	92
Tablo 3.3.	Çalışma ortamı için gereken hava koşulları değerleri.....	94
Tablo 4.1.	Ofislerin genel özellikleri.....	107
Tablo 4.2.	Ofislerdeki mevcut donanımların listesi.....	108
Tablo 4.3.	Testo 480 cihazı ile alınan parametreler ve teknik özellikleri..	109
Tablo 4.4.	Testo 480 cihazı ile kullanılan Probların teknik özellikleri.....	110
Tablo 4.5.	TSI DUSTTRACK 8532-Toz ve partikül ölçüm cihazının özellikleri.....	110
Tablo 4.6.	Dış 1 için alınan ısı konfor ve İHK ölçümleri.....	111
Tablo 4.7.	Dış ortam PM ölçümleri	115
Tablo 4.8.	A ofisi için ısı konfor ve İHK ölçümü.....	120
Tablo 4.9.	A ofisi memnuniyet durumu.....	123
Tablo 4.10.	A ofisindeki PM ölçümleri.....	125
Tablo 4.11.	B ofisi için ısı konfor ve İHK ölçümü.....	130
Tablo 4.12.	B ofisi memnuniyet durumu.....	132
Tablo 4.13.	B ofisindeki PM ölçümleri.....	134
Tablo 4.14.	C ofisi için ısı konfor ve İHK ölçümü.....	139
Tablo 4.15.	C ofisi memnuniyet durumu.....	142
Tablo 4.16.	C ofisindeki PM ölçümleri.....	143
Tablo 4.17.	D ofisi için ısı konfor ve İHK ölçümü.....	148
Tablo 4.18.	D ofisi memnuniyet durumu.....	150
Tablo 4.19.	D ofisindeki PM ölçümleri.....	152
Tablo 4.20.	Alınan ısı konfor ve ısı duyumu ölçüm sonuçları.....	153
Tablo 4.21.	Alınan PM ölçüm sonuçları.....	160

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil No:	Şekil Adı	Sayfa No
Şekil 2.1.	İnsan vücudunda ısı yitimi yolları.....	15
Şekil 2.2.	Sıcaklık ve bağıl neme bağlı konfor bölgeleri.....	18
Şekil 2.3.	ASHRAE' ye göre yaz ve kış ayları konfor bölgeleri.....	18
Şekil 2.4.	PMV değerlendirmesi ve ısı konfor hissi ile ilişkisi.....	20
Şekil 2.5.	Fanger'ın PMV-PPD ilişkisi.....	23
Şekil 2.6.	Tahmin edilen ortalama oy (PMV) ile memnuniyetsizlik yüzdesi (PPD) ve diğer ısı his endeksleri arasındaki ilişki....	23
Şekil 2.7.	ASHRAE konfor bölgesi ile verimlilik kaybı arasındaki ilişkiyi gösteren psikometrik grafik.....	24
Şekil 2.8.	Ortam havası akış hızı ve etkileri.....	27
Şekil 2.9.	Farklı hava hızları ve türbülans derecelerinde memnun olmayan insan yüzdesi.....	28
Şekil 2.10.	Giyinme durumuna göre giysi yalıtım değerleri.....	29
Şekil 2.11.	Hava kirleticilerinin oluşum şekilleri.....	37
Şekil 2.12.	Radon gazının bina içerisine sızması.....	50
Şekil 4.1.	Edirne haritaları.....	101
Şekil 4.2.	Edirne ili toplam güneş radyasyonu.....	102
Şekil 4.3.	Ulusoy Plaza ulaşım haritası.....	103
Şekil 4.4.	Ulusoy Plaza kent içi konumu.....	103
Şekil 4.5.	Ulusoy Plaza vaziyet planı.....	104
Şekil 4.6.	Ulusoy Plaza modelleme ve fotoğrafları.....	105
Şekil 4.7.	Seçilen ofislerin plan düzleminde yerleri.....	106
Şekil 4.8.	Testo 840 ve eklenen problemler.....	109
Şekil 4.9.	TSI DUSTTRACK 8532-Toz ve partikül ölçüm cihazı.....	111
Şekil 4.10.	Dış 1 ve Dış 2 için sıcaklık grafiği.....	112
Şekil 4.11.	Dış 1 ve Dış 2 için bağıl nem grafiği.....	112
Şekil 4.12.	Dış 1 ve Dış 2 için hava akış hızı grafiği.....	113
Şekil 4.13.	Dış 1 ve Dış 2 için CO ₂ grafiği.....	114
Şekil 4.14.	Dış 1 için boyutlarına göre PM miktarları.....	116
Şekil 4.15.	Dış 2 için boyutlarına göre PM miktarları.....	116

Şekil 4.16.	A ofisinin kat planındaki yeri.....	117
Şekil 4.17.	A ofisi plan krokisi.....	117
Şekil 4.18.	A ofisi birimleri ve fotoğrafları.....	118
Şekil 4.19.	A ofisi için Sıcaklık-Radyan Sıcaklık ilişkisi.....	121
Şekil 4.20.	A ofisi için Sıcaklık-Bağıl Nem ilişkisi.....	122
Şekil 4.21.	A ofisi için Sıcaklık-Hava Akış Hızı ilişkisi.....	122
Şekil 4.22.	A ofisi için Sıcaklık-CO ₂ ilişkisi.....	123
Şekil 4.23.	A ofisi için Sıcaklık-PMV ilişkisi.....	124
Şekil 4.24.	A ofisi için Sıcaklık-PPD ilişkisi.....	124
Şekil 4.25.	A ofisi için boyutlarına göre PM miktarları.....	126
Şekil 4.26.	B ofisinin kat planındaki yeri.....	127
Şekil 4.27.	B ofisi plan krokisi.....	127
Şekil 4.28.	B ofisi birimleri ve fotoğrafları.....	128
Şekil 4.29.	B ofisi için Sıcaklık-Radyan Sıcaklık ilişkisi.....	130
Şekil 4.30.	B ofisi için Sıcaklık-Bağıl Nem ilişkisi.....	131
Şekil 4.31.	B ofisi için Sıcaklık-Hava Akış Hızı ilişkisi.....	131
Şekil 4.32.	B ofisi için Sıcaklık-CO ₂ ilişkisi.....	132
Şekil 4.33.	B ofisi için Sıcaklık-PMV ilişkisi.....	133
Şekil 4.34.	B ofisi için Sıcaklık-PPD ilişkisi.....	134
Şekil 4.35.	B ofisi için boyutlarına göre PM miktarları.....	135
Şekil 4.36.	C ofisinin kat planındaki yeri.....	136
Şekil 4.37.	C ofisi plan krokisi.....	136
Şekil 4.38.	C ofisi birimleri ve fotoğrafları.....	137
Şekil 4.39.	C ofisi için Sıcaklık-Radyan Sıcaklık ilişkisi.....	139
Şekil 4.40.	C ofisi için Sıcaklık-Bağıl Nem ilişkisi.....	140
Şekil 4.41.	C ofisi için Sıcaklık-Hava Akış Hızı ilişkisi.....	141
Şekil 4.42.	C ofisi için Sıcaklık-CO ₂ ilişkisi.....	141
Şekil 4.43.	C ofisi için Sıcaklık-PMV ilişkisi.....	142
Şekil 4.44.	C ofisi için Sıcaklık-PPD ilişkisi.....	143
Şekil 4.45.	C ofisi için boyutlarına göre PM miktarları.....	144
Şekil 4.46.	D ofisinin kat planındaki yeri.....	145
Şekil 4.47.	D ofisi plan krokisi.....	145

Şekil 4.48.	D ofisi birimleri ve fotoğrafları.....	146
Şekil 4.49.	D ofisi için Sıcaklık-Radyan Sıcaklık ilişkisi.....	148
Şekil 4.50.	D ofisi için Sıcaklık-Bağıl Nem ilişkisi.....	149
Şekil 4.51.	D ofisi için Sıcaklık-Hava Akış Hızı ilişkisi.....	149
Şekil 4.52.	D ofisi için Sıcaklık-CO ₂ ilişkisi.....	150
Şekil 4.53.	D ofisi için Sıcaklık-PMV ilişkisi.....	151
Şekil 4.54.	D ofisi için Sıcaklık-PPD ilişkisi.....	151
Şekil 4.55.	D ofisi için boyutlarına göre PM miktarları.....	152
Şekil 4.56.	Ofisler ve dış ortamda alınan sıcaklık verileri.....	155
Şekil 4.57.	Ofisler ve dış ortamda alınan bağıl nem verileri.....	156
Şekil 4.58.	Ofisler ve dış ortamda alınan CO ₂ verileri.....	157
Şekil 4.59.	Ofislerden alınan hava akış hızı verileri.....	158
Şekil 4.60.	Ofislerde yapılan ölçümlerden alınan PMV değerleri ve karşılaştırılması.....	158
Şekil 4.61.	Ofislerde yapılan ölçümlerden alınan PPD değerleri ve karşılaştırılması.....	159
Şekil 4.62.	Ofislerden ve dış ortamdan alınan PM miktarlarının parçacık boyutuna göre kıyaslanması.....	161

BÖLÜM 1

GİRİŞ

1.1. Problemin Tanımı

İnsanoğlunun dış çevreden uzaklaşarak kapalı mekânlara geçişi ilk çağlara dayanmaktadır. Dış çevreden korkan insan, kendini daha güvenli bulduğu iç hacimlerde bulmuştur. Günümüzde de insanların yüzde 80-90'ı zamanlarının büyük bir bölümünü kapalı mekânlarda geçirmektedir. Yaşadığımız, çalıştığımız, eğlendiğimiz vb. mekânlar kapalı hacimlerden oluştuğundan kapalı hacimdeki konfor önem kazanmaktadır. İç ortam havası iç ve dış kaynaklı kirleticiler ile kirlenebilmektedir. Bu kirleticilerin seviyesi belirli bir düzeyi aştığında, insan üzerinde fiziksel ya da psikolojik etkilere neden olduğu yapılan çeşitli araştırmalarda vurgulanmıştır. Bu araştırmalar ülkemizde sınırlı sayıda olmakla beraber, yapılan çalışmalarda genellikle tanımlama ve açıklamaya yöneliktir. Uluslararası yapılan çalışmalarda ise iç hava kalitesi (İHK) ile ilgili insan sağlığını tehdit eden maddelerin deneysel araştırmalarla birlikte ele alındığı ve konunun farklı yönleriyle analiz edildiği görülmektedir. Hava kirliliğinin insan sağlığına olan zararları, iç ortamın hava kalitesi, etkileyen parametreler ve etkileri gibi yapılan teorik ya da deneysel araştırmalardan birkaçı bu çalışmada irdelenmiştir [1, 2, 3].

Chan vd. [4], çalışmalarında, hastane yapılarında iç hava kalitesi kontrolünü ve yönetimini araştırmışlardır. Karmaşık hastane ortamında hastane kökenli enfeksiyonları, meslek hastalıklarına karşı hastaları ve sağlık çalışanlarını korumak için sağlıklı iç mekân hava kalitesinin sağlanması gerektiğine vurgu yapılmıştır. Hastanelerde İHK kontrolü ve yönetimine ilişkin etkili kurallar tavsiye edilmiştir. Kapsamlı bir literatür taraması ve dokuz hastanede İHK değerlendirmesi yapılmıştır. Hastanelerin havasındaki kimyasallar ve mikrobiyolojik kirleticiler tespit edilmiştir ve büyük emisyon kaynakları, izleme yöntemleri ve maruz kalma sınırları açıklanmıştır. Kontrol yönetimi ve kirletici konsantrasyonu azaltıcı önlemler olarak; mekanik havalandırma, filtrasyon, fark basınç kontrolü, hava akımı kontrolü, yerel havalandırma ve mikrop öldürücü ultraviyole

ışınlama (UVGI) dezenfeksiyon önerilmiştir. Ek olarak uygun mühendislik tasarımları, etkili seyreltme ve kirletici maddelerin çıkarılması gibi önerilerde bulunulmuştur [4]. (2006)

Hreha [5], doktora tezinde, benzer bir çalışmaya (Aspen Publishers, 2006) atıfta bulunmuştur. Okul binalarının geliştirilmiş fiziki şartlarında yürütülen araştırma, öğrencilerin sınav puanları analiz edilerek doğrulanmıştır. Nitekim sınıfların küçük olmasına rağmen ABD'de bulunan okullara oranla ortalama sınıflardan çok daha büyük olduğu belirtilmiştir. İki farklı derste, belirlenen program çerçevesinde, 4 sınıf baz alınarak elde edilen veriler bir araya getirilmiştir. Test oturumları ilerledikçe karbondioksit (CO₂) seviyelerinin arttığı ve küçük test odalarındaki CO₂ miktarının daha fazla çıktığı belirtilmiştir. Öğrencilerin daha küçük test alanında daha fazla karbondioksite maruz kaldığı ve iyi bir performans gösteremedikleri tespit edilmiştir. Son testte, küçük sınıflardaki öğrenciler ile deney grubu karşılaştırıldığında küçük sınıflardaki öğrencilerin daha düşük puan aldığı görülmüştür. Sınıf ya da ofisteki fazla CO₂ seviyesinin; baş ağrısı, zihinsel aktivitelerde azalma ve uyuşukluğa sebep olabileceği, ayrıca uyuşukluğun ve rahavetin, öğrenmede ve öğretmede olumsuz etkisi olduğu da öne sürülmüştür [5]. (2007)

Miller vd. [6], çalışmalarında, Denver kentinin kırsal kesimlerinde tipik bir ofis alanı ve ilköğretim yapısı ele alarak süper ince (0,055-0,7 mikron) partiküler maddelerin kapalı ortamların içine nasıl sızdığını incelemişlerdir. Özellikle fosil yakıt kaynaklı ortam emisyonlarından (çapı < 2,5 mikron) ince partiküler maddenin sağlık üzerinde güçlü olumsuz etkilere sebep olduğu bildirilmiştir. Ultra Yüksek Hassasiyet Aerosol Spektrometresi ve Aerosol Kütle Spektrometresi kullanımı ile çok ince parçacıklı maddelerin büyüklüğü ve kimyasal türü ölçülmüştür. Sonucunda kapalı partikül seviyelerinin açık seviyeler ile (0,65-0,85) oldukça ilişkili olduğu gösterilmiştir. İç mekandaki partikül düzeyinin dış mekandan yapılan havalandırma ile büyük ölçüde etkilendiğine değinilmiştir. İçeriye gelen dış hava partikülleri için gereken zaman tahmini olan gecikme süresi ise ortalama 10 ile 90 dakika arasında değiştiği belirtilmiştir. İç ve dış partikül konsantrasyonu arasındaki ilişki, hava kalitesine bir bakış açısı olarak kapalı ortam klimasında HVAC (Isıtma, Havalandırma ve İklimlendirme/Heating Ventilating and Air Conditioning) sistemlerinin performansını değerlendirmek için kullanılabileceğine dikkat çekilmiştir [6].(2008)

Sanders [7], doktora tezinde, Teksas ilköğretim okullarında iç hava kalitesi için bir temel oluşturmuştur. İki okul bölgesinden otuz okul seçilmiştir. Bir okul bölgesi, sıcak nemli iklim bölgesinde, diğeri karışık nemli iklim bölgesinde olup 3 aşamadan oluşan çalışmada 1336 öğretmen, personel ve öğrencilere anket çalışması yapılmıştır. 120 derslik, sürekli konfor parametrelerinden karbon monoksit, karbon dioksit, sıcaklık ve bağıl nem izlenmiştir. Tez, okul bölgeleri arasında taşınabilir ve geleneksel derslik arasındaki çalışma verilerinin potansiyel farklılıklarını incelemektedir. İki Teksas İlkokulu dersliklerinde sıklıkla meydana gelen çatı sızıntıları ve yetersiz havalandırma kritik bir sorun olarak görülmüş ve sağlık semptomları ile ilişkili olduğu belirtilmiştir. Hangi tipte olduğuna bakılmaksızın geleneksel HVAC sistemlerinin, endüstri standartlarını karşılamadığı görülmüştür. Sonuç olarak, okul tasarımı ve yapımını etkileyen birçok potansiyel varken, burada ilköğretim okullarının tasarımında konum, başarısız kaplama ve standartların altında havalandırmanın etkisi olduğu görülmüştür. İç hava kalitesi; yetersiz havalandırma, öğrenme performansı, sağlık riski ve ekonomik maliyetle ilişkilendirilmiştir [7]. (2008)

Hui [8] , doktora çalışmasında, subtropikal iklimlerdeki klimalı ofislerde iç hava kalitesi hakkında bir değerlendirme protokolü oluşturmuştur. Subtropikal iklimlerdeki klimalı ofislerde çevresel önlemler için kullanılabilecek bir izleme ve değerlendirme protokolünün olmadığı belirtilmiştir. Özellikle hava kirleticilerin sürekli izlenmesi gerektiği ancak maliyetli oluşuna dikkat çekilmiştir. Protokol; örnekleme yerleri ve saatleri ile ilgili kabul edilebilir değerlendirme belirsizliklerini, elde edilen verilerle oluşturulan bir dizi alternatif örnekleme şemalarını ve kirletici seviyelerini kullanmaktadır. Aynı zamanda basit bir şekilde iç hava kalitesi kriterlerini ve değerlendirme sonuçlarını göstermektedir. Protokolün geliştirilmesi ve analizi Hong Kong klimalı ofislerde uzun vadeli ölçümlerde, ortak iç hava parametreleri üzerinden kapsamlı bir anket kullanılarak sağlanmıştır. İHK kontrolünü sağlayabilmek için seyreltilmesi, kaldırılması ve kaynak kontrolü gibi bir model kullanılabileceğine değinilmiştir [8]. (2009)

Rim [9], doktora tezinde, ticari ve konut ortamlarında gaz ve partikül kirleticilerin kişisel maruziyet, hava akımı, kaynak özellikleri ve aktiviteler ile ilişkisini araştırmıştır. Havalandırma ve kirletici konsantrasyonları gibi bina çevre parametrelerinin, sağlık ve konfor üzerinde etkili olduğu vurgulanmıştır. Çalışmada

CFD (İletim sonlu Algoritma) hesaplamalı deneysel ölçümü kullanılarak, hava akımı ve kirleticilerin taşınımı incelenmiştir. İnsanların iç hava kaynaklı kirleticilere maruz kalmaları değerlendirilmiştir. Ortamdaki kişilerin solunum bölgelerindeki hava akımının ölçülebilir bir etkiye sahip olduğu ayrıca soluk alıp vermenin parçacık boyutunu ve pozisyonunu önemli bir şekilde etkilediği gösterilmiştir. Çalışma sonunda parçacık halindeki kirletici maddelere maruz kalmada, partikül büyüklüğünün etkili olduğu belirtilmiştir. Ayrıca kişi ile birlikte ortama ozon taşındığı belirtilerek mevcut ısı ile ozonun reaksiyon ürünlerinin ortam üzerinde etkili olduğuna değinilmiştir. Küçük parçacıklardan (~1 mm) daha çok büyük parçacıklı (~7 mikron) kirleticilere maruz kalınması halinde, havalandırma yararının parçacık büyüklüğüne bağlı olduğu saptanmıştır [9]. (2009)

Torres [10], yüksek lisans tez çalışmasında, Caguas'da iki bölgedeki ilkokullarda ince parçacıklı partikül madde tayinini incelemiştir. Son yıllarda, çevresel kirlenmenin dünya çapında en önemli sorunlardan biri haline geldiğine ve bu durumun Porto Riko için de geçerli olduğu ifade edilmiştir. Çalışmada ince partikül madde konsantrasyonu Caguas Belediyesi, Porto Riko, Caguas II ilçesinin ilköğretim devlet okullarında iç ve dış hava kirliliğinin muhtemel sebeplerden biri olup olmadığı tespit edilmiştir. İki aşamada yürütülen çalışmada elde edilen sonuçlar, rastgele seçilen örnekler içinden ince partiküler maddeye daha fazla maruz kalan okulları tanımlamak için bir referans olarak kullanılmıştır. Yaklaşık 8 saatlik okul süresi içinde; iç ve dış hava kalitesi, ince parçacıklı madde, bağıl nem, sıcaklık ve rüzgâr yönünü değerlendirmek için 3 dakika aralıklarla ölçümler yapılmıştır. Elde edilen ortalamaların Çevre Koruma Ajansı (EPA) ile İş Sağlığı ve Güvenliği İdaresi (OSHA) tarafından belirlenen sınırları aşmadığı tespit edilmiştir [10]. (2009)

Fisk vd. [11], araştırma programı çerçevesinde, Kaliforniya'da dersliklerde iç hava kalitesi ve havalandırma filtrelerini incelemiştir. Kaliforniya'da sınıflarda ısıtma, havalandırma ve soğutma için önemli miktarda elektrik enerjisi tüketildiğine vurgu yaparak, sınıf iç hava kalitesinin öğrenci sağlığı ve performans üzerine etkileri belirtilmiştir. Kapalı kaynaklardan doğrudan yayılan ya da dış havadaki kirleticilerin yanı sıra, diğer kimyasallar ve malzemeler gibi ikincil kirleticilerin ozon ile kimyasal reaksiyonu sonucu içeride oluşabileceğinden bahsedilmiştir. Neredeyse tüm sınıflarda ısıtma, havalandırma ve klima sistemlerinde, enerji verimli HVAC performansını

korumak ve iç hava kalitesini artırmak için filtreler kullanıldığını ve aslında bu filtreler ile ozon reaksiyonlarının, ikincil kirleticilerin kaynağı olabileceği ifade edilmiştir. Ayrıca HVAC filtrelerinde ürün oluşumu ve ozon birikimi değerlendirilmiştir [11]. (2008)

Wong Li [12], tez çalışmasında, ofis ve kamu alanlarında İHK yönetimi için önemli bilgiler verdiği bir protokol sunmuştur. İHK (İç Hava Kalitesi/Indoor Air Quality) kriterlerinin belirlenmesinde ilgili tasarım ve yönetim kriterleri ele alınmıştır. Açık hava kalitesi, kirletici kaynakları, havalandırma, hava dağılımı ve kirletici niteliği ayrımı incelenmiştir. Periyodik olarak iç hava kalitesinin izlenmesi ve gerçek bir sağlık koruması oluşturması gerektiği, ayrıca konforun devam ettirilmesi gerekliliğine vurgu yapılmıştır. Protokolün kullanışlılığı, Hong Kong ofislerindeki kirleticiler üzerinde yapılan çok sayıda ölçüm aracılığıyla doğrulanmıştır [12]. (2009)

ChiLi [13], yüksek lisans tezinde, kapalı ortamlarda çok ince parçacıklara maruz kalmanın etkilerini incelemiştir. Araştırmalarda, insan sağlığı üzerinde partikül maddelerin olumsuz etkisi vurgulanmıştır. Ultra-ince partiküllerin, daha küçük boyutu nedeniyle büyük partiküllere oranla çok daha ciddi etkileri olduğu belirtilmiştir. İki farklı ortam olarak bir sigara odası ve ev üzerinden tahmin ve analizler yapılmıştır. Uyarılmış insan sayısını tahmin etmek için, büyük kaynakların emisyon oranları incelenmiş ve çok bölgeli bir model geliştirilmiştir. Havalandırma ile donatılmış sigara içme odası iki boyut çalışmalarını yürütmek üzere inşa edilmiş ve insan hareketinin etkisini araştırmak için bir manken kullanılmıştır. Ayrıca yanan sigara, tütsü yakma ve pişirme gibi yanma faaliyetleri kapalı ortamlarda partikül maddelerin önemli kaynaklar olduğundan bahsedilmiştir. Ayrıca küçük bir test odası içinde sigara, tütsü ve elektrikli süpürge vb. yayılan çok ince parçacıkların oranları incelenmiştir [13]. (2012)

Senitkova [14], çalışmasında, algılanan hava kalitesi üzerinde iç yüzey malzemesi etkisini incelemiştir. Çeşitli malzemelerin İHK üzerine etkisi farklı kombinasyonlarla denenmiştir. Slovakya'da ofis binalarında iç yüzey malzemelerinin UOB(Uçucu Organik Bileşik) değerlerini ölçmek için test odaları oluşturulmuş ve seçilen malzemeler 2 grupta incelenmiştir. Malzemelerin 3. günlük durumuna göre ölçümler yapılmıştır. Malzemelerin bir arada kullanımları sırasında ürettikleri UOB miktarı, ayrı ayrı kullanımları esnasında ürettiklerinden düşük çıktığı belirtilmiştir. PVC

(Polivinil klorür) ve OSB'nin (Oriented Strand Board/Plaka Levha) koku etkisi olduğu ve boyalı alçı panellerin UOB azaltıcı etkisi olduğu belirtilmiştir [14]. (2013)

Gül vd. [15], çalışmalarında, soğuk iklim bölgelerinde bina enerji tüketimi, ısıtma performansı ve iç hava kalitesini izlemişlerdir. Binaların enerji korunumunu destekleyerek, konforlu bir ortam oluşturmak ve bina yönetim sistemlerine yardımcı olmak amaçlanmıştır. Kanada'da 2 bloktan oluşan bir apartman içerisinde 12 daire seçilmiştir. Ölçüm yapılan parametreler; elektrik kullanımı, ısıtma enerjisi, su tüketimi, yapı kabuğu ısıtma performansı ve iç hava kalitesi olarak belirlenmiştir. Araştırma sonunda; doğal havalandırmanın, enerji tüketimi ve CO₂ yoğunluğunu azaltmada etkili olduğu ve ayrıca sensörler ile maliyetin düşürülebildiği, sensörlerin bina yönetiminde olumlu etkisi olduğu ortaya konulmuştur [15]. (2014)

Nam vd. [16], çalışmalarında, Kore'de çocuk bakım merkezlerinde iç hava kalitesi ve parçacık madde türlerinin özelliklerini araştırmışlardır. Çalışma, farklı çevresel özelliklere sahip 20 çocuk merkezi üzerinde yapılmıştır. Merkezlerde kullanılan hava temizleyici-arıtıcı sistemlerinin verimliliği incelenmiştir. İç ve dış çevredeki parçacıkların ve biyoaerosollerin çocuk merkezlerindeki yoğunlukları ölçülerek aralarındaki ilişki incelenmiştir. Havalandırma sistemleri arasında en kötü verimliliğe sahip olanların pencere tipi klima ve hava transfer fanı olduğu belirtilmiştir. Parçacıkların iç ortamdan uzaklaştırılmasında tek başına filtreleme sistemlerinin yeterli olmadığı vurgulanmıştır. Ayrıca biyolojik parçacık olan mantar ve bakteri yoğunluğunun da iç hava kalitesini düşürdüğüne dikkat çekilmiştir [16]. (2014)

İç hava kalitesi ile ilgili ulusal çalışmalar incelendiğinde bu çalışmaların yakın geçmişte olduğu görülmüştür. Bu durum Türkiye'de bu konuya verilen önemin son yıllarda artığının göstergesidir. Daha önce yapılan çalışmalar özellikle bina içi hava kalitesinden çok dış hava kirliliği ve kirliliğin kontrolü konusunda yoğunlaşmış durumdadır.

Köksal [17], makalesinde, Hasta Bina Sendromundan (HBS) bahsetmiş, sebeplerini sıralamış ve çözüm önerileri sunmuştur. Konforsuz binalarda çalışanlarda görülen rahatsızlıklara ve çalışanların şikâyetlerine yer verilmiştir. Makalede ayrıca Almanya'da yapılan bir çalışmaya değinerek, klima sistemi, işletmesi ve bakımına dair önlemleri de açıklanmıştır [17]. (1994)

Bulgurcu vd. [18], bildirilerinde, kirletici çeşitlerini ve ihtiyaç duyulan hava miktarlarını çeşitli kategorilerde vermiştir. Kirleticilerin sağlığa etkileri üzerinde durarak iç mekândaki hava kullanımı ve havanın temizlenmesine dair bilgilere yer verilmiştir [18]. (2006) Ayrıca benzer çalışmalarında [19], okullarda iç hava problemleri, kirleticiler, yetersiz havalandırmaya değinilmiştir. Balıkesir ve Antalya ilindeki bazı okullarda kış döneminde dersliklerde biyoklimatik parametrelerden CO₂, bağıl nem ve sıcaklık ölçümleri yapılmıştır. Ölçüm değerleri sonucunda lise binalarında kirlilik seviyeleri yüksek bulunmuştur. Ayrıca taze hava miktarının da düşük olduğuna değinilmiştir. Okullardaki kirleticileri azaltmak için öğretmen ve öğrencilerin bilinçlendirilmesi gerektiğinin yanı sıra kirletici yoğunluğunu azaltmaya dair bazı kontrol yöntemi mekanizmalarına da yer verilmiştir. Bu bildiri çalışmasına göre iç ortamlardaki kirliliğin dış hava sıcaklığına bağlı olduğu ve dış sıcaklık düştüğünde iç mekânda kirliliğin arttığı tespit edilmiştir [19]. (2006)

Kuş [20], doktora tezinde, Şanlıurfa ilindeki yükseköğretim kurumları dersliklerinde iç hava kalitesini incelemiştir. Farklı yerdeki iki yerleşkede, ölçümler iç hava kalitesi parametreleri olan sıcaklık, bağıl nem, karbondioksit ve değişik çaplarda partikül maddeler alınarak yapılmıştır. Sonuçlar analiz edilip, değişik ülkelerde önerilen standartlarla karşılaştırılmıştır. Kış döneminde dersliklerde iç ortam sıcaklığı ve bağıl nem konfor şartları içinde iken, yaz döneminde iç ortam sıcaklıklarının çok yüksek ve bağıl nemin düşük olduğu tespit edilmiştir. Bunun sebebi olarak kışın merkezi ısıtmanın kullanımı, yazın ise iklimlendirme sisteminin olmayışı olduğu öne sürülmüştür. Ortamdaki CO₂ seviyesinin öğrenci sayısı ile doğru orantılı olduğu tespit edilmiştir. İHK iyileştirmeye yönelik önerilerde bulunulmuştur [20]. (2007)

Yıldırım [21], çalışmasında eğitim yapıları içinde ısı ve ses kontrolünün öğrencilerin sağlıklarını ve öğrenme performanslarını nasıl etkilediği ve bu koşulların sağlanmasında yalıtımın önemini vurgulamıştır. Ülkemizdeki eğitim yapılarında ısı ve ses konforu sorunlarına değinilmiş ve çözüm önerileri sunulmuştur. Sınıfın iç hava ısı konforunun hem öğretmenin performansını hem de öğrencinin başarısını artırdığı ifade edilmiştir. Yalıtılmış bir ortamda, doğru bir ısıtma tekniği ile tüketilen enerjinin önemli bir kısmının faydalı enerji olarak kullanılabileceği ve kullanılan yakıtın çevre kirliliği oluşturan etkisinin minimize edilebileceği öne sürülmüştür. Yapıların ısısal konforunun sağlanması için yapı elemanlarında ısı yalıtımının yapılması gerektiğine dikkat

çekilmiştir. Yalıtımda kullanılan malzemelerin iç ortam havası üzerinde etkili olduğuna değinilmiştir. Ayrıca dikkat edilmesi gerekli diğer koşullar içinde alınması gereken önlemler detaylı olarak incelenmiştir [21]. (2008)

Kocahakimoğlu [22], proje çerçevesinde, ilköğretim okullarında bina-içi çevresel kalitenin değerlendirilmesini ele almıştır. Üç ilköğretim okulunda yaz, kız ve güz olmak üzere 3 dönemde ölçüm alınmıştır. Sonuçlarda, değişimlerin gün içerisinde değişkenlik gösterdiği saptanmıştır. Ayrıca hafta sonunda çalışma günlerinden daha yüksek derişimler ölçüldüğü de görülmüştür. İç ozon derişiminin dış ozon derişimine bağlı olduğu hatta nispeten nem ve güneşlenmenin de etkili olabileceği bulgular sonucunda ortaya koyulmuştur [22]. (2009)

Aslan [23], proje çerçevesinde, ilköğretim okullarında bina içi çevresel kalitenin değerlendirilmesini ele almıştır. İzmir ilinde üç ilköğretim okulunda iç hava uçucu organik bileşik derişimlerini ölçmüşlerdir. Bu çalışmaya göre okullardaki sınıflar ile anasınıfları arasında karakter farklılığı olduğuna ve bu farklılığın döşeme ve dekorasyon malzemeleri, sınıf içi faaliyetlerde kullanılan malzemeler, kişi sayısı gibi değişkenler olduğuna vurgu yapmıştır. Bunların sonucu olarak, ortamların farklı iç hava kalitelerine sahip olabileceği varsayılmıştır. Çalışmasında, bu farklılığı kirleticiler içinden UOB'ler açısından incelemiştir ve UOB derişiminin anasınıflarında diğer dersliklere oranla iki kat fazla olduğu belirtilmiştir [23]. (2009)

Öztürk vd. [24], bildirilerinde, okullarda hava kirliliği sebeplerine ve oluşabilecek sağlık etkilerine değinmişlerdir. Okullarda kapalı ortam hava kalitesini etkileyen faktörler, sebepleri ve kullanıcıda oluşabilecek sağlık problemlerine yer verilmiştir. Okullardaki kapalı ortam hava kalitesini bozan tipik kirleticiler olarak karbon dioksit, karbon monoksit, nem, sıcaklık, UOB ve alerjenler olduğu belirtilmiştir. Ayrıca söz konusu 5 ilköğretim okulunda iç ortam havasının kirlenmesinde, genelde yeteri kadar havalandırılmamasının ve sağlık koşullarına uyulmamasının neden olduğu bu çalışmada görülmüştür. Her öğrencinin, ilköğretimden üniversiteyi bitirene kadar okul içinde yaklaşık 20.000 saat hava soluduğu ve ömrünün en az % 23'ünü burada geçirdiğine yer verilmiştir. Ayrıca kalabalık sınıflar, kısa teneffüsler, teneffüslerde yetersiz havalandırma, yüksek olmayan tavanlar, sızdırmaz pencereler nedenleriyle sınıf ve okul ortamları fazla kirlenmektedir. Kalitesiz bir ortam, içindeki bireyler üzerinde fazla hassasiyete hatta ileri düzeylere maruz kalmaları sonucu hastalık oluşumu ve

yayılması riskini artırdığına değinilmiştir. Bu sebeple çocukların derslere olan ilgileri ve performansları azalabileceği üzerinde durulmuştur. Çözüm önerileri olarak okulların konumları, sınıfların tavan yükseklikleri, havalandırma sürelerinin ve öğrenci sayılarının düzenlenmesi gibi başlıklar vurgulanmıştır [24]. (2011)

Keskin vd. [25] , bildirilerinde; okul binalarında iç ortam havası PM kütle konsantrasyonlarına trafik yükünün etkilerini incelemişlerdir. İstanbul'da seçilen beş ilköğretim okulunda, iç ortam havasındaki partikül madde (PM) kütlesi ve elementlerin konsantrasyon seviyeleri incelenmiştir. Bulgularda, yüksek trafik yoğunluğuna sahip bir konumda bulunan dört ilköğretim okulunda ölçülen değerlerin, Dünya Sağlık Örgütü'nün koyduğu limit değerlerin oldukça üzerinde olduğunu ve toplanan PM örnekleri içindeki Sb (Antimon), Br (Brom) ve Zn (Çinko) elementleri, toprakta bulunan değerlere göre oldukça fazla olduğu sonucuna varılmıştır. Sebep olarak; fren, balata aksamlarındaki aşınmaları, egzoz emisyonları fazla olan, dur kalk tipi sürüşü çok sık olan ve çok sayıda dizel aracın bulunduğu trafiğin, PM kirliliğinde etkili olduğu ileri sürülmüştür. Okulların etrafındaki inşaatlar, günlük iş faaliyetleri vs. sonucu oluşan yol tozu, bu trafik yoğunluğu sebebiyle birleşip yükselerek havaya daha çok karıştığı vurgulanmıştır. Ayrıca yoğun olmayan trafikte ve düşük nüfus yoğunluğuna sahip başka bir bölgedeki bir okuldaki alınan PM ölçümlerinde toprak tozu, tebeşir tozu ve deniz tuzunun dışında önemli bir kirlilik kaynağına olmadığı belirtilmiştir. İç ortamdaki değerlerin dış ortama oranla 2-10 kat yüksek olduğuna dikkat çekilmiştir [25]. (2011)

Berberoğlu vd. [26], bildirilerinde, Edirne'de bir dokuma konfeksiyon işletmesinde iç ortam hava kalitesinin değerlendirilmesi incelenmiştir. İşyerindeki havanın, yaşamlarının önemli bir bölümünü iş ortamlarında geçiren çalışanların sağlığını etkileyen çevresel parametrelerin başında yer aldığı belirtilerek, üretimin verimini artırmak amacıyla iç ortam hava kalitesi değerlendirilmiştir. İşletmedeki kapalı hacimlerde; sıcaklık, bağıl nem, CO₂, CO gibi etkenler ölçülmüştür. Belli mekânlarda yapılan işin işlevi nedeniyle bazı değerlerin daha yüksek olduğu ve kriterlere göre iyileştirilmesi gerektiği belirtilmiştir. Artışın nedenlerinin araştırılması ve mümkün olduğu müddetçe ortadan kaldırılması gerektiğine vurgu yapılmıştır [26]. (2011)

Çoşgun [27], doktora tezinde, Antalya'da farklı ortamlarda iç hava kalitesini araştırmış ve modellemiştir. Çalışmada İHK önemine ve HBS sorununa dikkat çekerek, iç hava kalitesi parametrelerinin farklı ortamlarda iyileştirilmesine yönelik önerilerde

bulunulmuştur. Toplamda bir yıl süren çalışmada 12 ay düzenli olarak ölçümler yapılmıştır. Bulgular birçok standarttaki değerler ile karşılaştırılmıştır. Ele alınan iç hava kalitesi parametrelerinden radon, toluen ve formaldehit miktarlarının standart değerlerin çok altında olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca kirletici konsantrasyonlarını düşürmek için alınabilecek kontrol yöntemlerinden de bahsedilmiştir [27]. (2012)

Akal [28], çalışmasında, iç ortam hava kirliliği ve çalışanlara olumsuz etkileri üzerinde durmuştur. Çalışma ortamında bulunabilecek muhtemel kirleticilerin neler olduğuna karar verildikten sonra bu kirleticilerin ortam konsantrasyonlarının ve kişisel maruziyet değerlerinin ölçülmesi gerektiği belirtilmiştir. Hava kirliliğine maruziyet sonucunda insanlarda gözlenen olumsuz sağlık etkileri sıralanmıştır. Hava kirleticilerinin konsantrasyon belirleme yöntemleri verilmiş olup risk değerlendirmesi yapılmıştır. En sağlıklı sonuçlar için çalışmanın en yoğun olduğu zamanda ölçüm yapılmasının doğru olacağına vurgu yapılmış, ayrıca daha yorumlanabilir sonuçların elde edilebilmesi için ölçümlerin yaz ve kış olarak tekrarlanması gerektiğine değinmiştir [28]. (2013)

Tecer vd. [29], çalışmalarında, Balıkesir merkezdeki konutlarda iç ve dış ortam partikül madde konsantrasyonlarını değerlendirmişlerdir. 9 adet konutta iç ortam PM ölçümleri yapılmıştır. İç ortamda PM konsantrasyonları 5 gün süreyle, 24 saat sürekli olarak ölçülmüştür. PM konsantrasyonlarının farklılıklarını belirleyebilmek için yaz ve kış mevsimlerinde ayrı ayrı ölçüm yapılmıştır. Kış aylarında, iç ortamda yüksek PM konsantrasyonu ölçülmüştür. Gelir düzeyi düşük bölgelerde daha yüksek seviyelerde bir PM kirliliği ölçülmüştür. Yüksek gelir grubunun oturduğu bölgeler; trafik yoğunluğu ve sıkışık yerleşim düzeninin bulunduğu mekânlar olması sebebiyle, dış ortam hava kirliliği etkisiyle yüksek PM seviyesi gözlenmiştir. Kış mevsiminde, soğuk havanın etkisiyle havalandırmanın yeterince yapılamaması; iç ortamlarda PM birikmesine neden olarak gösterilmiştir. Yaz aylarında ise evlerde kapı ve pencerelerin uzun süre açık bırakılması sebebiyle dış ortamlardan iç ortama kirletici akışlarının olduğu düşünülmüştür [29]. (2013)

İncelenen çalışmalar, eğitim yapılarında iç mekân konforu ve hava kalitesi konusunun sıklıkla ele alındığını ancak ofis vb. çalışma mekânlarında bu tür çalışmaların yetersizliğini göstermektedir. Bu tez çalışması, bu problemi araştırarak insanların yaşamlarının büyük bir bölümünü geçirdikleri, sağlıklarını ve iş verimlerini

doğrudan etkileyen ofislerde iç mekân konforunu ve bunu etkileyen parametreleri ortaya koymayı hedeflemiştir.

1.2. Çalışmanın Amacı

Günümüzde insanlar vakitlerinin önemli bir bölümünü çalışma mekânlarında geçirmektedir. İç mekân konfor sorunu sadece konutlar için geçerli değildir. Aksine çalışma mekânları gibi kontrol dışındaki yapılarda iç hava ile ilgili sorunlarla daha çok karşılaşmaktadır. Amerikan Çevre Koruma Ajansı'nın çalışmalarına göre mücadele edilmesi gereken sağlık problemleri arasında ilk 10 içinde 4. sırada olan “Hasta Bina Sendromu” daha çok ofislerde çalışanlarda görülmektedir. Yani ofis yapılarının hava kalitesi, çalışanların iş verimini etkilemektedir ve çalışanlarda konsantrasyon düşüklüğü, baş ağrısı, burun akıntısı, halsizlik gibi sorunları beraberinde getirmektedir. Çalışma süresi ele alındığında yetersiz havalandırma koşullarında, ortamda mevcut olan kirletici konsantrasyonuna maruziyet büyük ölçüde solunum, sindirim ve deri yoluyla gerçekleşmektedir. Ofislerde kirleticiler döşeme malzemeleri, boyalar ve mobilyaların yanı sıra ofis makinelerinden (yazıcı, fotokopi, bilgisayar ve telefon vs.) kaynaklanan salınımlar olmaktadır. Kişinin uzun süre bu ortama maruz kaldığında şikâyetleri artarken, ortamdan uzaklaştığında şikâyetleri de kaybolmaktadır [28].

Dünyadaki nüfus artışı ile orantılı olarak, ekonomideki büyüme hamleleri; çevre sorunlarını da gündeme getirmiştir. Çevre kirliliğindeki artış; doğal çevrenin korunması ve bu doğrultudaki yatırımların arttırılması gerekliliğini ortaya koymuştur. Eskiden fiyatlara dâhil edilmeyen doğal kaynaklar, daha az kirlenmesi için fiyatlar sistemine dâhil edilmiştir. Özel maliyetlerin ortaya çıkışı ile birlikte bir rekabet piyasası ortaya çıkmıştır. Maliyetlerin pahalı oluşu, dışa bağımlılık, az çeşit ve özel sertifika programlarının ağır şartlar içermesi, iç hava kalitesinin ekonomik boyutunu etkilemektedir.

Enerji, günümüzdeki en önemli tüketim maddelerinden biridir. Tüketilen enerjinin büyük bölümü fosil yakıtlardan elde edilmektedir. Enerji tüketimi sırasında ortaya çıkan zararlı gazlar kirliliğe sebep olmaktadır. Enerji ihtiyacı için kullanılan petrol rezervleri gün geçtikçe azalmaktadır. Enerji ihtiyacı ve artan çevresel sorunlar dikkate alındığında, çevre ile uyumlu yenilenebilir, ekolojik, çevreci yapılar ve sürdürülebilirlik kavramları önem kazanmaktadır. Yapı tasarımında yapılacak

yenilenebilir çözümler ile hem çevre kirliliği önlenilmekte hem de enerji için dışa bağımlılık azaltılabilmektedir. Güneş, rüzgâr, biyokütle, hidroelektrik ve jeotermal gibi yenilenebilir kaynaklar üretimleri için bir süreç olmamakla beraber sürekli bir devinimle yenilenerek kullanılabilen kaynaklardır. Bu sebeple tasarlanan yapıların bu doğal kaynaklardan maksimum derecede faydalanması amaçlanmalıdır. Yapının araziye yerleşimi, biçimi, güneşlenme yönü, hâkim rüzgâr yönü, yapı kabuğunu oluşturan elemanların malzeme özellikleri değerlendirilerek yapılan tasarım ile enerji etkin binalar üretmek hedef olmalıdır.

Bu tez kapsamında, ofis yapılarında çevre-yapı-insan arasındaki ilişkiye etki eden parametrelerden, özellikle yapı ve kullanıcı konforu için önemli biyoklimatik parametreler arasından; iç ortam konfor koşullarının ve iç hava kalitesinin değerlendirilmesi hedeflenmektedir. Ayrıca bu çalışma ile yapılarda iç hava kalitesinin önemi ve insan sağlığı üzerine etkileri vurgulanmak istenmiştir.

1.3. Çalışmanın Kapsamı

Modern toplumdaki insanoğlunun en temel gereksinimlerinden biri sağlıklı ve konforlu mekânlarda yaşamlarını sürdürme ihtiyacıdır. İnsanların zamanının büyük bölümünü kapalı hacimlerde geçirmeye başlaması ile iç ortamdaki havaya verilen önem artmıştır. Hatta yapılan bazı çalışmalarda iç ortamdaki kirlilik düzeyinin dış ortama oranla 2-10 kat fazla olduğu ileri sürülmüştür. İç ortamdaki havayı dış çevre, kullanıcılar, faaliyetler ve yapı malzemeleri etkilemektedir. Sağlıklı ve konforlu bir iç ortam havası sağlanamaması halinde kişiler üzerinde olumsuz fiziksel veya psikolojik etkiler görülmektedir [3].

Günümüzde Türkiye, nüfusunun 2008 yılı istatistiklerine göre %32'lik bir kısmı 15 yaş ve üzeri işgücü potansiyeline sahiptir ve çalışan nüfusun da günde ortalama 8 saati işyerlerinde geçirmeleri sebebiyle, ofis yapıları inceleme konusu olarak seçilmiştir [28]. Öncelikle ofis yapılarının planlama ilkeleri incelenerek çalışmaya örneklem oluşturacak ofis tipleri belirlenmiştir. Edirne İl'inde bulunan bir ofis yapısı seçilerek aynı yapı içerisinde yer alan farklı yönlerde bakan, benzer nitelikteki 4 ofis biriminde konfor değerlendirilmesi deneysel ölçümlerle yapılmıştır. Konfor koşullarını değerlendirebilmek amacıyla; hava kalitesini etkileyen birçok parametrenin içerisinde özellikle ofislerin mekân boyutları, kullanılan duvar ve döşeme kaplama malzemeleri ve

donatı elemanları gibi parametreler sabit değişkenler olarak seçilmiştir. Kontrol edilemeyen parametreler arasında pay ölçer kullanımından kaynaklanan mekânların eşit ve düzenli bir şekilde ısıtılamaması ile ofis birimlerinin bazılarında kullanıcı davranışlarından biri olan sigara kullanımı bulunmaktadır. Çalışma kapsamında konfor koşulları ve iç hava kalitesi üzerinde etkili parametreler olan CO₂, sıcaklık, bağıl nem, hava akış hızı ve PM incelenmiştir.

1.4. Çalışmanın Yöntemi

Tez çerçevesinde Edirne il merkezinde, bir ofis yapısı seçilmiştir. Edirne ili; Trakya bölgesinde yer almaktadır. Ilıman nemli iklim özelliklerine sahip olup TS 825'e göre II. derece gün bölgesinde bulunmaktadır. Isıtma sezonunda alınan ölçümler için gerekli meteorolojik veriler Bölüm 4.1'de detaylı olarak incelenmiştir.

Çalışma kapsamında İl merkezinde yer alan **Ulusoy Plaza** adlı bir ofis yapısı seçilmiştir. Yapı dikdörtgen olarak planlanmış olup uzun kenarı Kuzeydoğu (KD)-Güneybatı (GB) yönüne paralel olarak konumlandırılmıştır. A ve B olmak üzere iki bloktan oluşmaktadır. Yapıda ölçümler, B Bloкта 1. ve 3. kattaki dört ayrı yöne bakan ofislerde alınmıştır. Ölçümler 2015-2016 yılları Aralık-Ocak olmak üzere 1 aylık periyotta yapılmıştır. Bireysel kullanıma sahip olan ofis birimlerine izin alınarak girilebildiği ve her ofis için günde bir ölçüm alındığı için 9.00-17.00 çalışma saatleri içinde her saat aralığında (09.00-10.00 yada 13.00-14.00 gibi) planlanan 50 dakikalık ölçümler farklı günlerde yapılmıştır. Her ofis için toplamda sekiz ölçüm alınmıştır. Konfor koşulları ile ilgili sıcaklık, bağıl nem, CO₂, radyan sıcaklık, hava akış hızı, PMV-PPD memnuniyet oranı, farklı boyutlarda partikül madde analizi ve yüzey sıcaklıkları alınmıştır. Elde edilen sonuçlar incelenerek değerlendirilmiştir.

BÖLÜM 2

KONFOR KOŞULLARI VE İÇ HAVA KALİTESİ

Kullanıcıların içinde bulundukları ortamdaki memnuniyetin bir göstergesi olan konfor şartlarının, sağlıklı ve verimli olabilmek için yaşanan mekânların kullanım amaçlarına uygun olarak bazı özellikleri sağlaması gerekmektedir. Kullanıcı özelliklerine bağlı olarak göreceli bir kavram olmakla beraber bir ortamın sağlaması beklenen genel durumlar vardır. Kapalı bir ortamdaki konfor koşullarını ısı konfor, iç hava kalitesi, görsel ve işitsel konfor parametreleri etkilemektedir. Isıl konfor koşullarını ortam sıcaklığı, bağıl nem, hava akış hızı ve radyan sıcaklık, görsel konfor koşullarını ışık, aydınlatma, renk, manzara ve işitsel konfor koşullarını ise ses, gürültü gibi etkenler oluşturmaktadır. Çalışma kapsamında ortam koşulları üzerinde en etkili olan ısı konfor ve iç hava kalitesi üzerinde durulmuştur.

Bu bölümde konfor koşullarını ve iç hava kalitesini etkileyen faktörler sıralanmıştır. Kirletici türlerinden bahsedilerek bu faktörlerin insan sağlığı üzerindeki etkileri üzerinde durulmuştur. Ayrıca konfor koşulları ile ilgili uluslararası ve ulusal çalışmalar hakkında bilgilendirilerek kurum ve kuruluşların belirledikleri limit değerleri verilmiştir

2.1. Isıl Konfor Koşullarını Etkileyen Faktörler

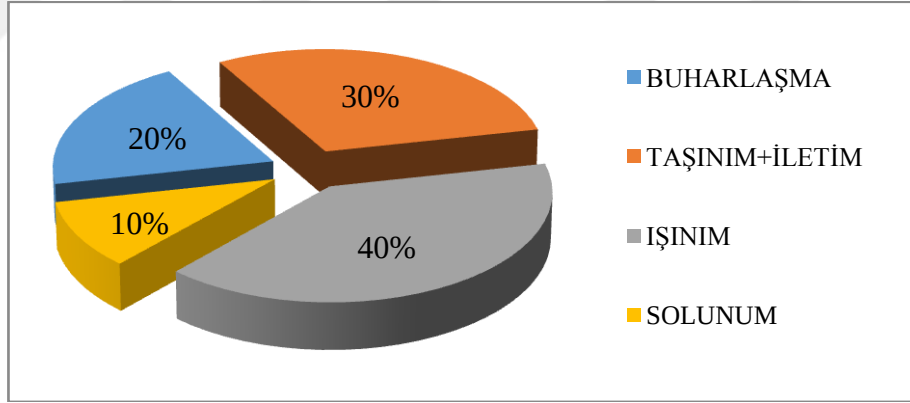
Kişinin yaşamını konforlu bir şekilde devam ettirebilmesi için kişi ile çevresi arasındaki ısı dengesinin kurulması gereklidir. Isıl konfor his ve duygular ile de ilgilidir. Bu sebeple ısı dengesi ile konfor şartları farklı kavramlardır. ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers); "kullanıcının bulunduğu ortamdaki şartlardan hoşnut olma hali" şeklinde tanımlamaktadır. Isıl konfor için ısıl denge gereklidir ancak şart değildir. Örneğin; ısıl konfor bölgesinde olan bir kişi, kendini ısıl dengede hissetmeyebilir. Isıl konfor, insanların içinde bulundukları ortamdan asıl olarak mutlu hissetme hali olduğundan kişiden kişiye farklılık

gösterebilmektedir. Isıl konfor insan boyutları, yaşı, cinsiyeti, beslenmesi, vücut biçimi, deri altı yağı, boy ve kilosu, yapılan eylem, giyinme durumu ve kişisel farklılıklar gibi birçok parametreye bağlı olduğu için insanın konfor sınırları kesin olarak çizilemez [30, 31, 32, 33, 34].

Genel anlamda ısı konforu etkileyen parametreler kişisel ve çevresel parametreler olarak sınıflandırılabilir. Ortam sıcaklığı, ortam bağıl nemi, ortam hava hızı ve ortalama ışıınım sıcaklığı çevresel parametreler olarak adlandırılırken, kişisel parametreleri ise kişinin metabolik aktivite düzeyi ve giyinme durumu oluşturmaktadır. Aşağıda çevresel parametreler detaylı olarak incelenmektedir [30, 31, 32, 33, 34].

2.1.1. Hava Sıcaklığı ve Havanın Bağıl Nemi

İnsan vücudu, ısı dengeyi sağlama için ısı iletim mekanizmaları yardımıyla ısı alışverişinde bulunur. Vücudun ürettiği metabolik ısı; taşınım, ışıınım ve buharlaşma yoluyla vücuttan uzaklaştırılır. Aşağıdaki Şekil 2.1'de insan vücudundaki ısı iletiminin gerçekleşme oranları verilmiştir [35].



Şekil 2.1. İnsan vücudunda ısı iletim yolları [35]

Sıcaklık kavramı ise; meteoroloji istasyonlarında gölgede kuru termometre sıcaklığı olarak ölçümlenen ve kaydedilen değerlerdir. Organların zarar görmemesi ve işlevlerini düzgün bir şekilde yerine getirebilmesi için vücut, iç sıcaklığını 36-37°C arasında tutmaktadır. Vücut sıcaklığı ölçüldüğü saat, yaş, cinsiyet gibi kişisel faktörlere göre farklılık göstermektedir. Yeni doğmuş bir bebeğin vücut sıcaklığı, yetişkin bir bireyinkinden fazladır. Bir kişinin sabah ve akşam ölçülen vücut sıcaklıkları farklı olabilmektedir. Giysili ve çıplak durumlarda da farklar gözlenmektedir. Hatta yapılan

eyleme göre ortam sıcaklığı farklı algılanabilmektedir. Ofiste oturan bir kişi ile sürekli hareket halindeki birinin ortamı algıladıkları sıcaklık değerleri farklı olabilmektedir. Aynı şekilde kadınlar, erkeklere oranla sıcaklığı daha çok sevmektedir. İç ortam havası, sıcaklığa bağlı olarak farklı algılanabilmektedir. Daha düşük sıcaklıklardaki hava temiz olarak algılanmaktadır. Sıcaklık değişimi 1-3°C arasında fark edilmemekte olup sıcaklık farkı fazla olduğunda vücutta ısı krampları, kasılmalar, ısı yorgunluğu ve hatta ileri düzeyde ölüm gerçekleşmektedir [35, 36, 37, 38].

Yapılı çevredeki duvar, döşeme, tavan ve kaplama malzeme yüzeylerinin ortalama ışıınım sıcaklıkları da ortam sıcaklığını etkilemektedir. Yapı malzemelerinin soğuk veya sıcak renklerle boyalı oluşu, insanların algısını etkilemektedir. Sıcak yüzeylerin varlığı ve yüksek güneş ışıınımına maruz yapı bileşenleri ortalama ışıınım sıcaklığını etkilemektedir. Ortamdaki iki yüzey arasındaki sıcaklık farkı 5°C'yi aşmamalıdır. İç ortam havası ile yüzey arasındaki fark maksimum 3°C olmalıdır. Artan ortalama ışıınım sıcaklığı ile vücut sıcaklığının yükselmekte olduğu unutulmamalıdır [35, 36]. Ulusal ve uluslararası kurumların belirttiği sıcaklık limitleri Tablo 2.1'de verilmiştir [35].

Tablo 2.1. Bazı kurumlar tarafından belirlenen iç ortam hava sıcaklığı değerleri [35]

Kurum	Kışın sıcaklık konfor aralığı	Yazın sıcaklık konfor aralığı
CIBSE (The Chartered Institution of Building Services Engineers/ Bina Hizmetleri Danışma Mühendisleri)	19°C ile 23°C arası	< 27°C
ASHRAE Standart 55	20°C ile 23,6°C arası	22,8 °C ile 26,1°C arası
DIN (Alman Enstitüsü Normları/ (Deutsches Institut für Normung) (1946)	20°C ile 26°C arası	
TS (Türk Standartları Enstitüsü) 12281	Konut için; 18°C ile 24°C arası (Mekânda küçük çocuklar ve yaşlılar varsa 20°C)	
TS 3419	22°C ile 23°C arası	26 °C ile 28°C arası

Nem, hava veya diğer gazlardaki su buharı içeriği olarak tanımlanır. Üç tür nem tanımlanmaktadır; mutlak nem, bağıl nem ve özgül nem. İnsan sağlığı ve konforu açısından havada belli oranda nem bulunmalıdır. İnsan ve diğer canlılar üzerinde etkisi olan bağıl nemdir. Bağıl nem; havadaki nem oranının doymuş nem oranına oranıdır. Havayı neme doyurmak için gerekli su buharı miktarı ortam sıcaklığına bağlı olarak değişim göstermektedir. Sıcaklık ve bağıl nem arasında tersine bir ilişki olup sıcaklık

artışı ile bağıl nem azalmaktadır. Kapalı ortam nemi, dış ortam neminden sürekli olarak etkilenmektedir [39, 40]. Uluslararası kurumların belirttiği bağıl nem aralıkları Tablo 2.2'de verilmiştir [35, 41].

Tablo 2.2.Uluslararası kurumlar tarafından belirlenen iç ortam bağıl nem değerleri [35, 41]

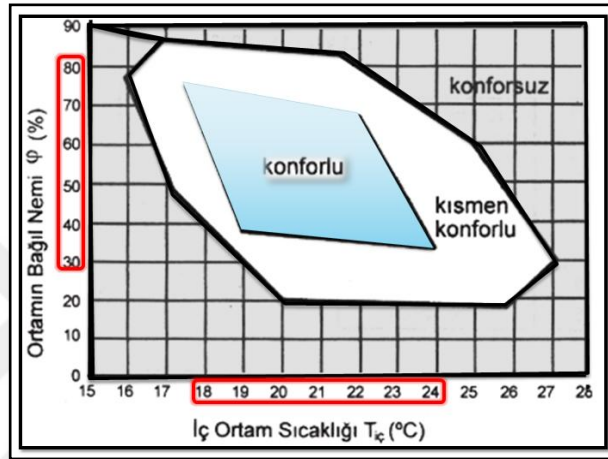
Kurum	Kışın Bağıl Nem Konfor Aralığı	Yazın Bağıl Nem Konfor Aralığı
ASHRAE Standart 55 (1982)	%30 (20,2°C-24,4°C)	%30 (23,3°C-26,7°C)
	%40 (20,2°C-24,2°C)	%40 (23,1°C-26,4°C)
	%50 (20,2°C-23,6°C)	%50 (20,2°C-26,1°C)
	%60 (20,0°C-23,3°C)	%60 (20,2°C-25,6°C)
ASHRAE Standart 55(1992) ve DIN (1946)	%30-65 arası	%20-60 arası
ASHRAE 62 (1989 ve 2001)	%30-60 arası	
ASHRAE Standart 90.1 (2004)	%55-85 arası	
ISO (The International Organization for Standardization) (1994)	%30-70 arası	
Kanada Standardı	%30-55 arası	%30-80 arası
TS 3419	%35-65 arası	< %65

İç ortamın bağıl nemini; iklimsel özellikler, kullanıcı sayısı, yapılan eylemin türü, mekân özellikleri, kişisel faktörler ve sıcaklık gibi parametreler etkilemektedir. Ortamdaki kişilerin nefes alıp veriş ya da terlemesi ile oluşan su buharı nem seviyesini etkilemektedir [35].

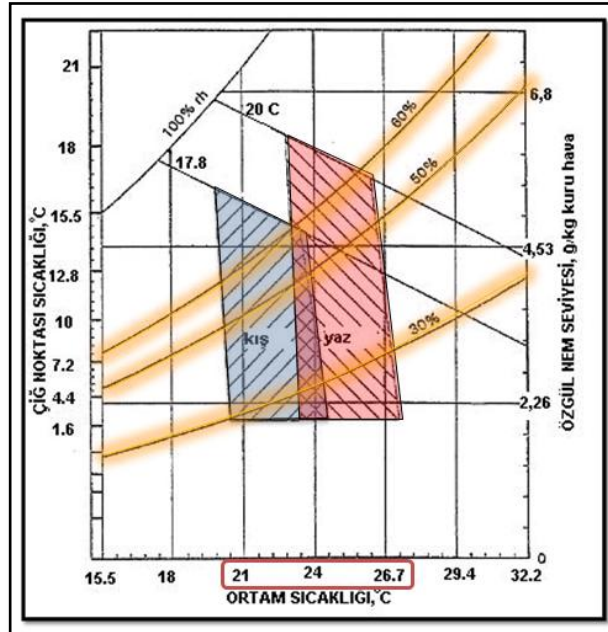
İnsan sağlığı ve üretkenliği açısından bulunulan ortamların nem miktarı %40–60 arasında olması gereklidir. Düşük değerlerde kişiler solunum yolları, deri, göz ve saçlarda kurumaya sebep olmaktadır. Kuruma ile birlikte zararlı maddeler vücut içine daha çabuk girebilmek ve havadaki su buharı miktarını azaltmaktadır. Ayrıca düşük nem düzeylerinde ortamda, statik elektrik sorunları da oluşmaktadır. Yapı elemanlarının elektriksel özelliklerini azaltmaktadır. Yüksek nem oranı; kişilerin ısıl dengesini korumasını zorlaştırmakla birlikte giysi durumuna göre vücut yüzeyinde ıslaklığa sebep olmaktadır. Yüksek nemde mikroorganizmaların üremesi hızlanmaktadır. Ekipmanda yoğunlaşma ve yapı elemanlarının yüzeylerinde yoğunlaşma kaynaklı deformasyonlar meydana gelmektedir [30, 35, 42, 43]. Ayrıca uygun bir nem seviyesi; iş verimliliğini ve ürün kalitesini de etkilemekte, enerji tüketiminde tasarruf etmeye katkı sağlamaktadır [39].

Isıl konforu etkileyen 'ortam sıcaklığı' yapı içi hava niteliği için önemlidir. Genel olarak sıcaklık 22°C (20-24°C) $\pm$ 1°C toleransta olabilmektedir. Bu değer yaz ve kış

sezonunda dış hava sıcaklığına bağlı olarak değişmektedir. Ortamların insanlar için istenilen konfor koşullarını sağlaması gerekmektedir. Standartlarda bu koşullar için gerekli sınır değerler verilmektedir. Bu faktörlerin belirlenen sınır değerlerin üzerinde ya da altında oluşu kişileri olumsuz etkilemekle beraber iş verimini ve kalitesini de düşürmektedir [35]. Aşağıda Şekil 2.2'de nem ve sıcaklık değerlerine göre konfor bölgeleri gösterilmiştir. Şekil 2.3'te AHSRAE 'ye göre sıcaklık ve neme bağlı yaz ve kış sezonundaki konfor aralığı verilmiştir [20].



Şekil 2.2. Sıcaklık ve bağıl neme bağlı konfor bölgeleri [20]



Şekil 2.3. ASHRAE'ye göre yaz ve kış ayları konfor bölgeleri [20, 30, 44]

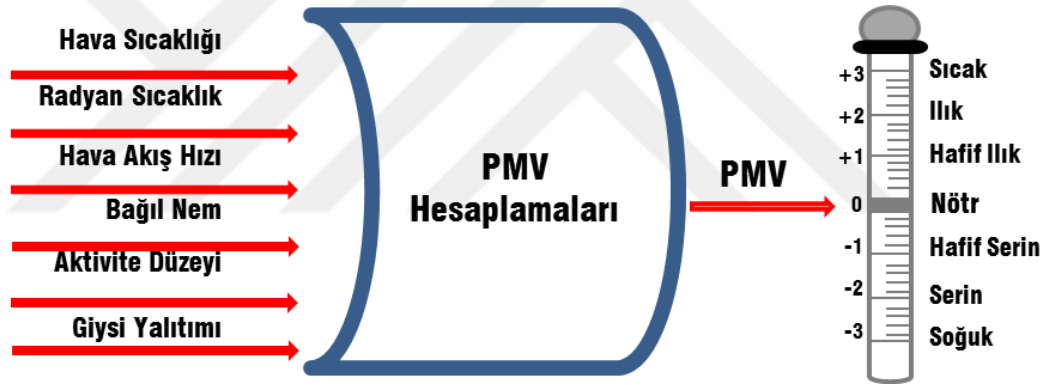
Bir ortamın sıcaklık ve nem değerlerinin uygun olması, kullanıcıların konforlu hissetmeleri için yeterli olmayabilir. Isısal konfor sadece fiziksel çevre ile alakalı

olmayıp aynı zamanda kişilerin hissettikleri, duyguları ve kararları ile de ilgilidir. Böyle durumlarda iç ortam konfor koşullarını analiz etmek ve havalandırma sistemlerinin tasarımı için çok sayıda termal konfor endeksi oluşturulmuştur. Bunlardan sadece birkaçı mevcut ortam koşullarının sağlaması gereken tatmin edici konfor aralığını değerlendirmek için kullanılmıştır. En yaygın ve anlaşılabilir olanı 1972'de Fanger'in PMV (Tahmini ortalama oy/ Predicted Main Vote) ve PPD (Isıl tatminsizlik yüzdesi/ Predicted Percentage of Dissatisfied) his ölçekleridir [45].

1970'lerde laboratuvar ve iklim odası çalışmaları sonucu geliştirilen çalışmalarda, katılımcılar farklı termal çevrelere maruz kalırken standardize giysiler giymiş ve standartlaştırılmış aktiviteleri tamamlamışlardır [46]. Bu model iyi denetlenmiş ortamlara maruz kalan bin kişinin üzerinde kapsamlı deneylere dayanmaktadır. Katılımcılar ortam koşullarını oluşturulan ölçek ile değerlendirmiştir. Bu ölçek hava sıcaklığı, hava nemi, radyan sıcaklık ve hava akış hızı gibi çevresel değişkenler ile aktivite seviyesi ve giysi yalıtım değeri gibi kişisel parametreleri bir arada değerlendirerek bir kombinasyon elde eden genel konfor denklemi sunmaktadır. Denklem; insanın sürekli metabolik bir hız ile sabit bir ısıl çevreye uzun süreli maruz kaldığında, ürettiği ısı ile ısı dağılımını eşitleyerek vücudunun ısı dengesini koruyabilmesi varsayımına dayanmaktadır. Bu teoriye göre insan vücudu, metabolizması tarafından üretilen ısı ile vücuttan çıkan ısı arasındaki dengeyi sağlamak için fizyolojik süreçler (Terleme, titreme, deriye kan akışı düzenlenmesi) uygular ve aşırı ısıl koşullarda vücudun düzgün çalışması için bu düzenleme gereklidir [46]. Fanger, dört temel çevre değişkeni ve iki kullanıcı değişkenini bağlayarak standart bir ölçekte kullanıcıların bir sıcaklık ya da serinlik duygusunu tanımlayan psiko-fiziksel bedensel ölçekli öznel tepkilerini ifade eden ortalama ısıl hisleri kullanmıştır [30, 47].

PMV tahmini ortalama oy ya da ortalama ısıl duyum indeksi olarak adlandırılmaktadır. Tahmini ortalama oy, ortam kullanıcılarının vücutları ile bulundukları çevre arasındaki ısı transferinin stabil olduğu düşünülerek, ortam konforunu ifade etmek için kullanılan ölçektir. Yani insan topluluğunun ısıl konfor şartlarına verdiği tepkiyi, yedi farklı şekilde, ortalama olarak tahminidir. Böylece kullanıcıların hangi konfor şartlarını daha uygun bulup bulmadığı görülebilmektedir [34, 35, 36, 37, 41].

Fanger'in altı faktörün tümünü hesaba katan ampirik çalışması, 1980'lerden beri uluslararası düzeyde konfor seviyelerini sağlamak için ISO 7730 'Moderate thermal environments–Determination of the PMV and PMV indices and specification of the conditions for thermal comfort/Ortalama ısı şartlar–PMV ve PPD indislerinin belirlenmesi ve ısı konfor için şartların saptanması' Standardı tarafından benimsenmiştir. Standart insanların maruz kaldığı çevredeki PMV ve PPD derecesinin tahmini Fanger'in oluşturduğu model doğrultusunda bir ölçekle sunmakta ve kabul edilebilir ısı çevre şartlarının belirlenmesini sağlamaktadır. Kişi sayısının yoğun olduğu bir ortamda; bu ölçek yardımıyla kullanıcıların ± 3 ile aralığında (sıcak/ılık/biraz ılık/nötr/biraz serin/serin/soğuk) verdiği tepki dereceleri ile ortam koşulları tahmin edilmektedir [30]. Şekil 2.4'de PMV için gerekli girdiler ile birlikte şematize edilmiştir [30, 35, 36, 37, 41];



Şekil 2.4. PMV değerlendirmesi ve ısı konfor hissi ile ilişkisi [30]

ASHRAE Standart 55'te de bir ortam için $-0,5 < PMV < + 0,5$ aralığı şartı getirilmiştir [34, 35, 36, 37, 41, 46]. Fanger'ın PMV için belirlediği ölçeğe göre kullanıcıların fizyolojik ısı his tahminleri ve ortam yorumları Tablo 2.3'de verilmektedir. PMV için gerekli parametrelere ait özellikler ve sağlanması istenen limit değerler ise Tablo 2.4'de açıklanmıştır [48].

Tablo 2.3. Fanger'ın PMV ölçeği ile ısı his ilişkisi [48]

Fanger'ın Önerisi

PMV	+3	+2	+1	0	-1	-2	-3
Isıl His	Sıcak	Ilık	Biraz Sıcak	Nötr	Biraz Serin	Serin	Soğuk
Yorum	Bunaltıcı, tolere edilemez.	Çok sıcak	Tolere edilebilir	Konforlu	Tolere edilebilir	Çok serin	Tolere edilemez, soğuk

Tablo 2.4. PMV'nin uygulandığı koşulların sınırlamaları [48]

Değişken	Sembol	Birimler	Alt sınır	Üst sınır
Metabolizma Hızı	M	W / m^2 (MET)	46 (0.8)	232 (4)
Giyim Yalıtımı	Ben_{cl}	$m^2 \text{ } ^\circ C / W$ (clo)	0 (0)	0.310 (2)
Hava Sıcaklığı	T_a	$^\circ C$	10	30
Işın Sıcaklığı	T_r	$^\circ C$	10	40
Bağıl Hava Hızı	V_{ar}	MS	0	1.0
Su Buharı Basıncı	$P_{,bir}$	baba	0	2700
Isıl His Oyu	PMV		-2	2

İnsanların düşük sıcaklıkları algılamalarının, yüksek sıcaklıkları algılamalarından daha hızlı olduğu bilinmektedir ve Fanger yasasına göre bir ortamda en az %5'lik bir kesim ısııl açıdan konforlu hissetmemektedir. Kişisel farklılıklarına bağlı olarak kullanıcılar bulundukları çevreyi de farklı algılamaktadır. Bulunduğu ortamı konforlu bulmayan kullanıcı yüzdesi ise PPD olarak tanımlanmaktadır. PPD; ısııl tatminsizlik yüzdesi olarak ifade edilmektedir. Bir ortam konfor şartlarından en az %5'lik kısım memnun değilken, bu ortam için tatminsizlik limiti en fazla %10'a kadar izin verilmektedir [35, 36, 37, 41, 46].

Isıl ortam koşullarından memnun olmayanların yüzdesi olan PPD, standartlarda PMV ile işlevsel bir ilişki içindedir. ISO 7730'da, PPD yalnızca PMV'nin matematiksel bir fonksiyonudur [49]. Girdilerin tek tek hesaplanabildiği PMV denklemleri ve PMV-PPD arasındaki ilişki aşağıdaki 1-2-3-4-5 denklemleri ile çözülmektedir [30, 50].

$$PMV = (0.028 + 0.3033e^{-0.036M}) \cdot \{ (M - W) - 3.05 [5.733 - 0.000699 (M - W) - P_a] - 0.42 [(M - W) - 58.15] - 0.0173M (5.867 - P_a) - 0.0014M (34 - T_a) - 3.96 \cdot 10^{-8} f_{cl} [T_{cl} + 273]^4 - (T_{mrt} + 273)^4 - f_{cl} \cdot h_c (T_{cl} - T_a) \} \quad (1)$$

$$T_{cl} = 35.7 - 0.028 (M - W) - 0.155 I_{cl} \{ 3.96 \cdot 10^{-3} f_{cl} [(T_{cl} + 273)^4 - (T_{mrt} + 273)^4] - f_{cl} \cdot h_c (T_{cl} - T_a) \} \quad (2)$$

$$h_c = \begin{cases} 2.38 (T_{cl} - T_a)^{0.25} & \text{için } 2.38 (T_{cl} - T_a)^{0.25} \geq 12.1 \sqrt{V_{air}} \\ 12.1 \sqrt{V_{air}} & \text{için } 2.38 (T_{cl} - T_a)^{0.25} \leq 12.1 \sqrt{V_{air}} \end{cases} \quad (3)$$

$$f_{cl} = \begin{cases} I_{cl} < 0.5 \text{ clo} & 1.0 + 0.2 I_{cl} \\ I_{cl} > 0.5 \text{ clo} & 1.05 + 0.1 I_{cl} \end{cases} \quad (4)$$

$$PPD = 100 - 95 \exp(-0.03353 PMV^4 + 0.2179 PMV^2) \quad (5)$$

Denklemdaki parametreler aşağıdaki gibi tanımlanır:

PMV: Tahmini ortalama oy

M: Metabolizma (W/m^2)

W: Dış aktivite (Birçok aktivite sıfıra eşit) (W/m^2)

I: Giyimin ısı direnci (clo)

f_{cl} : Çıplakken vücut yüzey alanının kıyafetliken vücut yüzey alanına oranı

T_a : Hava sıcaklığı ($^{\circ}C$)

T: Ortalama radyasyon sıcaklık ($^{\circ}C$)

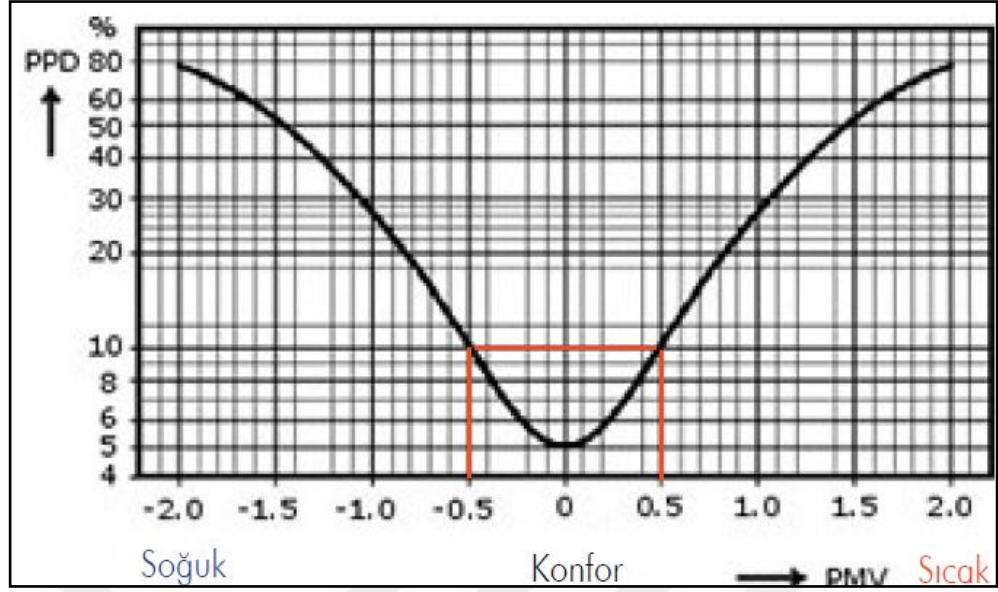
V: Göreceli hava akışı (m/s)

Pa: Kısmi su buharı basıncı (Pa)

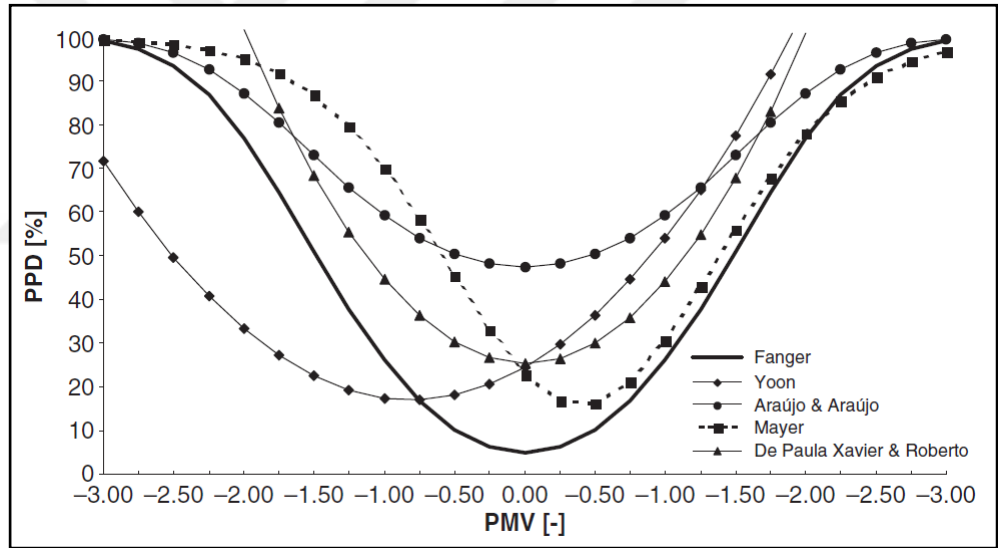
h_c : Konveksiyonel ısı transfer katsayısı (W/m^2K)

T_{cl} : Giyimin yüzey sıcaklığı ($^{\circ}C$)

Şekil 2.5’de verilen PMV-PPD ilişkisini gösteren grafikte ‘0’ noktasında eğrinin simetrik olduğu açıkça görülmektedir. Şekil 2.6’da bazı araştırmacıların PMV-PPD ilişkisini inceleyen çalışmaları tek grafikte gösterilmiştir. Ayrıca Standart tarafından tanımlanan PMV ile PPD’nin işlevsel bağımlılığı dikkate alındığından PMV denklemindeki hataların PPD’yi etkileyeceği göz ardı edilmemelidir [49].

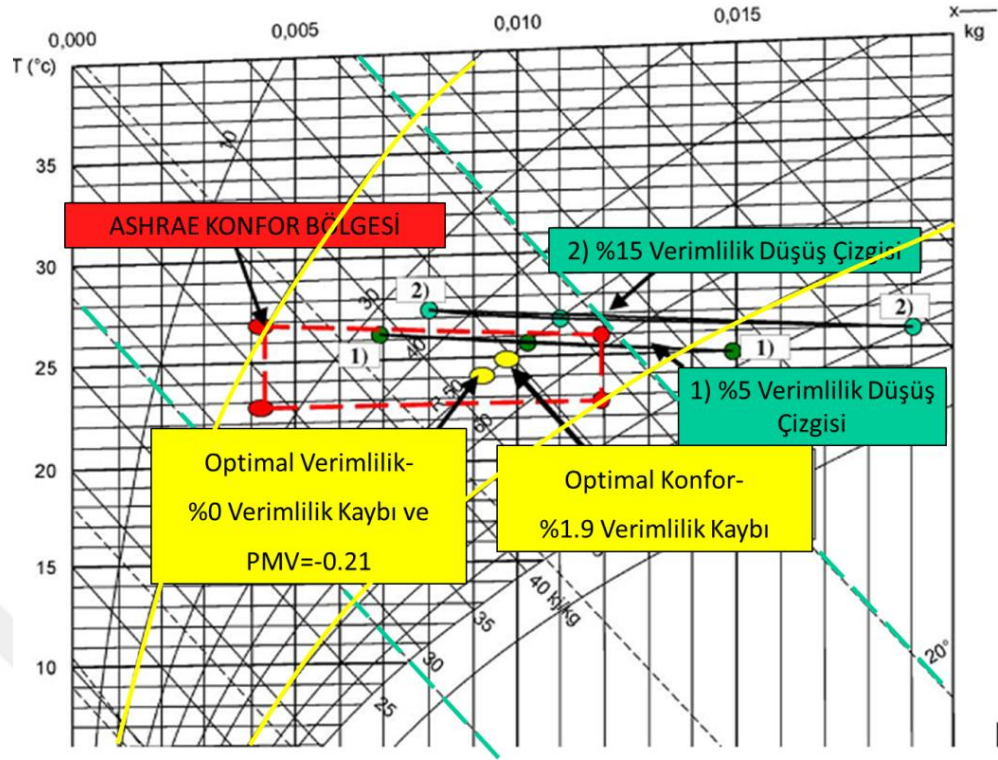


Şekil 2.5. Fanger'ın PMV-PPD İlişkisi [37]



Şekil 2.6. Tahmin edilen ortalama oy (PMV) ile memnuniyetsizlik yüzdesi (PPD) ve diğer ısı his endeksleri arasındaki ilişki [50, 51]

ASHREA konfor bölgesi ile karşılaştırıldığında optimum konfor ve verimlilik kaybı çizgilerini %5 ve %15 aralığında gösteren psikometrik grafik Şekil 2.7'de verilmektedir [51].



Şekil 2.7. ASHRAE konfor bölgesi ile verimlilik kaybı arasındaki ilişkiyi gösteren psikometrik grafik [51]

PMV denklemi, kararlı ısı iletimi teorisine dayanmakta ve dinamik ısıl denge halini açıklamaktadır. Ancak bu durum günlük yaşamda tam olarak oluşmamakta hatta herhangi bir zaman aralığında kullanıcı vücudundaki sürekli değişen ısı halinden kaynaklanan hatalar ortaya çıkabilmektedir [49].

PMV modeli, düzenli bir enerji dengesine dayandığı için sıklıkla statik bir model olarak adlandırılmaktadır. Bir basamak değişikliğinde kesin cevap tahmin edilememektedir. Bununla birlikte PMV-modeli, girdi olarak farklı parametreleri kullanırken bu parametrelerin farklı değerlerine göre de hesaplanabildiği için öngörüldüğü gibi tamamen statik değildir [55]. Denklemden anlaşılacağı üzere dâhil edilen ısı transferi nispeten karışık olduğundan Fanger'in PMV-PPD indekslerinin hem hesaplanması hem de pratikte uygulanması da karmaşıktır. Çünkü her değişkenin değerinin kesin olarak bilinmesi gerekmektedir. Gerçek zamanlı uygulamalar için doğru sonuç vermemekte olup aynı ortamda bulunan kullanıcıların giysi ve aktivite durumu değiştiğinde doğrusal olmayan farklılıklar ortaya çıkmaktadır. Dolayısıyla

parametrelerin değerlerindeki hatalar PMV'nin muhtemel doğruluğunu azaltacaktır [37, 46].

Aynı zamanda kullanıcının yaş, cinsiyet gibi özellikler, kullanıcı beklentileri, yapı çeşitliliği ve coğrafi bölgelere göre değişen iklim koşulları da dikkate alınmamıştır. Kişisel faktörlerin ölçümünün zorluğu ve her zaman gerekli olmadığı düşünüldüğünde en önemli adım fiziksel faktörlerin ölçümü olmaktadır. Her bir değişkenin etkisi bir diğerini etkilediği için araştırmacılar bu denklemi basitleştirmekte hatta yinelenabilir hale getirmektedir. Kesin bir matematiksel modelin gerek elde edilmesi gerekse kullanılmasının güç ya da imkânsız olması, işlenen bilginin eksik ve belirsiz olduğu zamanlarda ya da karmaşık doğrusal olmayan durumlarda bulanık mantık modelleri gibi yeni türevler geliştirmektedirler. Bu amaçla kullanıcıların özel ısı hislerine göre ayarlanabilen, özel etkilerin hesaba katıldığı, yinelenen ve istenildiğinde havalandırma sistemlerinin kontrol algoritmasında kullanılabilen türevleri oluşturulmuştur. Bu düşüncenin aksini savunan bazı araştırmacılar ise belirtilen varsayımlara ulaşmanın zor olduğunu, bazı sadeleştirmeler yapıldığını ve böylece yapılan kabullerle önemli hataların ortaya çıktığını kabul etmektedir [52, 53].

PMV modeli, soğuk, ılıman ve ılık iklimlerde yer alan, yaz-kış sezonları boyunca incelenen ve içinde HVAC sistemleri bulunduran binalarda, yüksek kaliteli saha çalışmaları ile iyi bir uyum içindedir. Ancak HVAC sistemli binalarda ısı hissi iyi tahmin ederken, klima olmayan binalardaki özellikle sıcak iklim koşullarındaki alan çalışmalarında kullanıcılara göre daha sıcak bir ısı his öngörmektedir. Sıcak iklim yerlerinde tasarlanan yapılarda, doğal olarak havalandırılan binalardaki açılabilir pencere sayısı, klimalı binalardan çok daha fazla olmakta ve bunların kişisel kontrollerinin sağlanması da daha zor olmaktadır [54]. Günümüze ulaşmayı başarmış ve uluslararası birçok önemli çalışmanın altlığını oluşturan PMV modeli için özellikle son yıllarda, PMV'yi hesaplamak için bilgisayar programları geliştirilmiş olup programlama için kodlar ISO Standart 7730'dan sağlanabilmektedir [46, 54, 55].

2.1.2. Hava Akış Hızı

Ortamın iç hava kalitesini etkileyen çevresel faktörlerden biri de 'hava akış hızı'dır. Hava akış hızı; birim zamanda ölçülen belirli bir yöndeki hava hareketinin

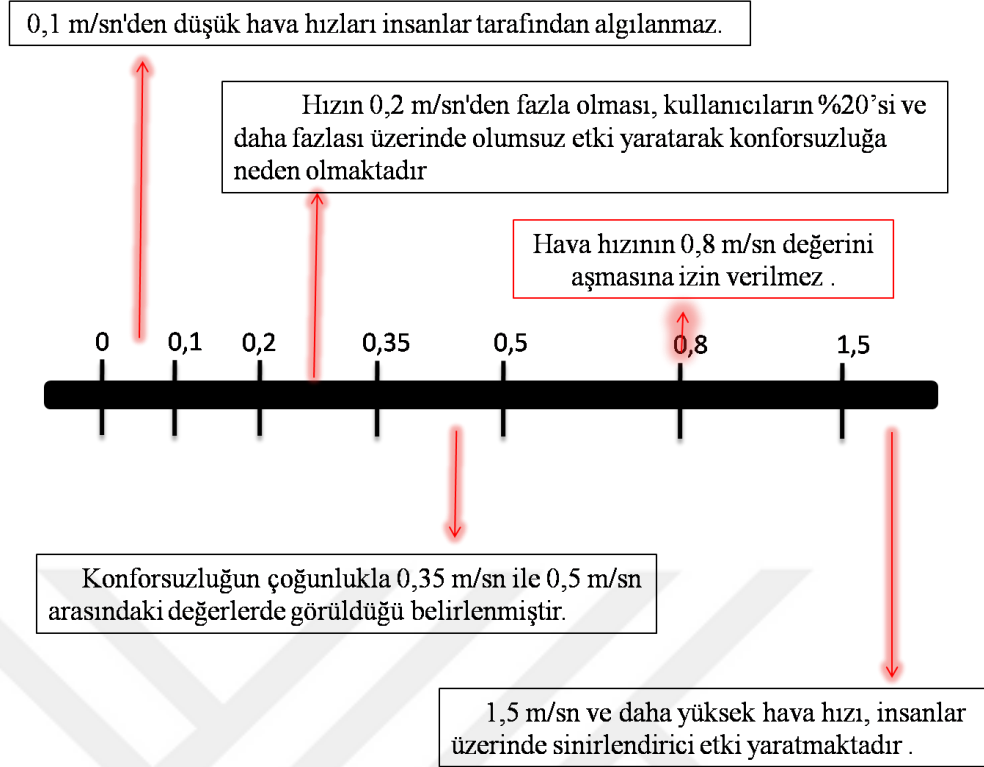
değeridir. Ortamın hava akış hızı ise, ortamdan alınan birçok değerlerin ortalamasıdır ve birimi m/sn ile belirtilir [35, 56].

İç ortamın hava akış hızını; özellikle kapalı bir hacim içerisinde hava giriş ve çıkış menfezlerinin konumu, pencerenin konumu ve büyüklükleri, iklimsel özellikler, eylem türü, aktivite düzeyi, kullanıcı sayı, varsa mekanik havalandırmanın ortamdaki yeri, gücü, açısı ve ortama verilen hava miktarı, ortamın bağıl nemi ve sıcaklığı etkilemektedir. Hava akışı, hava hızı ve havalandırma miktarı ile belirlenmektedir [35, 56]. Tablo 2.5'de bazı kurumlar tarafından belirlenen iç ortam hava akışı hızı değerleri verilmiştir [35].

Tablo 2.5. Bazı kurumlar tarafından belirlenen iç ortam hava akış hızı değerleri [35]

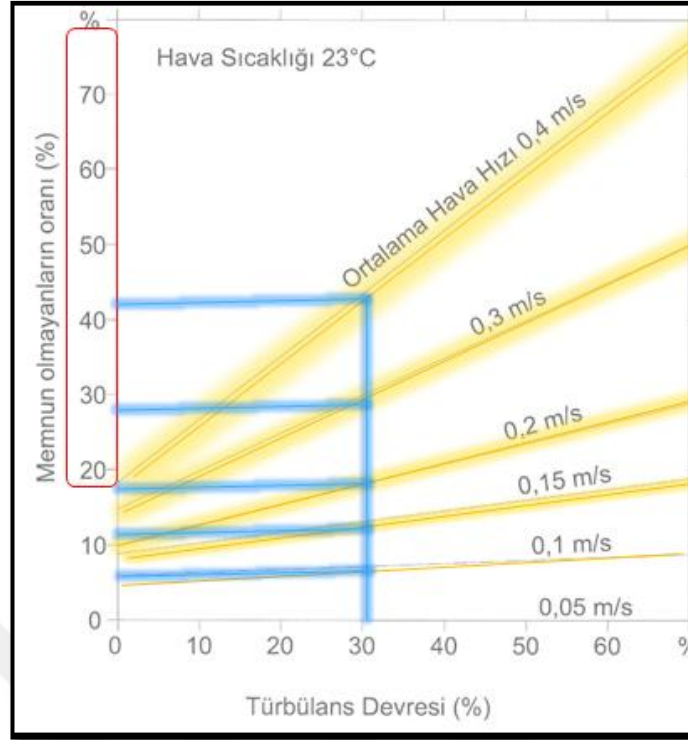
Kurum	Konfor koşullarının sağlandığı hava akış hızı değerleri
ASHRAE Standart 55 ISO Standart 7730 İsveç kodu	Kışın <30 fpm (0,15 m/sn) Yazın >50 fpm (0,25 m/sn)
WHO	0,25 m/sn (0,8 ft/s)
TS 12281	Kışın 8 m/dk – 10 m/dk Yazın 13 m/dk – 27 m/dk
TS 3419	0,15 m/sn- 0,20 m/sn (iklimlendirilen ortamlarda)

Düşük hızdaki hava kullanıcılar tarafından havasız olarak tanımlanırken, yüksek hızda ise esintili ve rahatsız edici olarak hissedilmektedir. Bir ortamın konfor koşullarını sağlaması için gerekli hava akış hızı limit değerleri, standartla belirtilmiştir. ASHRAE'ye göre ortamın gerekli konfor şartlarında olabilmesi için hava hızının 0,15m/sn olması gerekmektedir. Bu değer yaz ve kış sezonuna göre değişiklik göstermektedir. 0,1 m/sn'deki hava insanlar tarafından algılanmamakta olup 0,2 m/sn'de büyük çoğunluk memnun hissetmektedir. Kullanıcılar, 0,35-0,50 m/sn'de ise ortamı konforsuz hissetmektedirler. Standartlarda, ortam hava hızını 0,8 m/sn'yi aşmaması gerektiği verilmiştir. 1,5 m/sn'de ise kullanıcı üzerinde sınırlandırıcı etki yaparak konforsuzluğa sebep olmaktadır [35, 38]. Aşağıdaki Şekil 2.8'de hava akış hızı değerleri ve kullanıcı memnuniyeti şematize edilmektedir.



Şekil 2.8. Ortam havası akış hızı ve etkileri

Ortam hava hızı, kullanıcının ısı konforunu etkilemektedir. Hava hızı arttıkça, vücut yüzeyindeki su daha fazla buharlaşacağı için kişi üşümeye başlar. Artan hava hızı, kişinin etrafındaki mevcut hareketsiz hava kütesini dağıtıp azalttığından üşüme artacaktır. Bu durum yazın yararlı olurken, kışın konforsuzluk olarak hissedilmektedir. Bu yüzden ortamın hava akış hızı belirtilen standart değerlerde tutulmalıdır. Gerek tasarım aşamasında gerekse kullanım esnasında kullanıcı konforu için, hava homojen bir şekilde ve düşük hava hızlarında ortama verilmelidir [35, 38, 46]. Şekil 2.9'da farklı hava akış hızlarındaki kullanıcı memnuniyetsizlik yüzdesi verilmiştir [35].

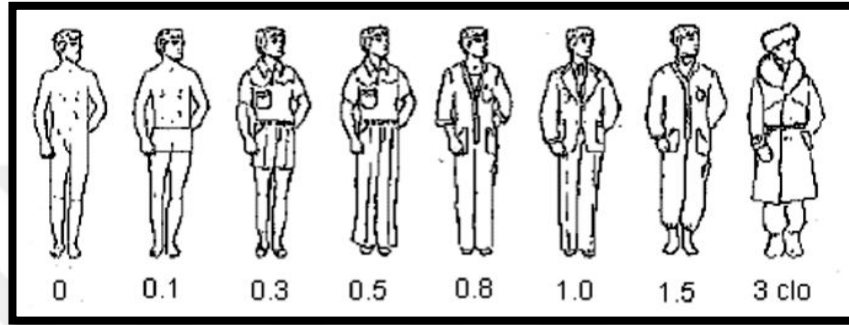


Şekil 2.9. Farklı hava hızları ve türbülans derecelerinde memnun olmayan insan yüzdesi [35]

Sıcaklık, bağıl nem ve hava akış hızı gibi parametreler ölçülebilen nesnel parametrelerdir. Konfor aralıkları oluşturulurken ortamda bulunan kullanıcıların hoşnut olma durumlarına göre değerlendirmeler yapılmaktadır. Ancak kullanıcıların memnuniyet durumları kişilerin yaş, cinsiyet, havaya alışma, deri altı yağı, sağlık durumu ve beslenme şekilleri vb. özelliklerine göre kişiden kişiye farklılık göstermektedir. Bunlar kişisel parametreler olarak adlandırılmaktadır ve bir mekânın konforda olma durumu içerisinde bulunan kullanıcıların ASHRAE Standart 55 göre %90, ISO 7730 Standardına göre %80'inin memnun olduğu durumdur.

Kişisel parametreler giysi yalıtım değeri ve aktivite seviyesi olarak sınıflandırılmaktadır. Bir giysi, vücut ile çevre arasındaki ısı transferini doğrudan etkilemekte ve ısı akışını desteklemektedir. Ayrıca vücudun nem dengesini de korumaktadır. Giysiler insanın ısı kaybını azaltmakta ve ısı enerjisinin geçişine karşı direnç göstermektedir. Kıyafetlerin lif, iplik ve örgü yapısı, kumaş kalınlığı ve oluştuğu bileşenler, ısı yalıtım değerini etkilemektedir. Giysilerin ısı yalıtım değerlerinin ölçülmesi için; insansı test modelleri (mankenler) ile test odalarında yapılmış çok sayıda bilimsel araştırma literatürde mevcuttur [36, 38, 57]. Giysilerin yalıtım değeri clo birimi

ile ifade edilmektedir. Kıyafet durumu; yaz ve kış sezonuna göre göre değişiklik göstermekle beraber yapılan aktivite çeşiti ve ısı konfor şartlarına göre de değişiklik göstermektedir. Yazın 0,5 clo iken, kış sezonunda 1 clo olarak kabul edilmektedir. Çıplak bir insan 0 clo ve hafif giysili durum 0,2-0,3 arası değişmektedir. Kutup giysisi ise 3 clo olarak değerlendirilmektedir. Aşağıdaki Şekil 2.10'da giyinme durumuna göre giysi yalıtım değerleri verilmiştir [57].



Şekil 2.10. Giyinme durumuna göre giysi yalıtım değerleri [57]

Konforu belirleyen bir diğer parametre vücut aktiviteleridir. Metabolik enerji üretimi, dinlenme halinde 'met' olarak ifade edilmektedir. $1 \text{ met} = 58,2 \text{ W/m}^2$ olarak tanımlanmaktadır. Yapılan aktiviteye göre met değerleri değişmektedir. Yetişkin bir kişinin ısı transfer alanı $1,8 \text{ m}^2$ 'dir ve ortalama 106 W enerji üretir. Konforsuz ortamlarda üretilen enerji de artmaktadır. Metabolizmanın ürettiği enerjiyi; aktivite hızı, kalbin atış hızı ve üretilen metabolik hız etkilemektedir [58]. Ayrıca ağır aktiviteler sonucu, yaş, cinsiyet, kişisel ve ya psikolojik duruma bağlı olarak vücut sıcaklığının artması ile birlikte ısı dengenin kontrolü için terleme meydana gelmektedir [38, 57]. ISO 7730 da ısı konfor için gerekli ortam şartları ve çoğunlukla oturularak yapılan aktiviteler ($M=70 \text{ W/m}^2=1,2 \text{ met}$) ve giysi yalıtımı; yaz şartlarında 0,5 clo, kış şartlarında 1 clo olarak verilmiştir. Sıcaklık ve bağıl neme bağlı olarak aktivite düzeyi ve giysi yalıtım değeri değişiklik göstermektedir. 24°C sıcaklıkta aktivite yaklaşık 1 met için giysi direnci 0,75 clo iken aktivite düzeyi 2 met için giysi direnci 0,31 clo olmaktadır. Yani konfor şartları için ortam sıcaklığı düşük tutulmalı ve ısı direnci yüksek kıyafet giyilmelidir. Metabolik aktivite 1 met olan kişi için bağıl nem 0,50 olması istenirken giysi yalıtım diren 0,625 clo'dur. Bağıl nem 0,80 olduğunda giysi

yalıtımı 0,75 clo olmaktadır. 1,6 met ve üzerindeki metabolik aktivite için nemin etken olduğu gözlenmiştir [31, 36].

Orta yaşta ve ağırlıkta bir insan sessizce uzandığında ısı konforu sağlandığı nötral ısı bölge 35 kcal/ hm^2 'dir. Oturur durumda ise bazı kasların hafifçe kasılması sonucu metabolik hız 50 kcal/ hm^2 'ye. Ayakta durma durumunda 60 kcal/ hm^2 , oda boyunca sessizce dolaşma halinde 100 kcal/ hm^2 'ye çıkar. Yatar pozisyonundan oturur pozisyona geçildiğinde yapılan hesaplara göre vücut ısı 1 saat içinde 0,51°C artar. Ayağa kalkılma halinde saatte 0,85°C artmaktadır [38].

2.1.3. Elektroiklimsel Oluşumlar

Havada ortaya çıkan elektriksel oluşumlara "elektroiklim" denir. Elektroiklim; Doğal ve yapay elektriksel ve manyetik alanları içermektedir. Elektromanyetik oluşumlar, hava niteliğini atmosferik açıdan etkileyen önemli öğelerden biridir. Tüm canlı organizmalar yaşamları boyunca doğadaki elektrik, manyetik ve elektromanyetik alanlardan etkilenmektedirler. Mevcut elektroiklimsel oluşumlar ile canlı ve doğa arasında denge vardır. Fakat günümüz teknolojisinin bilinçsiz kullanımı ile bu denge bozulmaktadır. Ürün çeşitliliği ve elektrik tüketimindeki artış elektroiklimsel kirliliği beraberinde getirmektedir. Doğada var olmayan, yoğun ve yapay bir oluşum meydana gelmektedir. Büyük kentlerde çarpık kentleşme sonucu trafolar ve konutların bir arada bulunması, yüksek gerilim hatları ve baz istasyonları vb. dış kaynaklı kirliliğe örnek gösterilebilmektedir. Sentetik halılar, petrol türevli kaplama malzemeleri, plastik yapı elemanları, tesisat elemanları, aydınlatma elemanları ve elektrikle çalışan donanım ve ekipmanlar, yapı içinden kaynaklı elektroiklimsel kirlilik kaynaklarıdır [59].

Elektroiklimsel kirlilik, başta yaşlı ve çocuklar olmak üzere, kullanıcılar üzerinde olumsuz etkiler göstermektedir. Kirliliğe maruz kalan canlılarda, soğurulan enerji vücutta ısınmaya yol açarak bazı organlardaki elektrik akımlarının değişmesine neden olmaktadır. Biyolojik sistemlere etkisi değişik sağlık sorunlarına sebep olmaktadır. Genellikle elektroiklimsel kirliliğe dair çalışmalar, hücre ve kanser üzerinde yoğunlaşmaktadır. İnsan vücudu belirli bir süre düşük şiddetteki elektroiklimsel kirliliğe direnmektedir fakat uzun süreli etkilenmede; vücut direncini kaybetmekte ve sağlık sorunları ortaya çıkmaktadır. Yüksek seviyedeki kirlilik ilk etkilenme bile bazı rahatsızlıklara sebep olabilmektedir. Uyku düzensizliği, yorgunluk, baş ağrısı gibi

rahatsızlıklara sebep olabilmekte, hatta uzun etkilenme süreci sonunda kanser, sakat doğumlar gibi tedavisi zor hastalıklara neden olabilmektedir. Sadece fiziksel özelliklere zarar vermemekte aynı şekilde psikolojik anlamda hormonlar ve davranış yapısını da etkilemektedir. Oluşabilecek rahatsızlıklar; elektroiklimsel kirliliğin maruz kalınan şiddetine, etkilenme süresine ve kişisel faktörlere göre değişiklik göstermektedir [35, 59, 60].

Ortam sıcaklığı ve bağıl nemi de elektriksel alanı etkilemektedir. Artan nem değeri ile elektriksel alanın etkisi de artmaktadır. Ayrıca yüksek düzeydeki nem, ekipman ve donanımların elektriksel özelliklerini de etkilemekte, düzgün çalışmalarını engellemektedir [35]. Elektroiklimsel kirliliğin boyutları göz ardı edilemeyeceği için gerekli önlemlerin alınması gerekmektedir. İhtiyaç duyulan elektriksel ve manyetik sistemler; konut, ofis, okul, hastane gibi yerleşim yerlerinden uzakta konumlandırılmalıdır. Mümkün olmadığı durumlarda yapıların dışına maskeleme sistemi yapılmalıdır. Yapıların etrafındaki yeşil doku da canlı bir kalkan görevi göreceğinden, ağaçlandırma yapılmalıdır. Bina yapım aşamasında kullanılan yapı elemanlarının elektro-iletken olmasına dikkat edilmelidir. Yaygınlaşan yüksek yapılar, yüksek baca ve havalandırmaları yıldırımdan korumak için paratoner kullanılmalıdır. Çatı, tavan ve zemin başta olmak üzere yapı bileşenleri için topraklama hattı çekilmelidir. İç donanımdan kaynaklı kirlilik ise, kaynağı uzak konumlandırmak, kabloları kısa tutmak, kullanılmadığında kapatılarak ve daha az elektrik yayan araç-gereçler kullanılarak azaltılabilmektedir [59].

2.2. İç Hava Kalitesi ve Sağlık Üzerindeki Etkileri

Yaşamsal faaliyetler için solunan havanın önemi çok büyüktür. 1999 yılında ASHRAE'nin çıkardığı havalandırma standardında **ortamın kabul edilebilir iç hava kalitesi**; içinde zararlı madde oranı limit değerleri aşmamış ve havayı soluyan insanların büyük çoğunluğunun (en az %80) bu durumdan memnun hissettiği hava olarak tanımlanmıştır. Standartlarda istenilen koşulları sağlamak için gerekli limit değerleri verilmektedir.

İnsan, doğası gereği yaşamsal faaliyetleri için havaya bağımlıdır. Kişi ömrü boyunca 400-500 milyon litre hava tüketmektedir. Hava zorunlu ve en öncelikli gereksinim olduğu için, hem kapalı hacimlerde hem de dış ortamda havanın niteliği

önem kazanmaktadır. 1970'ler de ortaya çıkan petrol ve enerji krizi ile birlikte İHK ve HBS kavramları daha fazla gündeme gelmiştir. Sağlıksız koşullarda yaşayan ve çalışan kişilerin verimliliğinin düşmesi ile ilgili çalışmalar konunun önemini vurgulamıştır. Birçok gazdan oluşan havanın içine, yapma çevrenin yaydığı salınımların katılması ile zararlı gaz oranı da hızla yükselmektedir. Sağlıksız hava koşullarında, insanlarda fiziksel ve psikolojik rahatsızlıklar görülebilmektedir.

Hava kirliliğinin sağlık üzerindeki etkileri oldukça karmaşıktır. Hava kirliliği, insanın yaşam süreci boyunca toplumu sürekli etkileyen ve çoğu zaman farkına varılmadan maruz kalınan bir çevresel kirliliktir. Hava kirliliğinin insan sağlığı üzerindeki etkilerini anlamak için; kaynağın saptanması, kirleticilere maruz kalma şekli ve kirleticilerin çevresi olan etkileşimi incelenmelidir. İnsan vücudunda hava kirliliğine öncelikle burun ve akciğerler maruz kalır. Kirleticilerin özelliklerine ve kişisel faktörlere bağlı olarak solunum sistemi başta olmak üzere vücut sistemleri ve çeşitli bölümleri etkilenmektedir. Etkilenme boyutu, kişisel faktörlere değişmekle beraber kirleticilerin çaplarına da bağlıdır. Kirleticiler; partikül maddeler, biyolojik maddeler, kimyasal bileşenler ve uçucu organik bileşikler içermektedir. Bu konu **2.3. Ortam Kirleticileri** başlığı altında ayrıntılı olarak incelenmiştir. Örneğin partikül maddeleri ele alarak sağlık açısından incelersek; çapı 10 mikrondan büyük olanlar ağız ve burunda tutulurken, 10 mikrondan küçük çaplı partiküller ağız ve burundan ilerleyerek solunum sistemine geçebilmektedirler. Çapı 2-3 mikrondan küçük partiküller de akciğere geçerek alveollere yapışmaktadırlar. İnce partikül olarak adlandırılan 0,1 mikrondan küçük olanlar ise alveollere tutunarak diğer çaptakilere oranla daha uzun süre kalabilmektedirler [61, 62, 63]. Kirli havaya maruz kalma sonucu insanlarda görülebilecek rahatsızlıklar;

- Göz/Burun/Boğaz Tahribatı
- Ateşlenme, Titreme,
- Hızlı Kalp Atışı,
- Kas Ağrıları, Kas Seğirmesi
- Ağız ve Burun İçi Kuruluğu,
- Öksürük/Balgam/Göğüs Daralması Şikâyetleri
- Soluk Alma Kapasitesinde Azalma Şeklinde
- Baş Ağrısı,

- Mide Bulantısı,
- Genel Alerjik Rahatsızlıklar
- Alerjik Zatürre
- Astım, Kronik Astım Krizi
- Nezle
- Deride Kaşıntı, Döküntü, Kabarma
- Dermatite(Deri İltihabı)
- Bronşit
- Lejyoner Hastalığı
- Pontiak Ateşi
- Akciğer Kanseri vb. olarak sıralanabilmektedir.

Çevresel hava kirliliğinin sağlık üzerindeki etkileri, literatürde birçok deneysel ve epidemiyolojik yaklaşımlar ile geniş bir ölçekte incelenerek kanıtlanmıştır. Yapılan çalışmalarda canlıların kirleticilere kontrollü maruziyeti, uzun ve kısa vadedeki etkileri, oluşabilecek hastalıklar, kişisel duyarlılık ve maruziyet düzeylerine değinilmiştir [64]. Standartlarda ortamın işlevi, türü, boyutu, kişi sayısı, yapılan eylem ve duyarlılık gibi birçok kriter karşısında, insan konforu için gerekli hava temiz hava miktarı, hava kirleticili konsantrasyonlarının limitleri ve izin verilebilecek maruziyet süreleri verilmiştir. Tablo 2.6'da bazı kurumların belirlediği temiz hava politikası hedef değerleri görülmektedir [42]. Tablo 2.7'de kirleticili türleri, oluşum kaynakları, sağlık üzerine etkileri ve uzaklaştırmak için kontrol yöntemleri verilmiştir [35, 61, 62, 65].

Tablo 2.6. Farklı kurumlar tarafından belirlenen temiz hava politikası hedefleri [61]

KAYNAK	SO ₂ µg.m ³				NO ₂ µg.m ³			PM ₁₀ µg.m ³		PM _{2.5} µg.m ³		Ozon(O ₃) µg.m ³	
	1 yıl	24 saat	1 saat	10 dk.	1 yıl	24 saat	1 saat	1 yıl	24 saat	1 yıl	24 saat	8 saat	1 saat
WHO	-	20	-	500	40	-	200	20	50 ^a	10	25 ^a	100	-
AB	-	125 ^a	350 ^f	-	40	-	200 ^e	40	50 ^b	-	-	120 ^d	-
İsviçre	30	100 ^d	-	-	30	80 ^d	-	20	50 ^d	-	-	-	120 ^d
Fransa	50	125 ^a	350 ^f	-	40	-	200 ^e	40	50 ^b	-	-	-	-
İsveç	-	100	200	-	40	60	90	40	50	-	-	-	-
Birleşik Krallık	-	125 ^a	350 ^f	266 ^b	40	-	200 ^e	40	50 ^b	25	-	100	-
Japonya	-	105	262	-	-	113	-	-	100	-	-	-	118 ^c
ABD	78	366	-	-	100	-	-	50	150	15	65	157	-
Kaliforniya	-	105 ^c	655	-	-	-	470 ^c	20	50	12	65	137	180 ^c

(a: Yılda 3 günden fazla geçemez; b: Yılda 35 günden fazla geçemez; c: Fotokimyasal oksidanlar; d: Yılda bir defadan fazla e:Yılda 18 defadan fazla geçemez; f: Yılda 24 saatten fazla geçemez)

Tablo 2.7. Kirletici türleri, oluşum kaynakları, sağlık üzerine etkileri ve uzaklaştırmak için kontrol yöntemleri [35, 61, 62, 65]

Kirletici Türleri	Kaynaklar	Sağlık üzerine olan etkisi	Kontrol Yöntemleri
Asbest	-Yanmayan, termal ve akustik yalıtım malzemeleri -Çimento üretimi -Otomotiv frenler -Eskimiş, zarar görmüş veya bozulmuş yalıtım malzemeleri	-Asbestosis -Akciğer kanseri -Mezotelyoma	-Asbest içeren malzemeler zarar görmemiş bile olsa uzaklaştırılmalıdır. -Asbest karışımları ve temizliğinde gerekli kontrol önlemleri için eğitilmiş ve kalifiye kişiler kullanılmalıdır.
Karbon Monoksit (CO)	-Gaz, odun ocakları -Şömineler -Sigara dumanı -Motorlu taşıtların egzoz dumanı -Çıkışı olmayan kerosen ve gaz yüzey ısıtıcıları -Sızdıran bacalar -Fırınlr	-Baş ağrısı-Baş dönmesi -Bulantı -Bilinç kaybı -Yorgunluk -Kalp-damar hastalıkları -Göğüs ağrıları -Görme duyusunda azalma -Dengesizlik -Ölüm	-Gazla çalışan cihazların düzenli kontrolü -Gaz sobalarında dışarıya çıkışı sağlayan bir fan sağlanmalı -Ocak veya şömine bacaları açık tutulmalı -Merkezi ısıtma sistemleri yıllık olarak denetlenmeli -Sızıntılar onarılmalı -Otomobiller kapalı hacimlerde motor çalışır durumda bırakılmamalıdır.
Karbon Dioksit (CO₂)	-Gaz ocakları -Odun ocakları -Şömineler -Sigara dumanı -Motorlu taşıtlar	-Baş ağrısı -İştahsızlık -Göz, burun ve boğaz enfeksiyonu -Üst solunum yolu enfeksiyonu	-Soba, ocak ve şömineler kontrol altına alınmalı -Temiz hava bacaları tasarlanmalı, baca temizliği düzenli yapılmalı -Gazla çalışan cihazların ayarları yapılmalı
Sigara Dumanı	-Sigara, pipo ve puro içilmesi	-Çocuklarda solunum sistemi hastalıkları -Akciğer kanseri -Göz, burun ve boğaz Tahrişlerine -Baş ağrısına -Kalp hastalıklarına -Kulak enfeksiyonlarına -Astım oluşumuna	-Bina içinde sigara içilmemeli -Çocukların ve bebeklerin yanında sigara içilmemeli -Bina içinde sigara içilmesi engellenemiyorsa bu alanda havalandırma artırılmalı -Pencereler ve havalandırma fanları açılmalıdır.
Azot Dioksit (NO₂)	-Yakma kaynakları -Araç egzozları -Kerosen ısıtıcılar -Çıkışı olmayan gaz sobalar -Sigara dumanı	-Göz, burun ve boğaz da tahrişler -Bulantı -Akciğer fonksiyonlarında yavaşlama -Solunum yolu enfeksiyonlarına yatkınlık	-Gazla çalışan cihazların ayarları yapılmalı -Çıkışı olan ısıtıcılar kullanılmalı -Gaz sobalarında havalandırma fanları kullanılmalı -Bacaların temizliğine dikkat edilmeli -Merkezi ısıtma sisteminin temizliği, bakımı ve kontrolü için uzman kişilerden yararlanılmalıdır.

Tablo 2.7'nin devamı [35, 61, 62, 65]

Kirletici Türleri	Kaynaklar	Sağlık üzerine olan etkisi	Kontrol Yöntemleri
Ozon (O³)	-Fotokopi makineleri -Printerlar -Yüksek gerilim hatları ve trafolar -Elektrostatik hava temizleyiciler -Dış ortam havası	-Göz, burun ve boğaz da tahrişlere -Akciğer fonksiyonlarında yavaşlama -Ölüm -Solunum fonksiyonlarında bozulmaya -Hava yolu aşırı duyarlılığı	-Kaynaklar iyi tespit edilmeli -Taşıt trafiğindeki motorlu araçların egzoz dumanlarına dikkat edilmeli -Konutlar ve sanayi bölgelerinden sızan gazlar kontrol altına alınmalıdır.
Uçucu Organik Bileşikler (VOC)	-Sigara -Oda spreyleri -Boyalar -Vernikler -Çözücüler -Diğer solventler -Ahşap koruyucular - Aerosol spreyler -Temizleyiciler -Dezenfektanlar -Güve ilaçları -Depolan petrol ürünleri -Otomotiv ürünleri	-Uyku -Hafıza kaybı -Hapşırma -Cilt kızarıklıkları -Solunum güçlükleri -Gözlerde, burun ve boğazda yanma -Karaciğer ve böbrek yetmezliği -Merkezi sinir sisteminde hasarlar	-Boya, solvent vb. ürünler üreticinin verdiği direktifler doğrultusunda kullanılmalı -Ürünler kullanılırken bol miktarda temiz hava sağlanmalı -Kullanılmayan veya az kullanılmış ürünler derhal ortamdan uzaklaştırılmalı -Çocuklar ve evcil hayvanlar bu ürünlerle çalışılan yerlerden uzak tutulmalı -Etiketlerinde belirtilmedikçe asla karıştırılmamalıdır.
Kükürt Dioksit (SO²)	-Fosil yakıtlar -Termik santraller -Yanan kömür -Petrol	-Göğüs sıkışması -Kesik nefes alma -Solunum yollarında daralma	-İç ortamda yanma kaynakları azaltılmalı -Endüstriler şehir merkezlerine uzak konumlandırılmalı -Alternatif enerji kaynaklarının kullanımı yaygınlaştırılmalı
Radon	-Radon içeren yapı ürünleri -Radon içeren arıtılmamış toprak suyu -Yer altındaki radyoaktif maddelerin bozunması -İnşaat materyalleri -Kuyu suyu	-Akciğer kanseri -Lenf ve alyuvarlar ile ilgili hastalıklar (Ani bir etkisi yoktur)	-Bina radon için test edilmeli -4 pCi/L oranına sabitlenmeli -Yüksek radyoaktiviteye sahip yapı ürünleri yapılarda kullanılmama -Özellikle yapının toprak ile temas eden kısımları iyi yalıtılmalıdır.
Pestisitler	-Spreyler -Dış ortam uygulamalarındaki kimyasallar -Haşereleri öldürmek için kullanılan insektisit, termisit ve dezenfektanlar -Yarla ve bahçelerde kullanılan ürünler	-Göz, burun ve boğazda Tahrişler -Merkezi sinir sisteminin zarar görür -Böbreklere zarar verir -Kansere yakalanma riskini yükseltir	-Talimatlar doğrultusunda kullanılmalı -Her zaman oda dışında karıştırılmalı ve seyreltilmeli -Tavsiye edilen miktarlarda kullanılmalı -Mutlaka havalandırma sağlanmalı -Gerekli olmayan pestisitler kapalı bir ortam içerisinde depolanmamalı -Giysiler ayrı olarak havalandırılmalıdır.

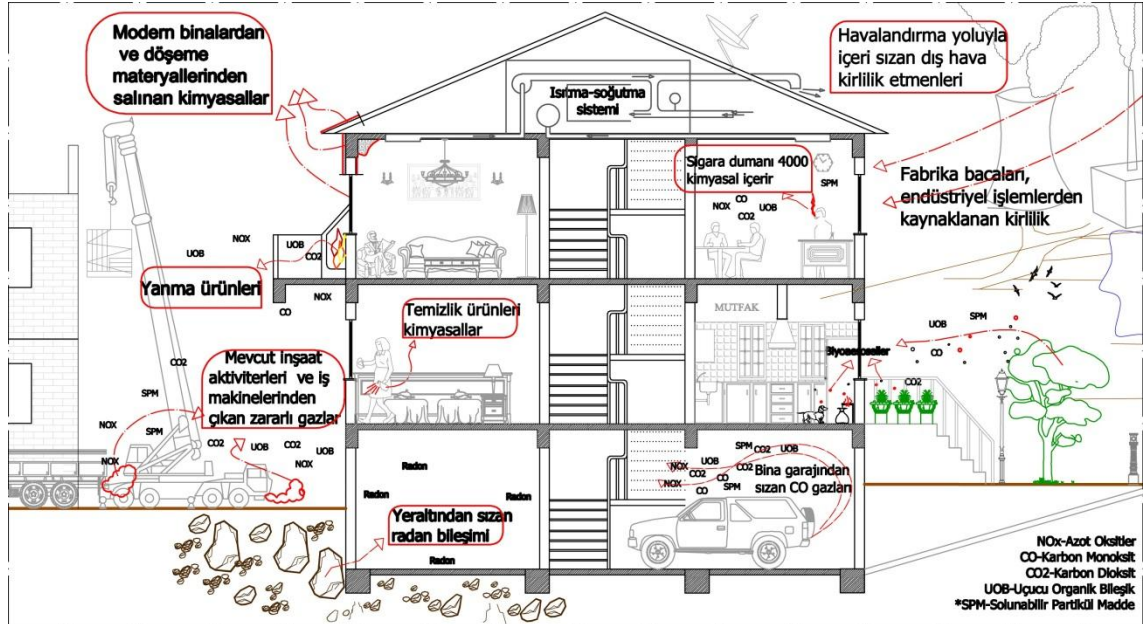
Tablo 2.7'nin devamı [35, 61, 62, 65]

Kirletici Türleri	Kaynaklar	Sağlık üzerine olan etkisi	Kontrol Yöntemleri
Formaldehit	-Preslenmiş ahşap Ürünler -Mobilyalar -Yalıtım malzemesi -Sigara dumanı -Yanma ürünlerinden kaynaklanır	-Göz, burun ve boğaz Tahrişleri -Öksürük -Bitkinlik -İsilik -Alerjik hastalıklar -Kanser -Kısa süreli bellek kayıpları -Anksiyete (kaygı, korku, sıkıntı hali)	-Başka tür preslenmiş ahşap kullanmak uygundur (bunlar üre içermeyip fenol reçine içermektedir.) - Ortam sıcaklığını normal tutmak ve rutubeti almak için klima ve nem tutucu kullanılmalı -Ortama formaldehit yayan yeni kaynaklar girdiğinde havalandırılmalıdır.
Kurşun	-Kurşun bazlı boya -Kirlenmiş toprak -Toz -İçme suyundan kaynaklanır	-Koma -Ölüme -Böbrekleri etkiler -Merkezi sinir sistemine zarar verir -Zihin ve beden gelişimini zayıflatır	-Çocukların oynadığı alanlar tozsuz ve temiz olmalı -Kurşun bazlı boya kullanılmamalı -Kumla örtülmemeli ve yakılmamalı -Kurşun boyanın çıkarılması için özel uzmanlar tutulmalı -Kurşun tozları binaya verilmemeli -Yakıttaki organik kurşun yasaklanmalı -Çöp yakma üniteleri ve kurşunlu akü imalathanelerinde kurşun kullanımı azaltılmalıdır.
Biyolojik maddeler (Virüs, bakteri, mantar, spor, polen ve ev akarı tozu vb. organizmalar)	-Islak veya nemli duvarlar, tavanlar -Hahılar -mobilyalar -Bakımı yapılmamış nem tutucular -klimalar -Evcil hayvanlar -Havalandırma ve iklimlendirme sis. hava kanalları -Nemlendiriciler -Yalıtım ürünleri -Menfezler	-Göz, burun ve boğaz Tahrişleri -Baş dönmesi -Ateş -Sindirim bozukluklar -Astım -Grip -Titreme -Solunum rahatsızlıkları -Öksürük -Mide bulantısı -Bitkinlik -Alerjik hastalıklar -Lejyoner hastalığı -Pontiac ateşi	-Banyo ve mutfakta kullanılan fanların çıkışı dışarıya verilmeli -Çamaşır kurutucusunun çıkışı dışarıya verilmeli -Soğutucu buharları, ultrasonik nem alıcılar günlük olarak temiz su ile yıkanmalı -Klimalardaki, nem tutucular ve buzdolaplarındaki su tablası sık sık boşaltılmalı -Klima vb. iklimlendirme araçlarının filtre temizliği ve bakımı düzenli bir şekilde yapılmalı -Toz tutan kaplama malzemeleri kullanılmamalıdır.
Benzen	-Boya -Vernik -Cila -Halı -İşlem görmüş Ahşap -Yapay Ahşap -Yapıştırıcılar -Yalıtımlar -Ofis Aygıtları -Sigara	-İleri düzeyde ölüm -Uyuşukluk -Baş dönmesi -Kalp ritminde bozukluk -Kemik iliği ve kan üretimini olumsuz etkilemektedir.	-Sigara kullanımı azaltılmalı -Benzen yayan yapı malzemeleri yerine alternatifleri kullanılmalı -Benzen içerikli deforme olan veya hasar gören yapı elemanları yenilenmeli -Daha az salınlı malzemeler kullanılmalı -Ortamlar düzenli olarak havalandırılmalıdır.

2.3. Ortam Kirleticileri

Yapı içi hava niteliği; insanlar için uygun konfor şartlarının sağlanmasında büyük bir öneme sahiptir. Kişilerin zamanlarının büyük çoğunluğunu kapalı hacimlerde geçirdiği düşünüldüğünde, kirleticiler ile en çok iç mekânlarda etkileşim içinde olunmaktadır. Kirleticiler maddeler tanecikli ya da gaz, zehirli ya da zehirsiz, organik ya da inorganik oluşu, katı, sıvı, gaz fazda oluşu, parçacık boyutu gibi birkaç şekilde sınıflandırılabilir [27].

Bazı kirleticiler temel olarak dış ortamdan kaynaklanabileceği gibi iç mekândaki malzeme, donanım, mobilya, sigara, aktivite, kullanılan kimyasal ürünler ve binanın kendisinden de kaynaklanabilmektedir. Dış ortam hava kirleticileri; biyolojik kirleticiler, UOB, kükürt oksitler, ozon, özellikle motorlu taşıtların sebep olduğu kurşunlu bileşikler, hidrokarbonlar ve benzen, azot oksitler, karbonlu bileşenler ve radon olarak sıralanabilir. Yapı iç ortamından kaynaklanan kirleticiler ise, yapı bileşenleri ve kullanılan malzemelerin saldıgı kimyasallar, insan ve makine aktiviteleri sonucu oluşan kirleticiler, dış ortamdan sızan gazlar, mantar, küf, ev tozu, evcil hayvan ve haşereler gibi biyolojik kirleticiler olarak sıralanmaktadır [62, 66, 67]. Kirleticilerin oluşum şekli Şekil 2.11'de verilmiştir.



Şekil 2.11. Hava kirleticilerinin oluşum şekilleri

Kirletici türleri, kişisel duyarlılığa bağlı olmakla beraber kişiler üzerinde birçok rahatsızlığa sebep olmaktadır. Bu kirleticilerin insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkileri iç hava kalitesi başlığı altında açıklanmıştır. İç ortamda bulunan kirleticiler; biyolojik kirleticiler, gazlar ve kimyasallar, parçacık ve lifler olmak üzere 3 sınıfta incelenmektedir.

2.3.1. Biyolojik Kirleticiler

Mikrobiyolojik etmenler virüs, bakteri, mayt, küf, alg, mantar, polen, spor vb. alerjenlerden oluşmaktadır ve mikroorganik parçacıklara 'bioaerosol' denilmektedir. Ayrıca ev tozu, evcil hayvanlar ve böceklerden kaynaklanan kirleticiler de bu grup içinde yer almaktadır. Bu organizmalar; tehlikeli, çabuk yayılan ve etkisi çok geç anlaşılan kirleticilerdir. İç ve dış ortam havası gibi her yerde görülmektedir. Yapılı çevredeki mevcut bitki örtüsü, nemli yapı elemanları, açıklıklar, canlılar, aktiviteler, iklimlendirme sistem elemanları, nem tutucular, su toplama kanalları, drenaj tavaları, kanallar ve filtreler gibi kaynaklardan yayılabilmektedir [35, 20].

Mikroorganizmalar, kendisi hücresel bir yapıya sahip olabileceği gibi başka bir hücre içindeki bileşenlerden de oluşabilmektedir. Dolayısıyla dış ortamdan iç ortama sızabilecekleri gibi, bitki, insan ve hayvan aracılığıyla da ortamlara yayılmaktadırlar. Bu sebeple dış ortama kıyasla genellikle iç ortamda daha fazla görülmektedir. Kişisel duyarlılık, kişiler üzerinde etki süresinin uzun olması ve mikroorganizmaların çapları sebebiyle biyolojik kirlilik için alınması gereken önlemler göz ardı edilmektedir. Her mikroorganizma çeşidi hastalık yapmamaktadır.

Mikroorganizmaların gelişme süreci, çoğalma koşulları ve mevsimsel etkenlere bağlı olarak hastalık yapan organizmanın üremesi için gerekli koşulları sağlayan ortam gereklidir. Mantarlar yıllarca çoğalmadan bir yüzeye tutunarak yaşayabilmektedirler. Aynı şekilde virüsler kristalize olarak cansız yaşayabilmektedir. Uygun koşullarda ise dakika içinde sayıları milyonlara ulaşabilmektedir.

Mikroorganizmaların insan üzerindeki etkileri büyüklükleri ile ilgilidir. Küçük parçacıklar solunum sistemine yapışıp kalırken büyük olanlar hapsirme öksürme gibi savunma mekanizmaları ile dışarı daha kolay atılmaktadır. Tablo 2.8'de bazı biyolojik kirleticilerin çap-büyüklük ilişkisi verilmiştir [35].

Tablo 2.8. Bazı biyolojik kirleticilerin boyutları [35]

KİRLETİCİLER	ORTALAMA ÇAP
Akar tozu	50-300 mikron
Polen	10-100 mikron
Mantar sporu	0,5-30 mikron
Küf mantarı sporu	2-10 mikron
Bakteri	0,3-30 mikron
Bakteri sporu	0,3-10 mikron
Virüs	<0,01-0,05 mikron
Amip	8-20 mikron
İnsan derisi	1-40 mikron
Evcil hayvan derisi	1-3 mikron
Mineral lifler	3-10 mikron
Asbest	0,25-1 mikron
Havada asılı durumdaki toz	5-25 mikron
Duman	0,1-0,3 mikron
Sigara dumanı	0,1-1 mikron

Ortam havasının özellikleri biyolojik kirleticilerin çoğalmasını etkilemektedir. İklimsel ve mevsimsel değişiklikler nemi etkilediği için bakteri ve mantar konsantrasyonunu da etkilemektedir. Isıtma sezonunda iç ortamdaki nem azalır, dış ortamda artar. Aşırı nem ve sıcaklık değerlerinde bazı organizmalar daha hızlı üremekte ve ortamdaki derişimleri hızla artmaktadır. Nemli yüzeylerde üreyen mantar ve bakteriler, kişinin solunum sistemini direk etkilemekte, alerjik deri rahatsızlıkları yanında astım gibi solunum rahatsızlıkları görülmektedir. Aynı şekilde iklimlendirme sistemleri ve açıklıklar ile odaya alınan hava içerisindeki oranları da etkili olmaktadır. İklimlendirme sistemlerinin oluşturduğu hava türbülansı ile mevcut kirletici tabakasının kişilere ulaşması daha kolay hale gelmektedir. Gerekli bakım ve temizliği yapılmayan yapı elemanları zamanla deforme olarak biyolojik kirleticilerin üremesi için elverişli hale gelmektedir [68, 69]. İlk olarak 1976'da ortaya çıkan ve çeşitli hastalıklarla beraber birçok kişinin ölümüne neden olan Lejyoner hastalığına bir bakteri çeşidi sebep olmaktadır. Bu bakterinin yayılmasında yapay havalandırma etkilidir. Biyolojik kirleticilerin ortamdaki derişimini azaltmak için havalandırma kanallarının çıkışları dışarıya verilmelidir. İklimlendirme sistem elemanlarının bakım ve temizliği düzenli periyotlarda yaptırılmalıdır [62].

Bazı küf mantarı sporları, havayı kirletmekle beraber havaya koku da yaymaktadır. Ortamdaki bağıl nem artışı ile artan kapalı ortam küf yoğunluğu, TS 12281'e (1997) de maks. 1000 spor/m³ olarak verilmiştir [35].

Ev akarının kaynağı ise halı, kumaş gibi tozu bünyesinde tutan kaplama malzemeleri, mekanik sistemler, elektronik aletler, nemli yapı elemanları, evcil hayvanlar ve haşerelerdir. Ortamdaki nemle doğru orantılıdır. TS 12281'e (1997) göre bir ortamda bulunabilecek maks. düzey 60 mayt/gr toz'dur [35].

Polenler dış ortamdaki açıklıklar ile içeri sığabileceği gibi iç mekândaki bitkiler ile de ortama yayılmaktadır. Özellikle bahar mevsiminde artan polen miktarı ile kişilerde deri ve solunum yoluyla vücuda girerek çeşitli alerjik rahatsızlıklara sebep olmaktadır. Alerjik bünyeye sahip kişilerin bulunduğu mekândaki bitkiler dışarı çıkartılmalı ve iç ortam havasının havalandırılması düzenli olarak yapılmalı ve dışarıdan gelecek polen riski önlenmelidir [68].

Nemlenmiş ve bozulmaya uğramış kaplama malzemeleri üzerindeki bakteri miktarı fazladır. Bu sebeple ortamda gerekli nem dengesi dikkate alınarak, nem oranı düşürülmeli ve gerekli olduğu takdirde nem tutucular kullanılmalıdır. Toprağa temas eden bina bölümleri yalıtılmalıdır.

2.3.2. Gazlar ve Kimyasallar

Gaz kirleticiler, normal sıcaklık ve basınç altında gaz ve buhar formunda bulunan hava kirleticileridir. En önemli gaz kirleticiler; UOB, PVC, CO, CO₂, ozon, kükürt oksitler, azot oksitler, radon, formaldehit, pestisitler, organik gazlar ve sigara dumanı olarak sıralanabilmektedir. Bu kirleticilere iç ortam hava sirkülasyonunun az olduğu, yetersiz havalandırılan, kimyasal salınımı yüksek malzeme kullanımı ve iklimlendirme sisteminin kullanıldığı mekânlarda rastlanmaktadır. İç ortama girişleri; havalandırma, sigara dumanı, toprak temaslı yapı bölümünden sızarak, yapı elemanları ve kaplamasında kullanılan malzemeler ile iç ortama yayılmaktadırlar [20, 62]. Tablo 2.9'da ise ASHRAE 62 Sanayi Standardında belirlenen dış hava konsantrasyonları sınır değerleri verilmiştir [45]. İnsan sağlığı için, kirleticilerin belirli sınır değerleri aşmaması gerekmektedir. Tablo 2.10'da bazı kuruluşlarda ortam kirleticileri ve standart değerleri verilmiştir [30, 62, 66].

Tablo 2.9. ASHRAE 62-1999'dan alınan dış hava konsantrasyonu [42]

Kirlenici	Uzun süreli			Kısa süreli		
	Konsantrasyon Ortalama			Konsantrasyon Ortalama		
	Süre	ppm	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Süre	ppm	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
CO	-	-	-	1 saat	35	40.000
CO ₂	-	-	-	8 saat	9	10.000
O ₃	-	-	-	8 saat	0,12	235
SO ₂	1 yıl	0,03	80	24 saat	0,14	365
NO ₂	1 yıl	0,055	100	-	-	-
PM ₁₀	1 yıl	-	50	24 saat	-	150
Kurşun	3 ay	-	1,5	-	-	-

Tablo 2.10. Bazı kuruluşlarda ortam kirlenicileri ve standart değerleri [30, 62, 66]

Parametreler	US-EPA	WHO	WSHD	HKDY	ASHRAE	Hong Kong
CO	9 ppm	9 ppm	9 ppm	Geçiş dönemi: 30 mg/m ³ 2014 yılı sonrası: 10 mg/m ³	-	-
CO ₂	1000 ppm	1000 ppm	1000 ppm	-	1000 ppm	800 ppm (1.düzye) 1000 ppm (2.düzye)
O ₃	0.05 ppm	0,12 ppm	0,12 ppm	2022 yılı sonrası: 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-	-
SO ₂	70 ppm	70 ppm	70 ppm	Geçiş dönemi: 400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 2014 yılı sonrası: 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-	-
UOB	3 ppm	1-3 ppm	1-3 ppm	-	-	-
Sıcaklık	22,5-25,5 °C	22,5-25,5 °C	22,5-25,5 °C	-	22-25,5 °C	22-25,5 °C
Nem	<70	<70	22,5-25,5 °C	-	%30-60	%40-70
PM ₁₀	150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-	Geçiş dönemi: 300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 2014 yılı sonrası: 90 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	< 75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	<20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (1.düzye) <180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (2.düzye)
PM _{2,5}	35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-	-	-	-	-

2.3.2.1. Uçucu Organik Bileşikler (UOB)

Gaz formunda olan kirlenicilerin başında UOB gelmektedir. Ölçülen buhar bileşiklerine UOB'i toplam uçucu organik bileşiklere ise TUOB denmektedir. UOB'ler hava içinde bulunan, çok fazla karbon içeren ve yüksek buhar basıncına sahip olan buharlaşabilir organik bileşiklerdir. Renksiz ama keskin kokulu kimyasallardır. Bir yapının içinde; formaldehit, benzen, keton, etil benzen, tolüen, etil tolüen, asetaldehit, bütadin, DDT heptaklor, diklorobenzen, naftalin, stiren, aseton, karbon tetraklorit, 2-

etoksi etanol, hekzan, kloroform, metil klorür, ksilen, pestisitler ve trikloro etilen gibi birçok uçucu organik bileşik bulunmaktadır [35, 42, 61, 62].

Temizlik malzemeleri, kozmetik, boyalar, solventler, kömür katranı içeren yalıtım malzemeleri, PVC kaynaklı yapı elemanları, yapıştırıcılar, sigara dumanı, spreylere, ofis ekipmanları (yazıcı, fotokopi, faks) ve bina yapımında kullanılan bazı yapı malzemeleri, bulundukları ortama bu kimyasalları salmaktadırlar. Ürünler kullanım ömrü boyunca ortama gaz salmakta ve bu gazlar belli oranlarda birikmektedir. Salınan gazlar ortamda var olan ya da diğer elemanların yaydığı kimyasallar ile tekrar tepkimeye girebilmektedir. Çoğunlukla iç ortamdaki UOB derişimi dış ortamdakinden birkaç kat fazla çıkmaktadır [20, 62, 68, 70].

Sürekli maruz kaldığımız uçucu bileşikler, insan sağlığını olumsuz yönde etkilemektedir. UOB derişimi kanserojen etkiye sahip olmakla beraber astım hastalarında krizlere, deride kızarıklık, tümör, sinir hastalıkları ve solunum yollarında tahrişlere sebep olmaktadır. Ayrıca bitkinlik, hasta bina sendromuna benzer bellek yetersizliği, depresyon ve üretkenlikte bozulmalar görülmektedir. Semptomlar ortamdan ayrıldıktan sonra da belli bir süre görülebilmekte ve aynı ortama gelindiğinde tekrar aynı rahatsızlıklar yaşanabilmektedir. Tablo 2.11'de uçucu bileşiklerin ölçülen aralıkları ve insan sağlığı üzerindeki etkisi verilmiştir [20, 66, 68].

Tablo 2.11. Ölçülen UOB aralığı ve insan sağlığına etkileri [66]

Maruz kalınan aralık	Kişilerde görülen rahatsızlıklar
2-3 ppm	Göz, burun ve boğazda tahriş gibi alerjik reaksiyonlar
4-5 ppm	Hafıza kaybı, hapşırma ve cilt kızarıklıkları
10-20 ppm	Solunum güçlükleri ile gözlerde, burun ve boğazda yanma, astım krizleri

Endüstri, kimya ve yapı sektöründe yaygın olarak kullanılan formaldehit karbon, oksijen ve hidrojen atomundan oluşan renksiz, keskin kokulu, uçucu kimyasal bir maddedir. Boyalar, solvent içerikli vernik ve cilalar, döşeme kaplamaları, preslenmiş ahşap ürünler (parçacıklı levhalar, sert ahşap yünü levhalar ve orta yoğunlukta lif levhalar), yonga levha ve kontrplak yapımında kullanılan tutkal, köpük şeklindeki yalıtım malzemeleri, gaz yakıt kullanan aletler ve sigara dumanı ile ortama formaldehit yayılabilmektedir. Özellikle prefabrik yapılarda yaşayan kişiler formaldehite daha fazla

maruz kalmaktadır. WHO'nun belirlediği iç ortamdaki formaldehit sınır değeri 0,065 ppm'dir. 0,1-1,1 ppm arasında mesleki kanser riski artmaktadır. Ayrıca formaldehite maruz kalındığında; kişilerde solunum sistemlerinde tahriş, uyuşukluk, bitkinlik, bellek kayıpları, alerjik hastalıklar ve zehirlenmeler görülmektedir [59, 62, 66, 68].

Hem yapı içinde hem yapı dışında kullanılmaya başlayan pestisitler, kanserojen etkiye sahiptirler. Evlerde ve tarla ya da bahçede haşere, böcek, zararlı bitkileri yok etmek için kullanılmaktadır. Deri ve solunum yoluyla vücuda girmektedir. Zararlı olduğu için kullanımı esnasında talimatlara uyulmalı, genelde yaşam alanlarında değil dış ortam için kullanılmalı, aşırı kullanmaktan kaçınılmalı, kapalı şekilde muhafaza edilmeli ve üretiminde kimyasal olmayan yöntemler geliştirilmelidir. Ayrıca standartlara uygun üretilerek kullanılmalıdır [62].

Pestisitlerin bir türü olan persistanlar, yaşamsal ayrışmaya karşı çok dirençli oldukları için ortamda uzun süre kalırlar. Canlıların hücrelerinde birikerek, besin zincirine katılırlar. Çöp ve atık madde yakımı sırasında havaya karışırlar [20].

Benzen, renksiz, güzel kokulu, sıvı halde olan bir aromatik hidrokarbondur. Plastik, temizlik malzemesi ve tarımsal ilaçların yapımında kullanılan bir çözücüdür. Küçük partiküller salarak solunum yoluyla ciğerlere yapışmaktadır. Yüksek seviyeleri kanserojen etkiye sahip olmakla beraber kan oluşumunu azaltmakta ve sinirsel rahatsızlıklara sebep olmaktadır [27, 71].

UOB'in zararlı etkilerinden kurtulmak için, öncelikle ortamlar yeterli miktarda havalandırılmalıdır. Binanın üretim evrelerinde kullanılan ürünlerinde daha az kimyasal yayan türleri seçilmelidir. Uygulama ve kullanma safhalarında ortama kimyasal salan işlemlerden uzak durulmalıdır. Çocuklar, yaşlılar, hamileler ve evcil hayvanlar zehirli gaz yayan ürünler ile çalışılan ortamlardan uzakta tutulmalıdır. Formaldehit gibi zararlı gazların yapı malzemelerinde kullanımı azaltılmalıdır. Kaplamalarda farklı preslenmiş ahşap kullanılabilir. Ortam nemi ve sıcaklığının gaz salınımını etkilediği göz önünde bulundurulduğunda ortam sıcaklığı normal tutulmalı, aşırı nemi engellemek için nem tutucular kullanılmalı ve mekânlar düzenli olarak havalandırılmalıdır. Doğal havalandırmanın yetersiz olduğu durumlarda mekanik havalandırma ile desteklenmelidir [68].

2.3.2.2. Karbon Oksitler (CO, CO₂)

Karbon içeren kaynakların eksik yanması ve insanların solumasında oksijenin kullanılması ile karbon oksitler oluşmaktadır. Yanma, maddelerin oksijenle hızlı bir şekilde tepkimeye girerek ısı ve yan ürünler çıkardığı kimyasal bir olaydır [22, 23, 24]. Karbon oksitler; zehirli, kokusuz, renksiz, tatsız ve havadan hafif bir gazdır. Karbon oksitler, hem yapı içinden hem de dış ortamdan kaynaklanan kirleticilerdir. Yapı içi kaynaklar, şömineler, ocaklar, bacalar, sigara dumanı, sobalar, taşıt egzozu ve gazlı ısıtıcılardır. Yapı dışındaki kaynaklar ise motorlu taşıtlar ve yangınlar olarak gösterilebilmektedir [35, 27, 68].

Gelişen teknoloji, nüfus artışı, fosil yakıtlara olan talebin artması, volkanik patlamalar ve çıkan orman yangınları ile birlikte havadaki CO₂ miktarı artmaktadır. Bitkiler ve algler, havadaki karbon dioksitin bir kısmını kullanarak dönüştürürler. Kalan karbon dioksit ise atmosfere karışmaktadır. Mikroorganizmalar organik maddeleri ayrıştırırken ve canlılar soluk alıp verme sırasında CO₂ üretmektedir [42, 66, 68].

Sınır değerler aşıldığında kişiler üzerinde çeşitli sağlık problemleri oluşmaktadır. Karbon oksitler solunum yoluyla vücuda girerek kana karışmaktadır. Vücutta parçalanmaz ve yine solunum yoluyla dışarı atılmaktadır. CO, kandaki hemoglobin miktarını büyük ölçüde etkilemektedir. Karbon monoksitin oksijene kıyasla hemoglobin ile bağ kurması 200-300 kat hızlıdır. Bu yüzden kandaki oksijen miktarı azalır ve oksijen açlığı ortaya çıkmaktadır. Bu durum damarlarda daralma, kalp ritminde ve sinir sisteminde bozukluklara sebep olmaktadır [27, 35, 42, 62].

Dış ortamdaki CO₂ oranı 300-400 ppm arasındadır. Ancak günümüzde WHO ve EPA'ya göre ortamın CO₂ oranı maks. 1000 ppm olmalıdır. Kişisel faktörler, kişi sayısı ve yapılan aktivitenin durumuna göre üretilen CO₂ miktarı değişmektedir. Toplu mekânlarda oksijen kullanımı fazla olacağı için ortamın CO₂ miktarı artacaktır ve iç hava kalitesi bozulacaktır. CO₂ artışından ortamın ısı koşulları da etkilenecektir. Soluk alıp verme zorlaşacaktır. Vücut sistemlerinin çalışması için gerekli oksijen miktarı sağlanamadığında aksaklıklar görülmektedir [42, 62].

Sağlıklı bir kişide, CO maruziyeti kalktıktan 3-4 saat sonra hemoglobin üretimi düzene girerek karbon monoksitin yarısı kandan temizlenmektedir. Düşük oranda karbon oksit maruziyeti, yorgunluk, kalp ve göğüs ağrılarına sebep olurken fazla oranda ise görmede azalma, baş dönmesi, baygınlık, denge yitimi, kas krampları, mide

bulantısı, baş dönmesi, iştahsızlık, göz, burun, boğaz ve solunum yollarında tahrişler hatta ileri seviyelerde bilinç kaybı ve ölüm görülmektedir [20, 27, 35, 66, 68, 72].

Ortamdaki karbon oksit miktarını sınır değerlerde tutmak çok önemlidir. Ortamdaki fazla karbon oksitleri engellemek için; soba, ocak ve şömineler kontrol altına alınmalıdır. Gerekli temiz hava bacaları tasarlanmalı ve bacaların temizlik ve bakımı düzenli olarak yapılmalıdır. Ayrıca bacalar açık tutulmalı ve geri duman sızıntısı engellenmelidir. Isıtma tesisatının bakımı yıllık olarak yaptırılmalıdır. Gazla çalışan cihazların ayarları yapılmalıdır. Havalandırma iyi bir şekilde yapılmalıdır. Gerekli olduğunda hava sensörleri kullanılmalıdır. Garajlardaki araçlar çalışır halde bekletilmemelidir. Mümkün oldukça garaj ile yaşam alanı ilişkisi kesilmeli, çalışır haldeki araç egzozundan çıkan gazların yaşam alanına geçişi engellenmelidir. Mümkün olduğu müddetçe taşıt trafiğinden gelecek salınımlardan uzak konumlandırılmalı ve taşıtların filtre ve motorun, bakım ile temizliği düzenli yaptırılmalıdır [27, 42, 61, 68].

2.3.2.3. Sigara Dumanı

Sigara Dumanı; sigara, pipo ve puro gibi tütün türevli malzemenin eksik yanması ile ortama yayılmaktadır. 0,1-0,3 mikron arasındadır. Araştırmalara göre sigara yandığında yaklaşık 4000 çeşit bileşik açığa çıkmaktadır. Açığa çıkan bileşenlerden çoğu kanserojen etkiye sahiptir [42, 62].

Sigaranın insan sağlığı üzerindeki zararları literatürde birçok çalışma ile kanıtlanmıştır. Özellikle kapalı hacimlerde sigara içilmesi, sigara içen kadar içmeyen kişileri de etkilemekte ve hatta bunlar 'pasif içiciler' olarak adlandırılmaktadır. Sigara içilmesiyle ortama yayılan nikotin kişi sağlığını olumsuz etkilediği bilinmektedir. Oluşabilecek rahatsızlıklar; göz, burun, boğaz ve solunum yollarında tahriş, akciğer kanseri, astım, baş ağrısı ve sinirlilik olarak sıralanabilmektedir [35, 66, 73].

İç ortam hava kalitesini korumak için kapalı mekânlara getirilen sigara yasağına daha titiz bir şekilde uyulmalıdır. Özellikle çocuk, bebek, hamileler ve yaşlıların etkilenmesi daha hızlı olacağı için yanlarında içilmemelidir. Yeterli havalandırma yapılmalıdır [42, 39, 64].

2.3.2.4. Kükürt Oksitler (SO_x)

Boğucu, renksiz, asidik ve keskin kokulu ve normalde atmosferde bulunmayan reaktif gazlardır. Havadaki kükürt oksitler (SO_x) içerisinde en önemlisi kükürt dioksittir (SO_2). Fosil yakıtların yanması sırasında, birçok endüstriyel işlem sırasında, termik santraller, endüstriyel kazanlar, alüminyum, bakır, çinko, kurşun gibi madenlerde filizlerin saflaştırılmasında, petrolden mazot elde edilmesi, volkan ve okyanuslar SO_2 kaynağı olarak sıralanabilmektedir. Ortam konfor koşullarından hava akış hızı, nem oranı ve ısıtma türüne bağlı olarak kükürdün ortamdaki konsantrasyonu da değişmektedir. Havadaki SO_2 'nin yaklaşık yarısı doğal emisyonlardan oluşmaktadır. SO_2 oksitlenme ile sülfat ve kükürt trioksite (SO_3) dönüşmektedir [27, 61, 62].

Sağlık etkilerinde şüphesiz en hassas grup çocuk ve yaşlılardır. Astımdan rahatsız olanlara astım krizlerini artırmaktadır. SO_2 ; nefes alıp vermede zorluk, hırıltılı solunum, akciğer yetmezliği ve öksürük gibi hastalıklara sebep olmaktadır. Kükürt, insanların sağlığı üzerinde etkili olmakla beraber bitki ve malzemelerde de etkilidir. Kükürtlü asitler yağmur ve sis ile birleşerek asit yağmurlarına sebep olmaktadır. Taş başta olmak üzere mermer, sıva, kireç gibi yapı malzemelerinde korozyona sebep olmaktadır. Yağlı boyaların kuruma süresini uzatırken boyanın ömrünü de azaltmaktadır. Metal yüzeylerde oksitlenmelerle birlikte aşınmalar oluşmaktadır. Kükürt oranını azaltmak için öncelikle fosil yakıt tüketimi azaltılmalıdır. Endüstriler şehir merkezlerine uzak konumlandırılmalıdır. Alternatif enerji kaynaklarının kullanımı yaygınlaştırılmalıdır [27, 62, 66, 68].

2.3.1.5. Azot Oksitler (NO_x)

Farklı oranlarda azot ve oksijen içeren, radikallerle hızlı bir şekilde tepkimeye giren ve genellikle renksiz, kokusuz ve reaktif bileşenlerdir. Atmosferde bulunan önemli azot oksit bileşikler; azot monoksit (NO), azot dioksit (NO_2) ve diazotoksit (N_2O)'tir [35, 66].

Dış kaynaklar, iç ortam ve insan aktiviteleri sonucu havaya karışmaktadırlar. İç ortam kaynakları gazlı ısıtıcılar, sigara dumanı, kerosen ısıtıcılar iken; dış ortamda taşıtlardan çıkan egzoz dumanı, fosil yakıt kullanımı, elektrik üretimi, endüstriyel işlemler ve organik maddeler azot oksit kaynaklarıdır [20, 35, 62, 68]. İnsanlarda özellikle deri ile ilgili rahatsızlıkların yanı sıra solunum sistemleri üzerinde direkt ya da

dolaylı etkilere neden olmaktadır. NO₂'nin kişi sağlığı üzerindeki etkileri; akut etkiler, akciğer fonksiyonunda bozukluk, savunma mekanizmasında zayıflama, baş ağrısı, kulak enfeksiyonları, göz ve burunda tahriş vb. şekillerde sıralanabilmektedir. Ayrıca atmosferde diğer gazlar ile reaksiyona girebilmektedir. Su ile birleşen NO_x asitleri, bulut içinde tutularak yağış haline gelmektedir. Bu şekilde nitrik asit yağmurlarına sebep olmaktadır. Asit yağmurları sadece insanları değil aynı zamanda bitki ve hayvanları da etkilemektedir. Asitleştirici etkisinden dolayı, toprak ya da sudaki duyarlı ekosisteme zarar verebilmektedir. Ayrıca azot oksitler, besinlerde gereğinden fazla birikmeye sebep olabilmektedir. Besin döngüsü ile zararlı bileşenler, insan vücudunda daha kolay birikmektedir [27, 61, 66, 68].

Dış ortamdaki kirliliği engellemek için fosil yakıt tktmi azaltılmalıdır. İ ortamdaki NO_x derişimini azaltmak için mekânların havalandırılması iyi bir şekilde yapılmalıdır. İç ortamda çalıştırılan gazlı ısıtıcıların bakımları periyodik bir şekilde yapılmalı ve mutlaka fan kullanılmalıdır. Gaz ıkışı olan ısıtıcılardan uzak durulmalıdır. Havalandırma sistemlerinin ve bacaların bakımı ve temizliği düzenli olarak yapılmalıdır. Kapalı mekânlarda çalışır durumda araç bırakılmamalıdır. Düşük emisyonlu cihazlar kullanılmalıdır [42, 62, 66, 68].

2.3.2.6. Ozon (O₃)

 oksijen atomundan oluşan, zehirli, renksiz, kararsız ve çok aktif bir gazdır. Genellikle atmosferin en st katmanında bulunur ve gökyüzünün mavi gözükmesini sağlar. Güneş işınlarını süzme ve absorbe özelliği sayesinde dünyayı güneşten gelen radyoaktif işınlardan korumaktadır. Gün içerisindeki derişimi gün boyunca değişmektedir. Hava kirliliğine bağlı olarak bölgeler arasındaki derişimi de farklılık göstermektedir [20, 35, 62, 68].

şimşek, yıldırım gibi doğal elektriksel olaylar, motorlu taşıtlar, endüstriyel ürünler, parfüm-deodorantlar, termik santraller vb. kaynaklardan atmosfere yayılmaktadır. Ayrıca atmosferde ya da ortamlarda bulunan UOB, yapı malzemeleri ve diğer gazlarla kolayca tepkimeye girebilmektedir. Boya ve kauçuk malzemeleri etkilemektedir. Fotokopi, yazıcı gibi makinelerin ortama ozon yaydığı bilinmektedir [20, 35, 62, 68].

Dünyadaki ozon dengesi son zamanlarda bozulmuştur. Ozon tabakasındaki incelme yahut ozon miktarının yüksek olması zararlıdır. EPA'ya göre ozon limit sınırı 0,05 ppm'dir [19]. Dengesiz ozon derişimlerinde insanlarda; cilt kanseri riski artmakta, göz ve solunum yollarında tahrişler meydana gelmektedir. Hatta ozon konsantresinin çok az ya da çok fazla olması ölümlere bile sebep vermektedir [62, 66, 68].

Ozon dengesini korumak için kaynaklar iyi tespit edilerek gerekli önlemler alınmalıdır. Özellikle taşıt trafiğindeki motorlu araçların egzoz dumanlarına dikkat edilmelidir. Ayrıca konutlar ve sanayi bölgelerinden sızan gazlar kontrol altına alınmalıdır [68].

2.3.2.7. PVC

Dünyada en sık kullanılan plastik, polivinil klorür (PVC)'dür. Ucuz, esnek, kolay monte edilebilir ve temizliği kolay bir malzemedir. Büyük bir dirence sahip olması nedeniyle birçok kimyasal ve asitten etkilenmezler. Üretim sürecinin başında klor oluşur, daha sonra etilen diklorür üretilir, sonra da vinil klorür oluşturulur. Vinil klorür, renksiz ve hoş kokulu bir gazdır. VC; 40-70°C sıcaklık ve basınç altında PVC'ye dönüşmektedir [74].

Özellikle kimya endüstrisi ve yapı sektöründe kullanılan en değerli ürünlerden biridir. Ucuz oluşu sayesinde pazar payı hızla artmaktadır. Tek başına kullanılabildiği gibi diğer yapı elemanları ile birleştirilerek kompozit eleman olarak da kullanılmaktadır. Geri dönüşümü çok zordur ve pratikte hemen hemen gerçekleşmemektedir. Tek başına mamul haline getirilmesi zordur, bu sebeple kurşun, kadmiyum, klorlu parafinler gibi diğer katkı maddeleri ile bir arada kullanılmaktadır [75].

Yapı sektöründe; kapı-pencere profilleri, elektrik kabloları, boru, film, folyo, kaplama ve döşeme kaplama malzemesi olarak kullanılmaktadır [74, 75].

Literatürde PVC ile ilgili fazla çalışma bulunmamakla birlikte insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkileri olduğu bilinmektedir. PVC üretiminde cıva kullanılmaktadır ki bu da besin zincirini zehirlemektedir. PVC yangınlar sırasında son derece toksik maddeler yaydığı için tehlike oluşturabilmektedir. Dolaşım, hematolojik, üreme ve sindirim sistemlerinde tahribatlara ve solunum yolu hastalıklarına sebep olmaktadır. Uçucu oldukları için en önce ve en sık solunum yolları etkilenmektedir. Karaciğer, akciğer, prostat ve kemik kanserine neden olmaktadır ve her türlü kanser riskini de

artırmaktadır. Cilt ve gözle teması da zararlı olabilmektedir ve toksik etkileri mevcuttur [74, 75].

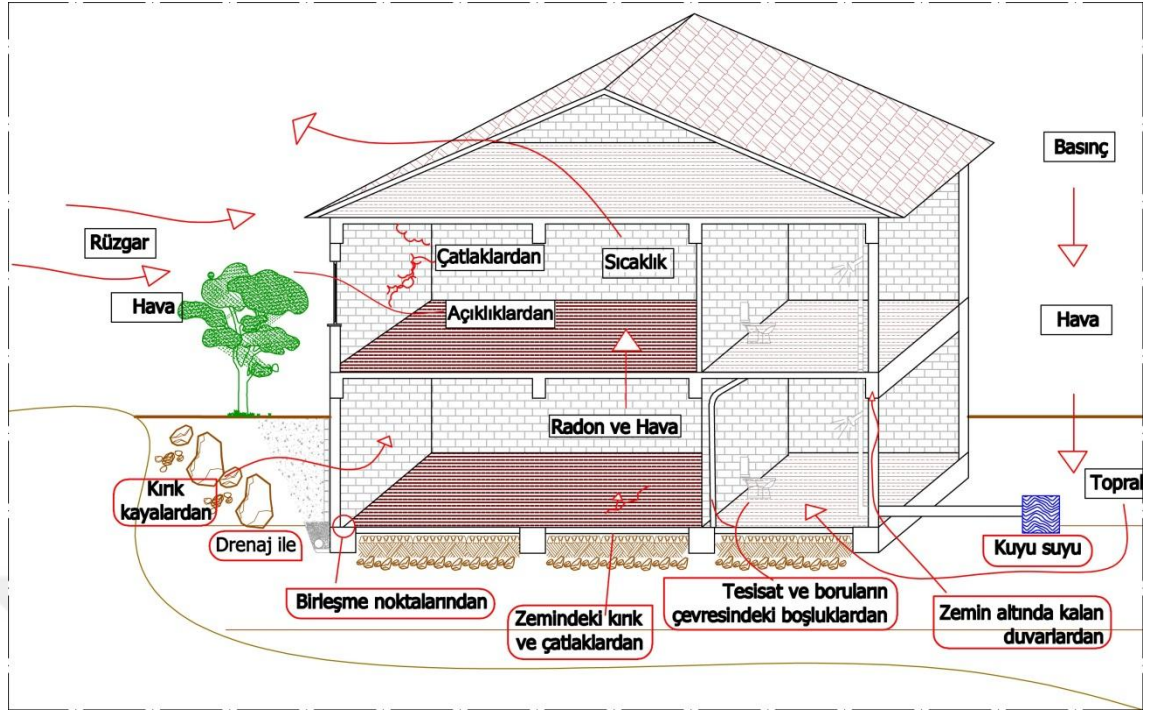
İlk kez 1975 yılında Amerikan Ulusal İşçi Sağlığı ve Güvenliği Merkezi (NIOSH), PVC üretimi, taşınımı, paketlenmesi ve kullanılması esnasında PVC tozuna karşı önlemler alınmasının gerektiğine işaret etmiştir. OSHA'ya göre; 8 saatlik çalışma sürecinde toplam PVC toz miktarı 15 mg/m^3 iken, solunabilir PVC toz konsantrasyonu ise 5 mg/m^3 'den düşük olmalıdır [74, 75].

Zararlarından dolayı, PVC üretimi birçok ülkede terk edilmektedir. PVC ve klorlu ürünlerin üretiminden uzak durulmalıdır. PVC'ye oranla çevreyi daha az kirleten ürünler tercih edilmelidir. Bu alternatif ürünlerin talebi arttıkça PVC pazar payı düşecek ve alternatiflerinin fiyatları azalacaktır [75].

2.3.2.8. Radon

Uranyumun birçok defa bozulması ile oluşan Radyum-226'nın bozulmasından oluşan, doğrudan mineral içerikli, suda çözünen, renksiz, kokusuz ve tatsız bir radyoaktif gazdır [25]. Ölçü birimi bekerel (Bq) 'dir. Dolayısıyla duyu organlarının algılanması çok zordur. Genellikle dedektörler ile ölçülmektedir. Kendisi etkisiz ve zararsız iken yan ürünleri zararlı ve tehlikelidir. Diğer parçacıklara tutunarak aerosolleri oluşturmaktadırlar [35, 42, 62, 68].

Toprağın içinde ya da yeraltı sularında bulunan radon gazı, yapı temelleri, duvar ve döşemelerden iç ortamlara yayılmaktadır. Ayrıca bina çatlakları, kanalizasyon, tesisat şaftları, havalandırma bacaları ve drenaj açıklıklarından da binaya girmektedir [62, 76]. Aşağıdaki Şekil 2.12'de bina içerisine radon gazının girme şekilleri gösterilmiştir.



Şekil 2.12. Radon Gazının Bina İçerisine Sızması

Bazı yapı ürünleri de radon derişimini etkilemektedir. Özellikle taş, kum, çimento, beton, tuğla, alçı gibi toprak kaynaklı yapı ürünleri bünyesinde radon bulundurmaktadır. Kalay ve bakır gibi yapı malzemelerinin radon oranı yüksektir. Boyalar, beton bloklar, alçı malzemeler, ahşap kaplamalar, plastikler ve kâğıtlar da iç ortamdaki radon kaynaklarıdır. Radon yan ürünleri solunum yollarına yapışarak akciğerlerde birikerek kansere sebep olabilmektedir. Ayrıca lenf ve alyuvarlara da zarar vermektedir [35, 62, 77, 78].

Kapalı hacimlerde radon yoğunluğu; radon seviyesine, kullanılan ürün miktarına, havalandırma miktarına, yapıyı saran topraktaki radon miktarına, içeri sızmasına fırsat veren giriş noktalarına ve mekânın boyutuna bağlıdır. Ayrıca radon yoğunluğu katsayısı ülkeden ülkeye farklılık göstermektedir. Aşağıda Tablo 2.12'de ülkelere göre bazı yapı malzemelerinin radon katsayıları verilmiştir. Yapı dışında radon seviyesi 5-15 Bq/mm³ iken ev içindeki değerleri Tablo 2.13'de gösterilmiştir [35, 42, 62, 77].

Tablo 2.12. Bazı yapı malzemelerinin bazı ülkelere göre radon oluşum katsayıları ve radyoaktivite yoğunlukları [77]

Yapı Ürünü	Radon oluşum katsayısı	Ülke	²²⁶ Ra'nın ortalama radyoaktivite yoğunluğu (Bq*/kg)
Beton	0,1-0,4	Almanya	66,6
		İngiltere	74
		Rusya	33,3-74
		İsveç	48,1-1.494,8
Tuğla	0,02-0,1	Almanya	96,2
		İngiltere	51,8
		Rusya	55,5
		İsveç	96,2
Çimento	0,02-0,05	İngiltere	44,4
		Rusya	44,4
		İsveç	55,5
Alçıtaşı	0,03-0,2	Almanya	<18,5
		İngiltere	22,2
		Rusya	9,3
		İsveç	3,3
Granit	-	Almanya	96,2
		Rusya	111
		İngiltere	88,8

Tablo 2.13. Bazı yapı malzemelerinin bazı ülkelere göre radon katsayıları [76, 77]

Kurumlar	Yapı içi Radon sınır seviyeleri
WHO	200-400 Bq/mm ³
İngiltere	200 Bq/mm ³
Avrupa ülkeleri	400 Bq/mm ³
Kanada	800 Bq/mm ³
Uluslararası Atom Enerji Ajansı Temel Güvenlik Standartları (IAEA-BSS)	200-600 Bq/mm ³
ASHRAE (Amerikan Isıtma, Soğutma ve Havalandırma Mühendisleri Birliği)	37 Bq/m ³
ICRP (Uluslararası Radyasyon Korunması Örgütü)	200 Bq/m ³
EPA (Çevresel Koruma Örgütü)	148 Bq/m ³
Fennos Candian (Danimarka, Finlandiya, İzlanda, Norveç, İsveç)	96,4 Bq/m ³
Türkiye Atom Enerjisi Kurumu Radyasyon Güvenliği Yönetmeliği	400 Bq/mm ³

Yeterli havalandırma ile yapı içerisindeki fazla radon miktarı azaltılabilmektedir. Yapıda kullanılacak ürünlerin radyoaktivite değerleri analiz edilmelidir. Yüksek radyoaktiviteye sahip yapı ürünleri yapılarda kullanılmamalıdır. Granit gibi yüksek radon gazı içeren yapı elemanları iç mekânlarda ve hastane, okul, kreş gibi hassas kullanım alanlarında tercih edilmemelidir. Özellikle yapının toprak ile temas eden kısımları iyi yalıtılmalıdır [68, 79].

2.3.3. Parçacık ve Lifler

Parçacık ve lifler sınıfına; asbest gibi çeşitli yapı malzemelerinin lifleri, kurşun, toz ve partiküller girmektedir [68].

2.3.3.1. Lifler

Lif; maddeleri oluşturan ipliksi yapılardır. Son zamanlarda inşaat sektöründe, doğal ve yapay yollarla oluşturulan lifler bağlayıcı maddelerle birleştirilerek kompozit malzeme üretimi yaygınlaşmaktadır. Yapılarda ısı yalıtımında kullanılan cam yünü, taş yünü ve seramik yünleri lifli malzemelerdendir. Ayrıca yapı içinde kaplama malzemesi olarak kullanılan halılar da liflere sahiptir. Yapı içinde kullanılan lifli malzemeler zamanla ortama lif parçacıklarını bırakmaktadır. Ayrıca bina yapım aşamasında ya da tadilatlarda kesme, zımparalama gibi işlemler ile de ortama yayılmaktadır [68].

Özellikle konut ve ofislerde, yer kaplamalarında halı kullanımı yaygındır. Hava yoluyla yayılan gürültüleri yutucu özelliğinden dolayı ses yalıtımını da sağlayan bir zemin kaplaması olarak tercih edilmektedir. Milyonlarca iplikten oluşan halı ve kilimler, çöken partikül maddeleri ve tozları toplamaktadır. Ayrıca yapımında kullanılan plastik esaslı maddeler ortama kimyasal salmaktadır. Yapıştırma esnasında kullanılan yapıştırıcı ve solventler de iç ortam havasını kirletmektedir. Leke, küf, nem ve statik elektrik gibi etkenlerin oluşumunu engelleyen türde halı malzemesi seçilmelidir. Anti bakteriyel olarak akrilik halılar tercih edilmelidir. Oluşabilecek kazalar hesaba katılarak kolay tutuşmayan özellikte malzemelerin seçimine özen gösterilmelidir.

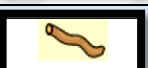
Havaya yayılan lifler kişilerin solunum yollarına yapışarak çeşitli hastalıklara sebep olmaktadır. Havadaki lif oranını azaltmak için yapım aşamasında kullanılan malzemeler kapalı alan dışında işlenmeli ve iç ortamlar yeterince havalandırılmalıdır.

2.3.3.2. Toz ve partikül maddeler

Partiküler madde (PM) havada asılı bulunan katı ve sıvı haldeki asitler, organik kimyasallar, metaller, toprak, toz, kurum, duman ve is gibi küçük parçacık ve damlacıklardan oluşan karışımlardır. Partiküllere 'Aerosol' de denilmektedir [27]. Parçacıkların boyutlarının ölçümünde mikron (μ) birimi kullanılır (1 milimetre = 1000 mikron). Parçacıklar, sayısı, çapı, şekli, içeriği, suda çözünebilmesi, koyuluğu, sağlık etkileri ve oluşum kaynaklarına göre farklılık göstermektedir. Ağırlıklarına göre kimi

atmosfere karışarak hareket ederken kimisi de hızla çökmektedir. Genellikle parçacıkların büyüklüğüne göre sıralandığı görülmektedir. 0,5 μm den küçük olan partiküllerin havadaki hareketleri difüzyon ile gerçekleşirken çapı 0,5 μm 'den büyük olan partiküller çökelme şeklinde olmaktadır [66]. 50 μm 'den büyük olan partiküller çıplak gözle görülebilirlerken 0,005 μm 'den küçük olanları elektron mikroskobu ile gözlenebilmektedir. EPA partikülleri şekillerine göre yediye ayırmaktadır. Tablo 2.14'de şekillerine göre partiküller verilmiştir [61, 66, 68].

Tablo 2.14. EPA'ya göre partikül şekilleri [66]

Partikül Şekilleri	Partikül İsimleri
	Küre Şekli (Solid sphere)
	Boş Küresel Kabuğu (Hollow sphere)
	Düzensiz Şekildeki Partikül (Solid irregular)
	Kabuk (Flake)
	İplik (Fiber)
	Yoğunlaşmış Flok (Condensation floc)
	Küme (Aggregate)

Partikül madde çapı küçüldükçe sağlık üzerindeki olumsuz etkisi artmaktadır. Tablo 2.15'de EPA'nın boyutlarına göre partikül madde ayrımı ve sağlık üzerine etkileri aynı tabloda verilmiştir [27, 61, 68].

Tablo 2.15. EPA'ya göre partikül madde boyutları ve sağlık üzerine etkileri [35, 68]

Parçacık Adı		Parçacık Özelliği	Parçacık Boyutu	Sağlık Üzerine Etkileri
TAP (Toplam asılı partikül)		Çapları 30 mikrona kadar olanlar dâhil tüm asılı partiküller	<30 µ	-Büyük partiküller, insan vücudunun doğal savunma mekanizması tarafından uzaklaştırılır.
PM ₁₀	Büyük ya da kaba parçacıklar	-Toz, toprak ve yer kabuğuna ait diğer materyallerden, trafiğe açık yollardan, tarım, madencilik aktiviteleri, fırtınalar ya da volkanik aktiviteler sırasında havaya karışarak asılı hale gelirler. -İçerisinde aynı zamanda deniz tuzu, polenler, küfler, sporlar ve diğer biyolojik materyaller bulunmaktadır. -Çapları 20 µm'den iri olan tozlar çökme ile havadan ayrılırlar. -Yağış olayını başlatmakta rol oynarlar.	>10 µ	-Üst solunum yolunda ayrılır ve tutulur. -Solunum sistemine girmez. -Burun içinde tutulur.
PM ₅	İnce partiküller	-Temel olarak yanma süreci sonrası örneğin; araçların benzin ya da dizel yakıtlarından, orman yangınlarından, kömürle çalışan enerji santrallerinden ve başta dökümhaneler, çimento fabrikalarından kâğıt-çelik imalathanelerinden çıkan emisyonlarla çevre havasına karışırlar. -İnce partiküllerin yapısında ayrıca dönüşüm ürünleri -örneğin; temel olarak sülfür ve NOx emisyonlarından ya da ikincil olarak UOB'lerin emisyonlarından kaynaklanan organik aerosollerden oluşmuş sülfat ve nitrat partiküllerde bulunmaktadır.	5-10 µ	-Üst ve alt solunum yollarında tutulur. -Boğazda tutulur
PM _{2,5}			< 5 µ	-Solunum yollarından bronşlara ilerler. -Nefes borusu ve ön bronşta tutulur. -Dizel dumanı gibi bazı küçük partiküller karsinojenik olabilir. -Akciğere kadar ulaşır. -Bazıları kana karışabilir.
			> 2,5 µ	-Genellikle üst solunum yollarında uzaklaştırılır. -Orta kısımdaki bronşlarda tutulur.
			< 2,5 µ	-Akciğerde tutunma olasılığı yüksektir
			1-2 µ	-Alveollere tutunurlar. -En uç bronşlarda tutulur.
PM ₁	Ultra ince ya da ultrafine (UF) partiküller	-Taşıt motorlarındaki yanma ya da atmosferdeki fotokimyasal reaksiyonlar sonucu gelişmektedir. -Primer UF partiküllerin ömürleri dakikalar ila saatler arasındadır. -Koagülasyon ya da kondansasyon aracılığıyla hızla büyüyerek PM _{2,5} düzeyindeki daha büyük partikül çapına ulaşırlar. -Ana trafik arterlerinde UF partiküllerin varlığı taze egzoz dumanı maruziyetinin bir belirtici olarak kabul edilmektedir.	0,1-1	-Akciğerin derinlerine kadar ilerleyebilirler. -Akciğer alveollerinde tutulurlar.

Tablo 2.15'in devamı [35, 68]

Parçacık Adı	Parçacık Özelliği	Parçacık Boyutu	Sağlık Üzerine Etkileri
Yoğunlama ile Oluşan Partiküller (Nanopartiküller)	-Nanopartiküller de aslında ultrafinpartiküllerle aynı büyüklükteki (1-100 nm) parçacıkları içermekle birlikte çevre havasında bulunan partiküllerden ziyade teknolojik olarak üretilen materyalleri tanımlamak için kullanılan bir terimdir.	1-100 nm	-

Toz; havada asılı kalabilen 100 µm küçük parçacıklardır. 10-20 µm arası kaba toz olarak ifade edilmektedir. Doğal yollardan ya da canlı ve yapı aktiviteleri sonucu oluşan toz; insan, bitki ve hayvan sağlığına olumsuz etki yapan bir kirliliktir [27, 35, 68]. Duman; eksik yanma sonucu ortaya çıkan, karbon ve diğer gazları içeren 1 µm'dan küçük parçacıklardır. Dumanın içinde bulunan çinko, amonyak ve sülfatlı bileşikler insan sağlığı için zararlıdır. İs; karbonlu bileşiklerin eksik yanma esnasında katran ile yapışarak bir arada tutulan 0,5 µm'dan küçük parçacıklarıdır. Uçucu kül ise; katı yakıt yakılmasında içinde yanan yakıtların gazlarını bulunduran 1-200 µm büyüklüğündeki küllerdir [27].

Atmosferdeki PM kaynakları; toprak, deniz, orman ve volkan yüzeyleri, insan faaliyetleri, fosil yakıt tüketimi, dizel motorlar, bitki polenleri ve tozlardır. Ayrıca inşaat faaliyetleri, endüstriyel işlemler ve enerji santralleri de atmosfere belirli oranlarda PM çıkarmaktadır [20, 66].

Yapı içindeki parçacıkların büyük çoğunluğu çok küçüktür ve çıplak gözle ayırt edilememektedir. Havada asılı PM tutunan zararlı mikroorganizmalar insan sağlığını tehdit etmektedir. Çocuklar, yaşlı ve hastaların vücutları, dış şartlara karşı daha hassastır. Tozlara çok fazla maruz kalındığında akciğer hastalıkları, pnömokonyoz, solunum yollarında rahatsızlıklar, alerjik problemler ve cilt sorunları görülebilmektedir. Tozlar akciğerlere yapışarak daha çabuk kana geçmektedirler. Kana karışan bu zararlı maddeler kişinin dolaşım sistemini zayıflatmaktadır. İçerisinde bulunan zehirli gazların ve organik kimyasalların, kanser yapıcı etkisi olabilmektedir. PM akciğerdeki su buharı ile birleşerek aside dönüşebilmektedir. Akciğere ulaşan PM'ler kanın içindeki karbondioksitin oksijene dönüşmesini yavaşlatarak kalbin daha hızlı çalışmasına neden olmaktadır [27, 35, 68].

2.3.3.3. Asbestler

Doğal olarak oluşan, işlendiğinde ince ve esnek liflere ayrılabilen silisli mineral gruplarından oluşmaktadır. Esnek lifli yapısı sayesinde ısı geçirgenliği azdır ve ısıya dayanıklıdır. Ayrıca kimyasallara ve yüksek gerilime de karşı direnç göstermektedir. Bu yüzden inşaat sektöründe bazı boyalarda, sıva ve döşeme kaplamalarında, ısı yalıtımında ve sürtünmeyi azaltmak için yaygın olarak kullanılmaktadır [35, 62, 66, 68].

İnsan sağlığı üzerindeki etkileri ise; bir çeşit akciğer hastalığı olan fibröz ve akciğer kanseridir. Asbestle çalışan kişilerde meslek hastalığı olarak da bilinmektedir. Üretim, işleme, yapım ve yıkım safhalarının hepsinde asbeste maruz kalınmaktadır. Öncelikle göz ve deride tahrişler görülebilmektedir. Sigaranın içinde olduğu da çeşitli çalışmalarda kanıtlanmıştır. Havaya yayılan asbest lifleri yemek borusu vasıtasıyla mide ve bağırsaklarda da kansere sebebiyet vermektedir [20, 66, 68].

Birçok ülkede asbest kullanımı yasaklanmıştır. İzin verilen maks. asbest konsantrasyonu 1 lif/cm³tür [62]. Özellikle kırsal kesimlerde kullanılan sıvada asbest içeriğinin yüksek olduğu bilinmektedir. Kullanılan malzemelerin bakımı ve temizliği yapılmalıdır, aksi takdirde zarar gören, eskiyen ya da deforme olan malzemeden iç ortama asbest lifleri yayılmaktadır. Bozulan malzemeler yenilenmelidir. Asbest içerikli malzeme kullanımında önlemleri alabilecek eğitilmiş, kalifiyeli eleman kullanılmalıdır.

2.3.3.4. Kurşun (Pb)

Mavimsi veya gümüş grisi renginde yumuşak bir metal türüdür [68, 80]. Kapalı ortamda bulunan en ağır metal kirleticilerdendir. En büyük kaynağı kurşunlu yakıt kullanan taşıtlardır. Bu sebeple birçok ülkede kurşunlu benzin kullanımı yasaklanmıştır. Yapılarda kullanılan kurşunlu boyalar, kurşunlu maddeler ile kaynak yapılması, lehim yapma, eskimiş kurşunlu tesisat boruları, cam boyama vb. durumlar ortamdaki kurşun konsantrasyonunu artırmaktadır. Fotokopi ve yazıcılarda ortama kurşun yaymaktadır. Endüstriyel faaliyetlerde de kurşun oluşumu söz konusudur. Özellikle dökümhanelerin yakınlarında kurşun konsantrasyonu yüksek çıkmaktadır. Çöp yakma alanları ve kurşunlu akü imalatları da diğer kaynaklar arasındadır. Kurşun sadece işlenmiş ürünler ya da aktiviteler sonucu ortaya çıkmaz, çevrede doğal olarak da bulunmaktadır [20, 61, 62, 66, 68].

İçme suyu, gıda ve havadaki tozlar ile birlikte kurşun canlı vücuduna girebilmektedir. Solunum ve sindirimle insan vücuduna giren kurşun, sistemlerin düzgün çalışmasını olumsuz etkilemektedir. Vücutta birikim göstererek zehirli bir etki oluşturmaktadır. İleri düzeyde maruz kalmada koma hatta ölümler görülmektedir. Belli düzeylerde fiziksel zararlara ek olarak davranışsal değişikliklere de sebep olabilmektedir. Tablo 2.16'da kanda bulunan belirli kurşun miktarlarına göre kişi sağlığı üzerinde oluşabilecek etkiler gösterilmektedir [20, 68].

Tablo 2.16. Kandaki kurşun miktarı ve sağlık üzerindeki ilişkisi [62, 68, 80]

Kandaki Miktarı	Sebept Olduğu Etkiler
0,2 µg/ml	Böbrek, kan hücreleri ve merkezi sinir sistemine etki
0,3 µg/ml	Duyu ve motor sinir iletim hızında azalma
0,8 µg/ml	Komaya, hatta ölüm
10 µg/dL	Zihin ve beden gelişiminde zayıflama
1,2 µg/ml	Yetişkinlerde geri dönüşü mümkün olmayan beyin hasarları

Kurşunun sağlık üzerindeki etkileri oldukça tehlikeli olduğu için gerekli tedbirlerin alınması şarttır. Kurşunlu benzin kullanımı birçok ülkede yasaklanmasına rağmen halen bazı ülkelerde kullanılmaktadır. Kapalı garajlarda araçlar çalıştırılmamalıdır. Yapı içinde kurşunsuz yapı malzemeleri seçilmeli ve kurşun bazlı boya kullanımı azaltılmalıdır. Bu malzemeler yerine alternatifleri kullanılmalıdır. Kullanılan mekânlar iyi bir şekilde havalandırılmalıdır. Özellikle daha hassas yapıya sahip olan çocukların oyun alanları tozsuz ve temiz olmalıdır. Aynı şekilde kreş, hastane ve bakım evlerinde kurşun içerikli yapı elemanları kullanılmamalıdır. Kurşun içerikli malzemeler ile temas engellenmelidir [62, 68].

2.4. İç Ortam Konfor Koşulları İle İlgili Yasal Düzenlemeler

İç ortam konfor şartlarının düzenlenmesi, iç hava kalitesinin belirlenmesi ve kirleticilerin insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkilerinin önlenmesinde birçok yasal düzenlemeler belirleyici rol oynamaktadır. Farklı kurum ve örgütler tarafından oluşturulan ve sınır değerlerin belirlenmesini sağlayan standart ve yönetmelikler her alanda olduğu gibi iç hava kalitesinin belirlenmesinde de öncelikli olarak ele alınmalıdır. Çalışmanın bu bölümünde de öncelikle Dünyada ve Türkiye'de yürürlükte olan standart ve yönetmelikler ile belirlenen sınır değerlerine yer verilmektedir.

2.4.1. Uluslararası Düzenlemeler

Konfor koşulları ve iç hava kalitesine dair ilk çalışmalar, 19. yüzyılda kişi başına düşen taze hava miktarının belirlenmesiyle birlikte başlamıştır. Yapılan araştırmalarda önce insan metabolizmasının ihtiyaç duyduğu taze hava miktarı, ardından yapılar için gerekli hava miktarı belirlenmiştir. 19. yüzyıldan önce enerji kaynaklarına kolay ulaşım ve ucuz enerji nedeniyle İHK ikinci plana atılmıştır. 19. yüzyılın ikinci yarısında enerji krizi ile birlikte İHK ile ilgili araştırmalar hız kazanmıştır. İHK konusunda ASHRAE, EPA, OSHA, DIN, ISO gibi kuruluşlar çalışmalar yaparak önemli bilgiler kaydetmişlerdir. Ülkeler kendi iklim ve sosyolojik özelliklerine göre limit değerlerini belirlemişlerdir.

Uluslararası nitelikteki standart ve düzenlemelerden birkaçı aşağıda incelenmektedir. Ayrıca bazı ülkeler anlık veya günlük veriler ile tahmini haritalar oluşturmaktadır. Örneğin Amerika'da; fiziki haritalarda EPA'nın verilerinden yararlanarak, PM ve O₃ konsantrasyonlarına göre mevcut ve tahmini iç hava kalitesi tahminleri 5 farklı derece ile ölçeklendirilmektedir [81].

➤ ASHRAE Standartları

1954 yılına kadar Amerikan Isıtma Derneği ve Havalandırma Mühendisleri olarak bilinen (ASHVE); adını ASHRAE olarak değiştirmiştir. Amerika'ya ait olmasına rağmen uluslararası bazda etkili bir örgüttür. ASHRAE, ulusal ve uluslararası üyelerin katılımı ve ilgili toplum ve kamu kuruluşlarının incelemeleriyle birlikte İHK ile ilgili önemli standartlar oluşturmuştur. Standartlar, özel olarak görevlendirilen Proje Komitesi tarafından hazırlanmaktadır. HVAC uygulamaları, sistem özellikleri, kirletici konsantrasyon değerleri, kabul edilebilir iç hava değerleri, İHK kılavuz ve danışmanlık gibi konularda çalışmalar yürütmektedir. İHK hakkında en çok kullanılan ASHRAE 55 ve ASHRAE 62 standartlarıdır.

ASHRAE 55 Standardı (Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy/Kullanıcılar için ısı çevre koşulları)'nda ortam kullanıcıları için gerekli ısı konfor şartları verilmektedir. 1992'de yayınlanan standart birkaç kez revize edilmiştir. Isıl konforu etkileyen parametreler; metabolizma hızı, giysilerin yalıtımı, hava sıcaklığı, radyan sıcaklık, hava hızı ve bağıl nem olarak 6 parametre olarak sıralanmaktadır. Kullanıcıların metabolik hızları ve ihtiyaç duydukları ısı hakkında bilgi verilmektedir.

Yapılan aktivite ve ihtiyaç duyulan ısı arasındaki ilişki açıklanmaktadır. Ayrıca kullanıcıların üzerindeki giysi yalıtım katsayılarının da ısı konfor koşullarının sağlanmasında önemli olduğuna vurgu yapılmaktadır. Giysi yalıtım değerlerinin hesaplama yöntemleri verilmektedir. Yapılan revizyonlarda PMV ve PPD hesap yöntemleri de standarda eklenmiştir. Kapalı ortamdaki kullanıcılar için, hem çevresel ısı faktör hem de kişisel faktör kombinasyonu belirtilmektedir [82].

ASHRAE 62 Standardı (Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality/Kabul edilebilir İç Hava Kalitesi için Havalandırma)'nda; ilk kez 2003'de yayınlanan standardın 2. versiyonu 2007'de yayınlanmıştır. 2010 yılında son halini almakta olup her 3 yılda bir revize edilmektedir. Standartta, ETS (Environmental Tobacco Smoke/Çevresel Tütün Dumanı) kavramına yer verilmektedir. ETS genel olarak sigara dumanına denir ve ayrıca bu tanım esrar, kontrollü maddeler ve elektronik sigara cihazları tarafından üretilen emisyonların yanma ürünlerini de içermektedir. Sigara dumanı ele alınarak sigara içilen ortamın taze hava miktarı daha fazla tutulmaktadır. Buna göre sigara içmeyenler için 2,5 L/s, içenler içinse bunun 4 katı yani 10 L/s taze hava öngörülmektedir. Ancak bu durum birçok olumsuz tepki almıştır. Çünkü sigara içilen yapılarda gerekli havalandırma için oluşacak maliyet, sigara içilmeyen yapılardan 4 kat fazla demektir. Son olarak 'Kabul edilebilir taze havanın, mekânda bulunan insanların %80'inin memnuniyetsizlik belirtmeyeceği miktar' olarak kabul edilmiştir. Memnuniyetsizlik oranı, mekândaki insanların %20'sine denk gelmektedir [83].

Standart, kirliliği en aza indirmek için yararlanılacak sistem ayarlarını ve kontrolünü içermektedir. Mükemmel bir hava kalitesinin ulaşamayacak kadar pahalı ve aynı zamanda yetersiz bir havalandırmanın da sağlıksız oluşuna vurgu yapılarak, uygun bir havalandırma için gerekli koşullar tablolar halinde verilmektedir. Havalandırma sistemlerinde hava akış hızı, hava debisi ve kirleticiler hakkında bilgi verilmektedir. Kirleticilerin yapı içine giriş noktaları ve kullanılan mekanik sistem elemanlarının bakımının sağlık açısından uygun hale getirilmesi için alınabilecek önlemler açıklanmaktadır. Ayrıca havadaki partikül boyutuna dikkat çekilerek, partikül boyutuna uygun filtre ve toz tutucuların seçilmesi gerektiğine değinilmektedir [83].

Binanın fonksiyonuna bağlı olarak belirli alanlar için minimum zorunluluklar getirilmiştir. Yoğun kullanımlı alanlar, özel alanlar ya da çocuk ve yaşlı gibi hassas kullanıcıya sahip yapılar için gerekli havalandırma ölçütleri farklılık göstermektedir.

Standartta birçok tablo yardımıyla limit değerler verilmektedir. Ayrıca dış havadaki kirlenici miktarları, İHK sınıfları ve hissedilen hava kalitelerine de değinilmektedir. ASHRAE'nin 62-2010 Standardı iç hava sınıflarını dört ana gruba ayırmış olup Tablo 2.17'de gösterilmiştir [42, 83, 84]. Tablo 2.18'de yapı iç ortamında hissedilen hava kalitesi kategorileri, gerekli havalandırma debisi ve dış hava seviyeleri verilmektedir. Tablo 2.19'de farklı tip ortamlar için tasarım kriterleri verilirken, Tablo 2.20 ise kirlilik yükünü açıklamaktadır. Ayrıca Tablo 2.21'de minimum dış hava konsantrasyon miktarları verilmektedir [42, 83].

Tablo 2.17. ASHRAE Standart 62.1-2010 standardına göre iç hava kalitesi [42, 83]

Hava sınıfı	Açıklama	Kullanım durumu
1. sınıf	Kirlilik seviyesi çok az ve zararsız koku bulunduran ortam havası	Herhangi bir işlem gerektirmez
2. sınıf	Az miktarda PM ve koku bulunduran ortam havası	İsteğe bağlı olarak herhangi bir işlem gerekmez
3. sınıf	Etkili miktarda PM ve koku bulunduran ortam havası	İşlem gerekmeden kendi ortamında kullanılabilir, sirküle edilebilir
4. sınıf	Tehlike miktarda PM, gaz, biyoaerosol bulunan kirli hava	Kesinlikle kullanılmamalı, ortamdaki hava başka bir yere sirküle edilmemelidir.

Tablo 2.18. Bina içi ortamda hissedilen hava kalitesi kategorileri, dış hava seviyeleri ve gerekli havalandırma debisi [42, 84]

Kategoriler		A	B	C
Memnun Edilemeyen (%)		15	20	30
Hissedilen Hava Kalitesi	Açıklama	Mükemmel	İyi hava kalitesine sahip şehirler	Kötü hava kalitesine sahip şehirler
	dp	1,0	1,4	2,5
Hava Kirlleticileri	CO ₂ mg/m ³	680	700	700-800
	CO mg/m ³	0-0,2	1-2	4-6
	NO ₂ mg/m ³	2	5-20	50-80
	SO ₂ mg/m ³	1	5-20	50-80
	PM mg/m ³	<30	40-70	>100
Gerekli Havalandırma Debisi (l/s.m ²)	Sigara İçilmez	10	7	4
	%20 İçici	20	14	8
	%40 İçici	30	21	12
	%100 İçici	30	21	12

Tablo 2.19. Farklı Tip Ortamlar İçin Tasarım Kriterleri [42, 83]

Yapı Tipi	Aktivite Düzeyi (met)	İHK Kategorisi	Etken Sıcaklık (°C)		En Yüksek Ort. Hava Akış Hızı (m/sn)		Ses Basıncı [dB(A)]	Havalandırma Debisi (l/s.m ²)	
			Soğutma Mevsimi	Isıtma Mevsimi	Soğutma Mevsimi	Isıtma Mevsimi		Sigara İçilmeyen Ortam	Sigara İçilen Ortam
Tek Ofis	0,1	A	24,5610	22,0610	0,18	0,15	30	2,0	-
		B	24,5615	22,0620	0,22	0,18	35	1,4	-
Manzaralı Ofis	1,2	A	24,5610	22,0610	0,18	0,15	30	6,0	5,0
		B	24,5615	22,0620	0,22	0,18	35	4,2	3,6
Konferans Salonu	1,2	A	24,5610	22,0610	0,18	0,15	30	16	-
		B	24,5615	22,0620	0,22	0,18	33	11,2	-
Toplantı Salonu	1,2	A	24,5610	22,0610	0,18	0,15	30	6,0	-
		B	24,5615	22,0620	0,22	0,18	35	4,2	-
Sınıf	1,2	A	24,5600	22,0610	0,18	0,15	30	7,1	-
		B	24,5615	22,0620	0,22	0,18	40	2,8	-
Ana Okulu	1,4	A	24,5610	22,0610	0,16	0,13	30	7,1	-
		B	24,5620	22,0625	0,20	0,16	40	4,9	-
Kafeterya Restoran	1,2	A	24,5610	22,0610	0,18	0,15	35	8,0	-
		B	24,5620	22,0625	0,22	0,18	45	5,6	5,0
		C	24,5625	22,0635	0,25	0,21	50	3,2	2,8

Tablo 2.20. Kullanıcı ve yapıların sebep olduğu kirlilik yükü [42, 83]

Kategoriler			Hissedilebilir Kirlilik yükü		CO ₂ l/(hxkişi)	CO l/(hxkişi)	Su buharı g/(hxkişi)
Kullanıcılar	Oturarak 1-1,2 Met	%0 Sigara İçen	1		19	-	50
		%20 Sigara İçen	2		19	11x10 ⁻³	50
		%40 Sigara İçen	3		19	21x10 ⁻³	50
	Fiziksel Egzersiz	Düşük Seviye, 3 Met	4		50	-	200
		Orta Seviye, 6 Met	10		100	-	430
		Yüksek Sev., 10 Met	20		170	-	750
	Çocuklar	3-6 Yaş 2,7 Met	1,2		18	-	90
		14-16 Yaş 1-1,2 Met	1,3		19	-	50
Yapılar			Ort.	Aralık	-		
	Mevcut Yapılar	Ofisler	0,6	0,02-0,95	-	-	-
		Sınıflar	0,3	0,12-0,54	-	-	-
		Ana Okulları	0,4	0,20-0,54	-	-	-
		Toplantı Salonları	0,3	0,13-1,32	-	-	-
	Yeni Binalar (Sigara İçilmeyen)	Düşük-Kirletici Binalar	1,2		-	-	-
		Düşük-Kirletici Olmayan Binalar	0,2		-	-	-

Tablo 2.21. ASHRAE havalandırma için min. dış alan hava şartları [42, 83]

Minimum Dış Hava İhtiyacı				
Uygulama Alanı	Kişi sayısı	Litre/saa t.kişi	Litre/saa t.m ²	Açıklama
Kuru temizleme				
Çamaşırhane	30	18	-	Kuru temizleme işlemleri daha fazla hava gerektirebilir.
Depo	10	13	-	
Ticari çamaşırhane	20	8	-	
Jetonlu çamaşırhane	20	8	-	
Jetonlu kuru temizleme	20	8	-	
Yiyecek-içecek hizmeti				
Lokanta	70	10	-	İlave duman uzaklaştırıcı cihaz gerektirebilir.
Kafeterya, fast food	100	10	-	
Bar, kokteyl salonu	100	15	-	
Garaajlar, tamirhaneler				
		-	-	İnsanlar arasındaki dağıtım çalışma yerleri ve çalışan makinelerin yoğunluğu dikkate alınmalıdır. Motorların çalıştığı standartlar, motor egzozunu dışarı zorlamış olarak atan sistemleri içermelidir. Kirletici sensörleri havalandırmanın kontrolü amacı ile kullanılabilir.
Servis istasyonları		7,5	-	
Kapalı garaajlar		7,5	-	
Otomobil tamirhaneleri				
Alışveriş merkezleri				
Satış (mağaza) katları, bodrum ve zemin	30	-	1.50	Normal olarak transfer havası ile beslenir ve yerel egzoz yapılır.
Üst katlar	20	-	1.00	
Depo odaları	15	-	0.75	
Soyunma odaları	-	-	1.00	
Yürüme alanları	20	-	1.00	
Yükleme ve kabul alanları	10	-	0.75	
Depolar	5	-	0.25	
Sigara odaları	70	30	-	
Özel Dükkânlar				
Berber	25	8	-	Bitki büyümesini en iyi sağlayan hava miktarı, ihtiyacı belirler
Güzellik salonları	25	13	-	
Zayıflama salonu	20	8	-	
Çiçekçi	8	8	-	
Mobilya giyim				
Hırdavat, ilaç	8	8	1.50	
Süpermarket	8	8	-	
Hayvanat	-	-	5.00	
Ofisler				
Ofis alanları	7	10	-	Bazı ofis cihazları yerel egzoz gerektirebilir. İlave duman uzaklaştırıcı cihaz gerekebilir
Kabul alanları	60	8	-	
Haberleşme merkezleri	60	10	-	
Konferans salonları	50	10	-	
Spor ve Eğlence				
Seyir Salonları	150	8	-	Oyun alanlarının bakımı için içten yanmalı motorlu araçlar kullanılıyorsa havalandırma miktarı artırılmalıdır. Nem kontrolü için daha yüksek değerler gerekebilir.
Oyun salonları	70	13	-	
Buz pisti (oyun alanları)	-	-	2.50	
Yüzme havuzları	-	-	2.50	
Oyun katları	30	10	-	
Disko ve balo salonları	100	13	-	
Bowling salonları	70	13	-	

Tablo 2.21'in devamı [42, 83]

Minimum Dış Hava İhtiyacı				
Uygulama Alanları	Kişi sayısı	Litre/saa t.kişi	Litre/saa t.m ²	Açıklama
Oteller, dinlenme yerleri, yurtlar			L/s oda	Odaların boyutlarından bağımsız olarak Kesikli kullanım için tesis edilen kapasite Yiyecek ve içecek, alışveriş, berber ve güzellik salonuna da bakılır.
Yatak odaları	-	-	15	İlave duman uzaklaştırıcı cihaz gerekebilir.
Oturma odaları	-	-	15	
Banyolar	-	-	18	
Lobiler	30	8	-	
Konfederasyon salonları	50	10	-	
Toplantı salonları	120	8	-	
Yurt uyuma alanları	20	8	-	
Kumar salonları	120	15	-	
Halka açık alanlar				Hiç geri dönüşsüz mekanik egzoz tavsiye edilir.
Koridorlar	-	-	0.25	
Genel tuvaletler	-	25	-	
Soyunma odaları	-	-	2.50	
Sigara odaları	70	30	-	Normal olarak transfer havası ile beslenir. Geri dönüş tavsiye edilmez.
Asansörler	-	-	5.0	Normal olarak transfer havası ile beslenir.
Tiyatrolar				Özel sahne efektlerini karşılamak üzere özel havalandırma gerekecektir.
Bilet gişeleri	60	10	-	
Lobiler	150	10	-	
Salon	150	8	-	
Sahne ve stüdyolar	70	8	-	
Taşımacılık				Taşıtlardaki havalandırma özel olarak ele alınmalıdır.
Bekleme salonları	100	8	-	
Platformlar	100	8	-	
Taşıtlar	150	8	-	
İşyerleri				- 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 infiltrasyon yeterli havalandırmayı sağlar. Zorlanmış egzoz ve arzu edilmeyen kirleticilerin kontrolü özellikli olmalı
El işleme	10	8	-	
Fotoğraf stüdyosu	10	8	-	
Karanlık oda	10	-	2.50	
Eczane	20	8	-	
Banka	5	8	-	
Fotokopi ve baskı	-	-	2.50	
Okullar				Laboratuvar da hayvan bulundurulması da dâhil bazı işlemler ve fonksiyonlar için kirletici kontrol sistemleri gerekebilir. Dönüşü olmayan yerel mekanik egzoz tavsiye edilir.
Sınıf	50	8	-	
Laboratuvar	30	10	-	
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	-	
Hastaneler, bakımevleri				Özel şartnameler ve standartlar minimum hava miktarını ve filtre seçimini belirleyebilir. Daha fazla kirletici doğuran işlemler daha yüksek havalandırma miktarları gerektirebilir. Hava başka hacimlere yeniden sirküle edilmeyecektir.
Hasta odaları	10	13	-	
Tıbbi işlem	20	8	-	
Ameliyathane	20	15	-	
Yoğun bakım üniteleri	20	8	-	
Otopsi odası	-	-	2.50	
Fiziksel tedavi	20	8	-	

➤ Avrupa Birliği Standartları (EN)

Avrupa Birliği Standartları (EN), Avrupa Standardizasyon kuruluşları tarafından hazırlanan standartlardır. 1961 yılında Avrupa'daki ulusal standart kuruluşları tarafından kurulan Avrupa Standartlar Komitesi (European Committee for Standardization; CEN), standartların AB düzeyinde uyumlaştırılması amacıyla faaliyette bulunan temel kurum niteliğindedir. 33 ülke standart kuruluşu (28 AB lkesi, 3 EFTA lkesi -İzlanda, Norveç, İsviçre ile Makedonya ve Türkiye) Ulusal Standardizasyon Kurumu'nu içeren bir birlik olup Türkiye 2011 yılında bu komiteye üyelik sağlamıştır. Elektroteknik ve telekomünikasyon alanı dışında kalan tüm ürünler için Avrupa standartlarını hazırlamaktadır. CEN, tüm sektörlerde uyumlaştırılmış AB standartları oluşturarak, ulusal bazda standartların farklılığından kaynaklanan işleyişin olumsuz yönde etkilenmesini engellemektedir. Böylece teknik engellerin kaldırılması sağlanmaktadır.

İHK ile ilgili birçok açıklama, sınır değer ve metotlara yer veren TS gibi standartlarda, EN standartlarına atıf yapılmaktadır. İHK konusunda sabit kaynak emisyonları, ölçüm kılavuzu, kurallar ve deney metotları ile ortam havasının özellikleri, aeorosol, PM, APM, elementel ve organik karbon, iyon, polen izleme, benzen, kükürt oranlarının tayini gibi birçok kirletici için standart yöntemleri verilmektedir [27, 85].

➤ Japon Standartları

Japon Standartları Birliği 1945 yılında kurulmuştur. Endüstriyel Standardizasyon Kanununun 1949'da yürürlüğe girmesiyle beraber günümüzdeki JIS (Japan Industrial Standarts/Japon sanayi standartları/Japon Sanayi Standartları)'nın kuruluşunun temelleri atılmıştır. JIS Standartları ile ilgili rapor ve yazıları, JISC (Japanese Industrial Standards Committee/Japon Sanayi Standartları Komitesi) yürütmektedir.

Japon standart metotları Avrupa birliği standart metotları ile çok benzer niteliktedir. JIS standartları; ilaçlar, tarım kimyasalları, kimyasal gübreler, ipek, gıda maddeleri, tarım ve orman ürünleri hariç endüstriyel ve mineral ürünleri kapsar. Bina panelleri, formaldehit UOB ve aldehit emisyonlarının belirlenmesi, metot ve analizler yer almaktadır [27, 86].

➤ ISO Standardı

ISO (International Organization for Standardization/Uluslararası Standartlar Teşkilâtı), 1946'da Cenevre'de kurulan uluslararası bir kuruluştur. ISO standartları, her beş yılda bir gözden geçirilmekte ve gerekli değişiklikler yapılmaktadır.

Standartlar binaların ve ısıtma, havalandırma ve iklimlendirme sistemlerinin tasarımında kullanılmak üzere tasarlanmaktadır. ISO standartlarında İHK ile ilgili, bina ve çevre tasarımı, kullanıcı kapasitesinin iç hava kalitesi ile ilişkisi, klima sistemleri ve test yöntemleri, yaşam döngüsü boyunca ortama kimyasal gaz salan inşaat malzemelerinin tespit yöntemleri ve iç ortamdaki kokuya ilişkin konularda bilgiler bulunabilmektedir. Standartlar, kapalı ortamda; ısı, akustik, aydınlatma koşulları ve iç mekân hava kalitesi değerlerini içermektedir. Formaldehit gibi uçucu organik bileşikler ve diğer organik maddeler, çevresel tütün dumanı, radon, ozon, karbon monoksit ve azot oksitleri gibi diğer inorganik gazlar, virüs, bakteri ve mantar sporları da dâhil olmak üzere canlı parçacıklar, kene, mantar ve bunların metabolik ürünleri cansız biyolojik kirleticiler, toz veya elyaf gibi canlı olmayan partiküller gibi kendi başına bir sağlık riski olarak kabul edilebilen madde konsantrasyonları hakkında bilgiler vermektedir. Gerekli havalandırma şartları için yerel yaş ortalamalarının belirlenmesini sağlamaktadırlar. Ayrıca UOB dedektörleri gibi test cihazlarının test yöntemlerini de açıklamaktadır [87].

➤ Sertifika Programları

Dünyada gönüllü olarak kullanılan birçok yeşil bina, ekolojik yapı, kaliteli bir iç hava ve yenilenebilirlik tutum sergileyen sertifikalar mevcuttur. Bunlardan en fazla kullanılanlar GBC (Green Building Challenge), LEED (Leadership in Energy and Environmental Design), BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method), GREENSTAR (LEED ve BREEAM kriterleri incelenerek, Avustralya Yeşil Bina Konseyi tarafından oluşturuldu), BEES (Building for Environmental and Economic Sustainability), SBtool (Sustainable Building Tool-Canada), ECO-QUANTUM (Simülasyon bazlı bir model), ECOPROFILE (Var olan ofis binaları için), LCAid (Yaşam döngüsü analizine dayalı) ve CASBEE (Japonların devlet destekli oluşturulan sertifikası) olarak sıralanabilmektedir.

Türkiye için 2007 yılında Çevre Dostu Yeşil Binalar Derneği (ÇEDBİK), LEED ve BREEAM örnek alınarak YEŞİL KONUT (Ulusal Yeşil Bina Sertifikası) Sertifikası hazırlanmıştır. Bir diğer sertifika sistemi ise Sürdürülebilir Enerji Etkin Binalar (SEEB-TR), Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi (MSGSÜ) bünyesinde bulunmaktadır. Tablo 2.22'de bahsedilen sertifika programlarının özellikleri verilmektedir [88, 89, 90]. Tablo 2.23'de ise mevcut uluslararası sertifika programları sıralanarak, İHK kapsamında ele alınan konular, puan ve yüzdeleri verilmektedir [88, 89, 91, 92, 93].



Tablo 2.22. Bazı sertifika programları ve özellikleri [88, 89, 91, 92, 93]

Kategoriler	BREEAM	LEED	GREENSTAR	CASBEE	SBTool	YEŞİL KÖNUT (ÇEDBİK)
Çıkış Tarihi	1990	1998	2003	2001	1998	2013
Ülke	İngiltere	Amerika	Avustralya	Japonya	Kanada	Türkiye
Geliştirici	Bina Araştırma Kuruluşu (BRE)	A.B.D. Yeşil Bina Konseyi	Avustralya Yeşil bina Konseyi	Japon Sürdürülebilir Bina Konsorsiyumu	Sürdürülebilir Bir Çevre Yapısı Uluslararası Girişimi	Çevre Dostu Yeşil Binalar Derneği
Kriterler	-Yönetim -Enerji -Su -Ulaşım -Sağlık ve Konfor -Atık -Malzemeler -Arazi Kullanımı ve Ekoloji -Kirlilik -Yenilik	-Yenilik ve Tasarım -İç Mekân Hava Kalitesi -Malzeme ve Kaynaklar -Sürdürülebilir Arsalar -Su etkinliği -Enerji ve Atmosfer	-Enerji -Malzeme -İç Mekân Çevre Kalitesi -Ulaşım -Yönetim -Su -Arazi Kullanımı ve Ekoloji -Kirlilik -Yenilik	-İç Mekân Çevresi -Servis Kalitesi -Arsada Dış Mekân Çevresi -Enerji -Kaynaklar ve Malzemeler -Arsa Dışındaki Çevre	-İç Mekân Hava Kalitesi -Enerji ve Kaynak Tüketimi -Çevresel Yükler -Sosyal ve Ekonomik Esaslar -Kültürel ve Algısal Esaslar -Arsa Seçimi, -Proje Planlama ve Geliştirme	-Bütünleşik Yeşil Proje Yönetimi -Arazi Kullanımı -Su Kullanımı -Enerji Kullanımı -Sağlık ve Konfor -Malzeme ve Kaynak Kullanımı -Konutta Yaşam -İşletme ve Bakım
Sertifika Düzeyleri	-Derece dışı (<30 puan) -Geçer (>30 puan) -İyi (>45 puan) -Çok İyi (>55 puan) -Mükemmel (>70 puan) -Olağanüstü (>85 puan)	-Sertifika (40-49 puan) -Gümüş (50-59 puan) -Altın (60-79 puan) -Platin (80 puan ve üstü)	-1 Yıldız (10-19puan) -2 Yıldız (20-29puan) -3 Yıldız (30-44puan) -4 Yıldız (45-59puan) -5 Yıldız (60-74puan) -6 Yıldız (75-100 puan)	-S/5 yıldız (mükemmel) -A/4 yıldız (çok iyi) -B+/3 yıldız (iyi) -B/2 yıldız (az zayıf) -C/1 yıldız (zayıf)	-1 (olumsuz) -0 (Kabul Edilebilir) -3 (İyi Uygulama) -5 (En İyi Uygulama)	-Standart -İyi -Pekiyi

Tablo 2.23. Bazı sertifika programlarının İHK puan ve yüzdeleri [88, 89, 90]

Sertifika Programı	Puan	Yüzde (%)	İç Hava Kalitesi Bazında Ele Alınan Konular
LEED	15	22	-Hasta Bina Sendromu üzerine etkileri, -Daha az hastalığa yakalanma oranı (Hasta-gün), -Geliştirilmiş çevresel kalite, -İyileştirilmiş hava sistemleri, -Küresel Isınma ile ilgili önlemler, -CO ₂ salınımında azalma, -Boya, yapıştırıcı vb. maddelerde UOB oranı belirlenen değerlerin altında sağlanması, -Kirliliğin azaltılması, -İnşaat aşamasındaki atıkların azaltılması, -İnşaat öncesi ve sonrası daha az emisyon salınması, -Geri dönüştürülebilir malzemelerin kullanılması, -Malzeme seçimlerinde geri dönüşüm oranları, yerli malzeme kullanılması vb. kriterler üzerinde durulmaktadır.
BREEAM*	26	25	-İç mekân hava kalitesi, -Güneş ışığı, -Doğal havalandırma imkânı, -Uçucu organik bileşenler, -Isıl konfor, -Binanın formu ve yönü, -Isı bölgeleri, -Mikrobiyal kirlenme, -Kirlilik, -Akustik performansı inceler.
CASBEE	Q1	40	-Aydınlatma ve klima için enerji (CO ₂) azaltımı, -Kentsel ısı adası etkisini azaltmak için yeşil çatı kullanımı, -Geri dönüşümlü malzeme kullanımını teşvik etmektedir.
YEŞİL BİNA	11	-	-Isıl konfor (3), -Gün ışığından yararlanma (1-2), -İç aydınlatma (1), -Taze hava (1), -Kirlleticilerin kontrolü (2), -İşitsel konfor (1), -Yangın güvenliğini (1) incelemektedir.

[(*)Sağlık ile konfor (1puan) ve kirlilik (12 puan) başlıkları İHK etkilediği için puanları toplanarak hesaplanmıştır.]

Amerika Standartlar Enstitüsü'nün iç ortam hava kalitesi standartlarını oluşturmak için yetki verdiği 2001'de kurulan GREENGUARD Çevre Enstitüsü (GÇE)'nin oluşturduğu Greenguard Organizasyonu, yapı ürünlerinden açığa çıkan kimyasal emisyonlara hem iç ortamlar hem de kreş, okul gibi hassas bölgeler için yeterli kriter değerleri oluşturmaktadır. Kriterlere uyan ürünleri sertifikalandırmaktadır. Greenguard standartları, EPA, Kaliforniya eyaleti, Almanya Blue Angel programı gibi kuruluşların emisyon kriterleri incelenerek oluşturulmaktadır. Program GREENGUARD İç Mekân Hava Kalitesi Sertifikasyonu ve GREENGUARD Çocuklar ve Okullar Sertifikasyonu olmak üzere iki ürün sertifikasyon türünü içermektedir. Greenguard İç

Ortam Hava Kalitesi sertifikalı ürünler ev ve ticari binalarda; Greenguard Çocuk ve Okul sertifikalı ürünler ise kreş, okul ve hastaneler gibi hassas binalarda kullanılmaktadır [94].

Ayrıca Almanyada'da 'DIN Normları', İngiltere'de 'Building Bulletin', Portekiz'de 'RSECE', Fransa 'RŞDTYP Reglement Sanitaire Departemental Type' ve Danimarka 'Danish Building Code' gibi İHK ile ilgili her ülke kendi iklim ve sosyolojik özelliklerine göre standart ve bildiriler hazırlamaktadır. Greenguard sertifikasyonu gibi birçok kuruluşun da kendi bünyesinde hazırladığı sertifikasyon programları mevcut olup yapılan araştırma ve incelemelere göre ortam parametreleri için limit değerler tespit edilmektedir [95].

2.4.2. Ulusal Düzenlemeler

Kapalı ortam hava kirliliği kavramının ortaya çıkması, özellikle 1970'li yılların başındaki enerji krizini takiben enerji kısıtlamasının uygulanmaya başlandığı döneme rastlamaktadır. Bu dönemde binalarda izolasyon ve enerji tasarrufu çok yoğun bir şekilde uygulanmaya başlanmıştır. Aynı dönemlerde doğal ürünlerin yerini alan sunta, sentetik lifler ve plâstikler kapalı ortam havasında dağılıp birikmektedir. Son yıllarda ise bilgisayarların çok yoğun biçimde kullanılmaya başlanması ile binaların ısı yükü iyice artmıştır. Böylece hava kalitesi daha çok gündeme gelmeye başlamıştır. Kullanıcı konfor şartlarının sağlanması için iç hava kalitesinin iyileştirilmesi yönünde önlemler alınmaktadır.

İç hava standartları; kapalı ortamlarda bulunan kirleticilerin kontrol altına alınmasını ve insanları bu kirleticilerin zararlı etkilerinden korumayı amaçlamaktadır. Türkiye'de İHK ile ilgili ilk çalışmalar İş Sağlığı ve Güvenliği Merkezi'nde 2001 yılında yapılmıştır. Yapılan çalışmalarda herhangi bir sınır değeri belirlenmemiştir[66].

Türkiye'deki Kentsel Hava Kirliliği ölçümleri Sağlık Bakanlığına bağlı Refik Saydam Hıfzıssıhha Enstitüsü (RSHE) tarafından yapılmaktadır. Türkiye'de yaşayan halkın sağlığının korunması amacıyla temel laboratuvar hizmetleri yürütmek için Ankara'da kurulmuş bir ulusal referans laboratuvarıdır. SO₂ ve partikül madde konsantrasyonları Türkiye genelinde ölçülmekte, ölçüm sonuçları Devlet İstatistik Enstitüsü (DİE) Başkanlığı tarafından düzenli olarak yayınlanmaktadır [96].

EMEP ölçüm programı çerçevesinde (Ankara, İzmir, Kırklareli) SO₂, NO₂ ve O₃ ölçümleri saatlik olarak yapılmaktadır. Ayrıca günlük periyotta yağmur suyu analizleri yapılmakta ve sıcaklık, rüzgâr, nem gibi meteorolojik parametreler de ölçülmektedir [96].

Çevre Bakanlığının ve bazı Büyükşehir Belediyelerinin seyyar hava kalitesi ölçüm istasyonları bulunmaktadır. Seyyar istasyonlarla yapılan ölçümlerde; sağlıklı sonuçlar elde edilebilmek için sabit bir noktada ve belirli bir periyotta yapılması gerekmektedir [97].

➤ Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği

09.08.1983'de kabul edilen 2872 sayılı Çevre Kanunu çerçevesinde 02.11.1986 tarihinde Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği (HKKY) yürürlüğe konmuştur. Çevre ve Orman Bakanlığı, AB uyum sürecinde, hava kalitesinin korunması amaçlı yapılan bu yönetmeliği 3 farklı başlıkta düzenleyerek tekrar yayınlamıştır. Yayımlanan 3 farklı yönetmelik; 07.10.2004 tarih 25606 sayı ile "Endüstriyel Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği" (EKHKKY), 13.01.2005 tarih 25699 sayı ile "Isınmadan Kaynaklanan Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği" (IKHKKY) ve 06.06.2008 tarih 26898 sayı ile "Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği" (HKDYY) olarak sıralanmaktadır [66].

Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği'nin amacı; her türlü faaliyet sonucu atmosfere yayılan is, duman, toz, kimyasal gaz, ağır metal, buhar ve aerosol halindeki emisyonları kontrol altına alarak insanı ve çevresini kirleticilerin zararlı etkilerinden korumaktır. Ayrıca petro kimya tesisleri ve petrol rafinerilerinde uyulması istenilen hava kalitesi sınır değerleri de belirlenerek uyulması gerekli sınırlar belirtilmiştir. Ortama toz ve PM yayan malzemelerin taşınması ve depolanması hakkında bilgi verilmektedir. Endüstriyel tesislerde baca yüksekliği ve bakımına da değinilmektedir. Taşıt kullanımı ile ilgili sınırlamalarda mevcuttur. Özel bölgelerde trafikte sınırlamalar, hassas bölgelerin korunması ve temiz hava planlarına yer verilmektedir. Ayrıca motorlu kara taşıtlarının egzoz gazlarının yol açtığı hava kirliliğinin kontrol altına alınması ve bununla ilgili gerekli usul ve esasların belirlenmesi amacıyla Egzoz Gazı Emisyonu Kontrolü Yönetmeliği (2005) ve motorlu taşıtlarda kullanılan yakıt kalitesinin özellikleri Benzin ve Motorin Kalitesi Yönetmeliği (2005) ile belirlenmişti. Çeşitli hava

kirleticileri için uyulması gereken uzun ve kısa vadeli sınır değerler Tablo 2.24'de verilmiştir [95].

Tablo 2.24. Hava kirleticilerin uzun ve kısa vadede sınır değerleri [95]

No	Adı	Birim	UVS	KVS
1	Kükürt Dioksit (SO ₂)	-	-	-
	Kükürt Trioksit (SO ₃) Dâhil	-	-	-
	a) Genel	(µg/m ³)	150	400 (900)
	b) Endüstri Bölgeleri	(µg/m ³)	250	400 (900)
2	Karbon Monoksit(CO)	(µg/m ³)	1000 0	30000
3	Azot Dioksit (NO ₂)	(µg/m ³)	100	300
4	Azot Monoksit (NO)	(µg/m ³)	200	600
5	Klor (Cl ₂)	(µg/m ³)	100	300
6	Klorlu Hidrojen (HCl) ve Gaz Halde Anorganik Klorürler (Cl ⁻)	(µg/m ³)	100	300
7	Florlu Hidrojen (HF) ve Gaz Halde Anorganik Florürler (F ⁻)	(µg/m ³)	-	10 (30)
8	Ozon (O ₃) Fotokimyasal Oksitleyiciler	(µg/m ³)	-	240
9	Hidrokarbonlar (HC)	(µg/m ³)	-	140 (280)
10	Hidrojen Sülfür (H ₂ S)	(µg/m ³)	-	40 (100)
11	Havada Asılı Partikül maddeler (<10 µm)	-	-	-
	a) Genel	(µg/m ³)	150	300
	b) Endüstri Bölgeleri	(µg/m ³)	200	400
12	PM içinde Kurşun (Pb) ve bileşikleri	-	2	-
13	PM içinde Kadmiyum (Cd) ve bileşikleri	-	0.04	-
14	Çöken Tozlar (10 mikrondan büyük partiküller dahil)	(mg/m ² gün)	-	-
	a) Genel	-	350	650
	b) Endüstri Bölgeleri	-	450	800
15	Çöken Tozlarda Kurşun ve bileşikleri	g/m ² gün)	500	-
16	Çöken Tozlarda kadmiyum ve bileşikleri	(mg/m ² gün)	7,5	-
17	Çöken Tozlarda Talyum (Tl) ve bileşikleri	(mg/m ² gün)	10	-

(UVS: Uzun Vadeli Sınır Değerleri, KVS: Kısa Vadeli Sınır Değerleri

NOT: Parantez içindeki rakamlar referans maksimum saatlik sınır değerlerdir.)

■ Endüstriyel Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği

Endüstriyel Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği'nin amacı, endüstriyel ve enerji üretim tesislerinden atmosfere yayılan is, duman, toz, gaz, buhar, ağır metaller ve aerosol halindeki emisyonları denetim altına alarak insanların yaşam ömrünü ve yaşam kalitesini korumaktır. Kirleticilerden doğacak tehlikeleri en aza indirerek korumak; zararlı etkilerin ortaya çıkmasını engellemektir [98].

Yönetmelik; tesislerin kurulması ve işletilmesi için gerekli olan esasları, emisyon izinleri, şartlı ve kısmi izinler için başvuruları ve ham maddenin işlenmesine ilişkin hükümleri kapsamaktadır. Emisyon ölçüm raporlarına bağlı olarak tesislere izin verilmektedir. İçerisinde; emisyon iznine tabi tesisler ve çevre iznine tabi olmayan işletmeler için esaslar ve sınır değerler yer almaktadır. Hava emisyonunun nasıl tespit edileceği ve sınırlamaları açıklanmaktadır. Ayrıca bölgesel kirlilik konusu için, koruma bölgelerinin oluşturulması, sabit tesislerden ziyade hareketli tesislerin tercih edilmesi, belirli zamanlarda tesislerin aktif kullanımı, baca yükseklikleri ve filtre özellikleri, yakıt ve hammadde tayini, özellikleri ve kaza sonucu oluşabilecek kirlilik emisyonları ile ilgili tedbirlere yer verilmektedir [80, 98].

▪ Isınmadan Kaynaklanan Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği

Yönetmeliğin amacı; konut, toplu konut, site, okul, üniversite, hastane, kamu binaları, ticari alanlar, sosyal dinlenme tesisleri ve endüstri vb. yerlerde ısınma amaçlı kullanılan ısınma sistemlerinden kaynaklanan is, duman, toz, gaz, buhar, ağır metal ve aerosol halinde atmosfere verilen kirleticilerin hava kalitesi üzerindeki olumsuz etkilerini kontrol altına almaktır. Kapsamı ise; ısınmada kullanılacak yakma tesislerinin özellikleri, işletilme esaslarını, kullanılacak katı, sıvı ve gaz yakıtların kalite kriterleri ve uyulması gerekli emisyon sınırlarını içermektedir [99].

Isınmadan Kaynaklanan Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği'nde, kullanılan yakıtların verimliliğinin artırılması, baca temizliği, yerli yakıt belgelerinin düzenlenmesi, yetkili kuruluşlar ve uygunluk izin belgesi hakkında bilgiler yer almaktadır. Yakıtların kükürt içeriğine sınır getirilerek, havaya yayılın kükürt konsantrasyonunun azaltılması hedeflenmektedir. Yakıtlar katı, sıvı ve gaz olarak sıralanarak, içerecekleri kükürdün hacimsel oranı belirlenmektedir. İthal ve yerli yakıtların özellikleri ve uyulması gerekli sınır değerleri de ele alınmaktadır. Ayrıca kükürt derişiminin yanında PM konsantrasyonu üzerinde de durulmaktadır. Yakma tesisinin gücüne göre PM, CO, Azot oksit ve Hidrokarbon konsantrasyonları için sınır değerler verilmektedir [99].

Ölçüm cihazları için genel esaslara da yer verilmektedir. Tesislere kurulacak ölçüm cihazlarının kurulumu, tipi, periyodik aralıkları ve kontrolleri hakkında bilgilendirilmektedir. Kullanıcılar güncel konular olarak gündemde yer alan

yenilenebilir enerji kaynakları ve doğalgaz kullanımı gibi enerjinin etkin kullanımı ve çevreye verilen zararın en aza indirilmesi için çevreye duyarlı kaynaklar teşvik edilmektedir [99].

▪ Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği

Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği, hava kirliliğinin çevre ve insan sağlığı üzerindeki zararlı etkilerini önlemek veya azaltmak için hava kalitesi hedeflerini tanımlamak, tanımlanmış metotları esas alarak hava kalitesini değerlendirmek ve hava kalitesinin iyi olduğu yerlerde mevcut durumu korumayı amaçlamaktadır [100].

Yönetmelik, ana ve alt bölgeler oluşturarak hava kalitesi standartlarını ve değerlendirmelerini kapsamaktadır. Uzun-kısa vadeli hedefler, hedef ve limit değerleri, bilgilendirme ve uyarı eşikleri, üst ve alt değerlendirme eşikleri değerlerine yer verilmektedir. Kirleticilerin özelliklerine göre uzun ya da kısa vadede değerlendirme yaparak sınır değerleri belirlemektedir. Bölge ve alt bölge sınıflandırmasına göre kirletici konsantrasyonları değerlendirilmektedir. Temiz hava planı yapılarak limit değer aşıldığı y ada daha az çıktığı zamanlarda tolerans aralıkları değerlendirilerek listelenmektedir. Geçiş dönemlerindeki sınır değerleri aşan yüksek fark oranını dengelemek için alınabilecek tedbirler ve yasal zorunluluklara yer verilmektedir. Makro ve mikro ölçekte örnekleme noktaları oluşturulmuştur. Önemli bir süre içinde nüfusun dolaylı veya doğrudan maruz kalma ihtimalinin olduğu en yüksek konsantrasyonların ortaya çıktığı yerlerde örneklem noktaları oluşturularak, insan sağlığının korunmasına yönelik tedbirler alınmaktadır. Ayrıca besin zinciri ile nüfusun dolaylı maruziyetini temsil edecek, arsenik, kadmiyum, cıva, nikel ve diğer aromatik hidrokarbonların birikimine dair veriler de sağlanmaktadır. Örneklem noktaları, yakınlarındaki benzer yerler içinde kullanılabilir. Hava kirleticileri konsantrasyonları ve çökeltme oranlarının değerlendirilmesi için referans metotlar birçok kirletici için açıklanmaktadır. Bu yönetmeliğin işyerleri için uygun olmadığı belirtilmektedir. Kirleticilerin uzun ve kısa vadedeki sınır değerleri ve uyarı eşikleri Tablo 2.25'de verilmiştir [100].

Tablo 2.25. Kirleticilerin uzun ve kısa vadedeki sınır değerleri[100]

Kirletici	Ort. Süre	Limit Değer	Tolerans Payı	Üst Değerlendirme Eşiği	Alt Değerlendirme Eşiği	Uyarı Eşiği
SO ₂	Saatlik	350 µg/m ³ (bir yılda 24 defadan fazla aşılmaz)	1.1.2014 tarihinde 150 µg/m ³ (limit değer in %43'ü) ve 1.1.2019 tarihine kadar tolerans payı sıfırlanacak şekilde her 12 ayda bir eşit miktarda yıllık olarak azaltılır.	-	-	500 µg/m ³ (hava kalitesinin temsili bölgelerinde bütün bir "bölge" veya "alt bölgede" veya en azından 100 km ² 'de- hangisi küçük ise- üç ardışık saatte ölçülür)
	24 Saatlik	125 µg/m ³ (bir yılda 3 defadan fazla aşılmaz)	1.1.2014 tarihinde 125 µg/m ³ (%100) ve 1.1.2019 tarihine kadar tolerans payı sıfırlanacak şekilde her 12 ayda bir eşit miktarda yıllık olarak azaltılır.	24-saatlik limit değer in %60' ı (75 µg/m ³ bir yılda 3 defadan fazla aşılmaz)	24-saatlik limit değer in %40 ' ı (50 µg/m ³ bir yılda 3 defadan fazla aşılmaz)	
	Yıllık ve kış dönemi	20 µg/m ³	-	Kış dönemi limit değer in in %60' ı (12 µg/m ³)	Kış dönemi limit değer in in %40' ı (8 µg/m ³)	
NO ₂	Saatlik	200 µg/m ³ (bir yılda 18 defadan fazla aşılmaz)	1.1.2014 tarihinde 100 µg/m ³ (% 50) ve 1.1.2024 tarihine kadar tolerans payı sıfırlanacak şekilde her 12 ayda bir eşit miktarda yıllık olarak azaltılır	limit değer in %70'i (140 µg/m ³ bir yılda 18 defadan fazla aşılmaz)	limit değer in %50'si (100 µg/m ³ bir yılda 18 defadan fazla aşılmaz)	400 µg/m ³ (hava kalitesinin temsili bölgelerinde bütün bir "bölge" veya "alt bölge" de veya en azından 100 km ² 'de- hangisi küçük ise- üç ardışık saatte ölçülür)
	Yıllık	40µg/m ³	1.1.2014 tarihinde 20 µg/m ³ (% 50) ve 1.1.2024 tarihine kadar tolerans payı sıfırlanacak şekilde her 12 ayda bir eşit miktarda yıllık olarak azaltılır	limit değer in %80'i (32 µg/m ³)	limit değer in %65'i (26 µg/m ³)	
NO _x	Yıllık	30 µg/m ³	-	limit değer in %80'i (24 µg/m ³)	limit değer in %65'i (19,5 µg/m ³)	1 Ocak 2019

Tablo 2.25'in devamı [100]

Kirletici	Ort. Süre	Limit Değer	Tolerans Payı	Üst Değerlendirme Eşiği	Alt Değerlendirme Eşiği	Uyarı Eşiği
PM(10)	24 saatlik	50 µg/m ³ (bir yılda 35 defadan fazla aşılmaz)	1.1.2014 tarihinde 50 µg/m ³ (% 100) ve 1.1.2019 tarihine kadar tolerans payı sıfırlanacak şekilde her 12 ayda bir eşit miktarda yıllık olarak azaltılır	30 µg/m ³ (bir yılda 7 defadan fazla aşılmaz)	20 µg/m ³ (bir yılda 7 defadan fazla aşılmaz)	1 Ocak 2019
	Yıllık	40 µg/m ³	1.1.2014 tarihinde 20 µg/m ³ (% 50) ve 1.1.2019 tarihine kadar tolerans payı sıfırlanacak şekilde her 12 ayda bir eşit miktarda yıllık olarak azaltılır.	14 µg/m ³	10 µg/m ³	
Kurşun	Yıllık	0,5µg/m ³ Sanayi faaliyetlerd en uzun yıllar boyunca kontamine olmuş sanayi kaynakları n yakınlarında 1 µg/m ³	1.1.2014 tarihinde 0.5 µg/m ³ (% 100) ve 1.1.2019 tarihine kadar veya madde 12 (4) 'e göre belirlenen "alt bölge"ler ve "bölge"lerde 1 Ocak 2019 + 5 yıla kadar tolerans payı sıfırlanacak şekilde her 12 ayda bir eşit miktarda yıllık olarak azaltılır	Limit değer in %70'i (0,35 µg/m ³)	Limit değer in %50'si (0,25 µg/m ³)	1 Ocak 2019 veya madde 12 (4) 'e göre belirlenen "bölge" ve "alt bölge"lerde 1 Ocak 2019 +5 yıl. Böyle durumlarda limit değer 1 Ocak 2019 dan itibaren 1,0 µg/m ³ olur.
Benzen	Yıllık	5 µg/m ³	1.1.2014 tarihinde 5 µg/m ³ (% 100) ve 01.01.2017 tarihinden 1.1.2021 tarihine kadar tolerans payı sıfırlanacak şekilde her 12 ayda bir eşit miktarda yıllık olarak azaltılır.	Limit değer in %70'i (3, 5 µg/m ³)	Limit değer in %40'ı (2 µg/m ³)	1 Ocak 2021 zaman-sınırlı uzatmaya mutabık kalınan "bölge" ve "alt bölge"ler hariç
CO	Günlük 8 saat	10 mg/m ³	1.1.2014 tarihinde 6 mg/m ³ (% 60) ve 1.1.2017 tarihine kadar tolerans payı sıfırlanacak şekilde her 12 ayda bir eşit miktarda yıllık olarak azaltılır	Limit değer in %70'i (7 mg/m ³)	Limit değer in %50'si (5 mg/m ³)	1 Ocak 2017
Arsenik		6 ng/m ³	% 60 (3,6 ng/m ³)	% 40 (2,4 ng/m ³)	-	1 Ocak 2020

➤ Türk Standartları (TS)

Türk Standartları Enstitüsü; her türlü madde ve mamulleri ile usul ve hizmet standartlarını yapmak gayesiyle 18.11.1960 tarih ve 132 sayılı kanunla kurulmuştur. Enstitünün kısa adı ve markası "TSE"dir. Türk Standartları Enstitüsünün merkezi Ankara olup Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığına bağlı olmaktadır. Yalnız Türk Standartları Enstitüsü tarafından kabul edilen standartlar "Türk Standardı" adını alır [101]. TSE, 26 Mayıs 1955'de ISO' ya, 1 Ocak 1956 tarihinde de Uluslararası Elektroteknik Komisyonu'na (IEC) asil üye olmuştur ve bu kuruluşların Türkiye temsilcisi konumuna gelmiştir [102]. Hava kalitesi ile ilgili mevcut düzenlemeler Tablo 2.26'da verilmektedir [103].

Tablo 2.26. Hava kalitesi ile ilgili bazı TSE standartları [103]

Standardın Adı-Tarih	Başlığı ve Kapsamı	Atıf Yapılan-Yararlanılan Standartlar
TS EN 15251 (2014)	Binaların enerji performansının tasarımı ve değerlendirilmesi için iç ortam parametreleri - Bina içi hava kalitesi, ısı ortam, aydınlatma ve akustik parametrelerine değinmektedir. Bu standart, binaların enerji performansı üzerinde etkisi bulunan iç ortam parametrelerini kapsar. -Bina sistem tasarımı ve enerji performansı hesaplamaları için, iç ortam girdi parametrelerinin nasıl oluşturulacağını belirler. - Hesaplamaların veya ölçmelerin bir sonucu olarak elde edilen iç ortamın, uzun dönemli değerlendirilmesi için yöntemleri belirler.	TS EN 12464-1 :2013; TS EN 12599 :2013; TS EN 12792 :2006; TS EN 12831 :2004; TS EN 15193 :2008; TS EN 15241 :2009; TS EN 15242 :2009; TS EN 15255 :2008; TS EN 15265 :2008; TS EN ISO 7726 :2001; TS EN ISO 7730 :2006; TS EN ISO 8996 :2006; TS EN ISO 9920 :2010; TS EN ISO 13731 :2002; TS EN ISO 13790 :2013;
TS EN 14211 (2013)	Ortam hava kalitesi-Azot dioksit ve azot monoksit derişimlerinin kimyasal kemiluminesans yoluyla tayini için standart ölçme metodunu içermektedir.	EN 14211:2012
TS EN 14626 (2013)	Ortam hava kalitesi- CO derişiminin dalga boyu ayırmaz infrared spektrokopi yoluyla tayini için standart metot yöntemini içermektedir.	EN 14626:2012
TSE CEN/TS 16450 (2013)	Ortam hava kalitesi-Partikül madde konsantrasyonu ölçümü için otomatik ölçme sistemlerini kapsamaktadır.	CEN/TS 16450:2013
TS EN 15267 (2010)	Hava kalitesi- Otomatik ölçüm sistemlerinin sertifikasyonunu vermektedir.	EN 15267-1:2009
TS EN 15841 (2010)	Ortam hava kalitesi - Havada arsenik, cadmiyum, kurşun ve nikel tayini için standart yöntemlerini açıklamaktadır.	EN 15841:2009
TS EN 15549 (2009)	Hava kalitesi - Ortam havasındaki benzoapyrene yoğunlaşmasını ölçmek için standart yöntem	EN 15549:2008

Tablo 2.26'nın devamı [103]

Standartın Adı-Tarih	Başlığı Ve Kapsamı	Atıf Yapılan-Yararlanılan Standartlar
TS EN ISO 20988 (2008)	Hava kalitesi- Ölçme belirsizliğinin tahmini için kılavuz niteliğindedir.	EN ISO 20988:2007 <u>TSE CR 14377</u> :2003;
TS EN 14902/AC (2007)	Ortam hava kalitesi- Askıdaki tanecikli maddelerin PM ₁₀ kesrinde Pb, Cd, As ve Ni ölçmeleri için standart metodu içermektedir.	EN 14902:2005/AC:2006
TS EN 13528 (2006)	Ortam hava kalitesi - Gazların ve buharların derişimlerinin tayini için difüzyonla numune alma cihazları - Gereker ve deney metotlarını vermektedir. Bu standart ortam havasında gazların ve buharların derişimlerinin tayininde kullanılan difüzyonla numune alma cihazları için genel performans gereklerini kapsar.	TS EN ISO/IEC 17025 TS 5822-1 ISO 5725-1 :2000; TS 5822-2 ISO 5725-2 :2000; TS 5822-3 ISO 5725-3 :2000; TS 5822-4 ISO 5725-4 :2003; TS 5822-5 ISO 5725-5 :2003; TS 5822-6 ISO 5725-6 :2003; EN 13528-1
TS EN ISO 14956 (2005)	Hava kalitesi - Bir ölçme işlemi uygunluğunun gerekli ölçme belirsizliği ile karşılaştırılarak değerlendirmektedir. Bu standart, hava kalitesi ölçme işlemleri konusunda bir metodun sabit şartlar altındaki önemli performans özelliklerinin tümünün gerçek veya beyan edilen değerlerinden ölçme belirsizliklerinin hesaplanmasını, -Belirtilen bir referans değerde, bu performans özellikleri için belirtilmiş değerlerin ölçülen bir değer için gerekli niteliğine uygun olup olmadığının değerlendirilmesini, -Laboratuvar performansı ve doğrulayıcı saha deneyini esas alan ölçme metodunun uygulanabilirliğinin değerlendirilmesini, -Cihazların dinamik tepki özelliklerinin ortaya konulmasını, kapsar.	TS ISO 6879 :1996; EN ISO 14956:2002
TS EN 13211 (2003)	Hava kalitesi- Sabit kaynak emisyonları- Toplam civa derişiminin manuel metotla tayini içermektedir. Bu standart, kanallardan ve bacalardan çıkan egzoz gazlarındaki civanın kütle derişiminin tayini için manüel bir referans metodu kapsar.	<u>TS 2537 EN 1483</u> :1999 EN 13211:2001
TS ISO 16200 (2003)	İşyeri hava kalitesi-Uçucu organik bileşiklerden numune alma ve çözücü desorpsiyonu/gaz kromatografisiyle analizini içermektedir. Bu standart, havadaki uçucu organik bileşiklerden (UOB) numune alınma ve onların analizi için genel bir kılavuzu kapsar.	<u>TS EN 838</u> :2002; <u>TS EN 1540</u> :2000; ISO 16200-2:2000
TS ISO 9835 (2000)	Hava kalitesi - Çevre havası - Siyah duman indeksinin tayini vermektedir. Bu standart, çevre havasından alınan numunenin siyah duman indeksinin ölçülmesine dair bir metodu kapsar.	ISO 9835:1993 ISO 9835:1993 EQV--; BS 1747 Part 11--; ISO 9835:1993 EQV--

Tablo 2.26'nın devamı [103]

Standardın Adı-Tarih	Başlığı Ve Kapsamı	Atıf Yapılan-Yararlanılan Standartlar
TS ISO 13964 (2000)	Hava kalitesi- Çevre havasında ozon tayini- Ultraviyole foto metrik metodu vermektedir. Bu standart, çevre havasındaki ozon tayini için bir ultraviyole foto metrik metodu kapsar.	ISO 13964:1998 EQV--; BS ISO 13964--; NF X43-024 (NF ISO 13964)--; DIN ISO 13964 VDI 2468 Blatt 6--; ISO 13964:1998 EQV--
TSE ISO/TR 4227 (1998)	Çevre hava kalitesini izleme planını açıklamaktadır. Bu standart, çevre hava kalitesinin izlenmesinde uluslararası standardizasyona temel oluşturma amacıyla yapılan bir sınıflandırma şemasını kapsar.	TSE ISO/TR 4227 :1998 TS 4254 ISO 4225 *ISO 4226, TS 4225: 1984 *ISO 6879, TS ISO 6879 *ISO 7168: 1985 *ISO 8601 1988, TS EN 28601 *ISO 9359: 1989)
TS 11597 (1995)	Hava kalitesi- Asbeste maruz kalan iş yerlerinde alınacak güvenlik ve sağlık tedbirleri İş yerlerinde ve bu işyerleriyle yakın ilişkisi olan ortamlarda asbeste maruz kalan kişilerle ilgili güvenlik ve sağlık tedbirlerini kapsar. Bunun dışında kalan yerleşim yerleri ve daha büyük ortamlar için alınan tedbirleri kapsamaz.	EEC 83/477, EEC 91/382, ASTM E 849-86
TS 9544 (1991)	Hava kalitesi-Atmosferden numune alma metotları-Kirletici gazlar Bu standart, hava kirliliği ölçümünde, atmosferden kirletici gazlarla ilgili numune alma metodunun belirlenmesi ile ilgili kuralları kapsar.	Indian Standard,
TS 4255 (1984)	Hava kalitesinin (niteliğinin) ölçü birimleri Bu standart, hava kalitesi ile ilgili olarak gazlar, buharlar ve parçacıkların ölçülmesinde ve değerlendirilmesinde kullanılan ölçü birimlerini ve sembollerini kapsar.	ISO 4226 (1980) TS 4254 :1984; ISO 4226 (1980)--; ISO 4226:1980 EQV--

BÖLÜM 3

OFİS YAPILARI

Teknoloji çağdaş yaşamın olmazsa olmazı haline gelerek, hayatımızın her alanına girmiştir. Endüstrileşme sonrasında kökten değişim ve çağdaş hayatın başlaması ile birlikte, çalışma mekânı ihtiyacı doğmuştur. Bu ihtiyaç, önceleri konutun bir bölümünde bir odada karşılanıyorken, günümüzde başlı başına bir mekân türü olarak büyük çok katlı yapılarla karşılanmaktadır. Büyüyen iş gücü, ekonomi, endüstrilerin büyümesi ve teknolojik gelişmeler ile ofis yapıları resmi bir hal almıştır. Günümüzde iş gücü, zeki, bilgi teknolojisinde uzman kişiler olduklarından, iyileştirilmiş koşullar ve yüksek düzeyli mekân standartları talep etmektedirler. İş verimini ve elde edilen geliri artırabilmek için daha donanımlı farklı çözümlere sahip ofislere yönelmişlerdir. Ofis yapıları arasında biçim, işlev, boyut, statü gibi farklılıklar görülmektedir [104, 105].

3.1. Ofisin Tanımı ve İşlevi

Ofisin öncelikli anlamı hizmettir. Ardından bu hizmetin yerine getirilmesi ve yapıldığı mekân ya da bina akla gelir. Ofislerde insanlar birlikte veya bireysel olarak çalışmaktadır. Büro ve ofis kelimelerinin sözlük anlamlarına bakıldığında, Türkçe literatürde 'büro' kelimesi; çalışma odası, yazıhane, danışma, bölüm, şube, yazı masası olarak açıklanmıştır. Kökeni Fransızca Bureau/Office kelimesinden gelmektedir. Kelime anlamı 'işyeri, daire, büro' olarak geçmektedir. Artık anlamsal olarak ofis ve büro kelimeleri eş anlamlı olarak kullanılsalar da, etimolojik olarak farklı köklerden gelmektedirler. 'Büro' sözcüğü Latince 'bura' olup 'kaba saba giysiye verilen isimdir. Sözcük önce kumaş anlamında, daha sonra üzerine kumaş örtülen mobilya en sonda mobilyanın bulunduğu mekân şeklinde evrimleşmiştir. 'Ofis' teriminin kökü ise Latince 'opus' sözcüğü olup 'yapıt, iş' anlamına gelmektedir [104, 105].

Ofislerin fonksiyonu, tanımı ve gelişimi ile ilişkilidir. Tarihteki önemli olaylardan etkilenen ofis yapıları, 16.yy.'da özel banka ve sigortaların ortaya çıkışı ile

uzman bir çalışma grubu ortaya çıkmış, 19.yy.'da ise çalışma ile yaşama kavramı birbirinden ayrılmaya başlamıştır. 1920'li yıllara gelindiğinde fonksiyonellik önde olmuş ve yapı kabuğu ile ilgili farklı alanlara değinerek önlemler alınmaya çalışılmıştır.1900'lerin yarısından sonra bu fonksiyonellik zirveye ulaşmıştır. 19. yüzyılda büyük ofislerinin, eğitim yapıları yokluğu sebebiyle çalışanlarına gerekli eğitimi kendileri verdiği için ana fonksiyonu eğitim olmuştur. Günümüzde yeni ofis mekânlarının felsefesi 'İstediğin yerde istediğin zaman çalışmak' konsepti olunca ofis binalarına yemek alanları, dinlenme vs. eklenerek daha karmaşık bir yapı grubu halini almıştır. Ayrıca ofis tasarımında sürdürülebilirlik, enerjinin etkin korunumu, yeşil binalar ve ekoloji kavramları ile günümüzün ve hatta geleceğin tasarım anlayışı hakim olmaktadır [104, 105, 106].

3.2. Ofis Binaları Türleri

Eldem, ofis binalarını iki şekilde sınıflandırmıştır [107];

- İdari büro binaları

Endüstri, ticari, siyasi ve kültürel gibi bir alana hizmet eden ofislerdir. İdari büro binaları iki sınıfta incelenebilir;

- Kamu kuruluşlarına ait idari büro binaları
- Özel kuruluşlara ait idari büro binaları

- Ticari büro binaları

Bölümleri kiralanabilen, elverişli bir çalışma mekânı için gerekli ortam parametrelerini içeren, belirli bir programı olmayan yapılardır. İki büro tipi, farklı iç mekân düzeni, kapasite, ihtiyaç ve işlev gibi farklılıklara sahip olabileceği gibi planlama anlamında ise büyük bir fark yoktur.

3.3. Ofis Binalarında Mekân Kullanım Biçimleri

Ofis yapıları kullanıldığı teknoloji, tarihi süreç, belli bir örgüt içinde yer almaları ve mekânın kullanımı gibi ölçütlere göre farklı biçimlerde sınıflandırılabilir. Aşağıda mekân kullanımı ölçütleri çerçevesinde yapılan bir sınıflandırma verilmiştir. Ofisler, mekân kullanımında derinlik ve mekân düzeni olmak üzere iki kategoride incelenmiştir.

3.3.1. Derinliğine Göre

Bir mekân oluşturulurken etrafı sınırlandırılır. Mekânı başka bir hacimden ayıran fark ise bu süreçte ortaya çıkmaktadır. Mekânı oluşturan sınırlama hareketi fiziksel olabileceği gibi zihinsel de olabilmektedir. Mekan derinliği; sirkülasyon alanı sınırından ofis alanını sınırlayan bina dış cephesine kadar ölçülen mesafedir. Derinliklerine göre 4 grupta sınıflandırılabilir [105].

-Derinliği az olan mekânlar (4-5 m)

2/1'den büyük olmayan, geleneksel tek odalı ofis düzenindeki mekânlardır. Plan tipi; bir koridor ve onun etrafında sıralanmış ofis odalarından oluşmaktadır. Bu şekilde oluşu, kullanımda esneklik sağlamakta olup, isteğe göre odaları birleştirerek büyütme ya da küçültme esnekliği sağlayabilmektedir. Ancak yine de çok büyük bir grup çalışması için uygun değildir. Sirkülasyon alanının iki yanında ofis alanı düzenlendiğinde bu derinlik 2 katına çıkabilmektedir [105].

-Orta derinlikte mekânlar (6-10 m)

Derin mekânlarla kıyaslandığında daha rahat adapte olunabilen, koridor ve onun etrafında dizi ofis yapılarından oluşan planlamada derinlik ortalama 6-10 m iken, sirkülasyonun çift tarafında ofis kullanımı ile bu derinlik de 2 katına çıkabilmektedir. Ofis aktiviteleri bu derinlikteki mekânlar rahat bir şekilde gerçekleştirilebilmektedir. Dezavantajı eşit çalışma odaları oluşturulamamasıdır. Mekân derinliği arttığı için doğal aydınlatma ve havalandırma yeterli olmayacaktır. İhtiyacı karşılayacak nitelik mekanik havalandırma ve aydınlatma eklenmelidir [105].

-Derin mekânlar (11-19 m)

Mekân derinliği 11-19 m arasında olan tiptir. Genellikle 15 m olacak şekilde uygulanmakta olup, sirkülasyonun iki tarafında ofis mekânları sıralı planlamasında bu sayı yaklaşık olarak 2 katına çıkabilmektedir [105].

-Çok derin mekânlar (≥ 20 m)

Mekân derinliğinin 20 m ve üzerinde olduğu ofis tipidir. Tek bir sirkülasyon alanı yeterli olmayacaktır, bu sebeple birden çok nokta belirlenmelidir. Derinlik artışı ile birlikte dış cephe ile olan ilişki azalmaktadır. Doğal havalandırma ve aydınlatma yeterli olmadığı için ek sistemlere ihtiyaç duyulur [105].

3.3.2. İç Mekân Düzenine Göre

Bir ofis yapısında iç mekân düzeni işletme, organizasyon ve kişisel ihtiyaçlarından etkilenmektedir. Bu doğrultuda hem kişilerin hem de işletmelerin ihtiyaçları uygun bir şekilde yerine getirilmeli ve uygun planlama anlayışı, seçimi, tasarımı ve uygulaması seçilmelidir. Ofis yapıları, iç mekân düzenine göre 4 grupta incelenmektedir;

- Hücresel Büro
 - Geleneksel Mekânla (Tek Hücreli)
 - Çalışma Odalarından Oluşan İç Mekân Düzeni (Çok Hücreli)
- Büyük Hacim Büroları
 - Açık Büro
 - * Bull-Pen Sistemi
 - * Yönetici Çekirdek Sistemi
 - * Açık Yerleşme Sistemi
 - Serbest Düzenli Büro
- Grup Düzenli Büro
- Karma Düzenli Büro [105].

3.3.2.1. Hücresel Ofisler

Literatürde 'conventional' (konvensiyonel) diye geçer ve geleneksel büro olarak tanınır. Hücresel büro mekânı en eski ofis mekânı türüdür. Bir koridor ve etrafında ofis birimleri dizilir. Mekânlar kalıcı bir duvar yardımı ile ayrılmıştır. Ayrıca bürolarda; ışık ve ses düzeninin, aydınlatma ve havalandırma koşullarının belirlenmesi, büro tasarımının yapılarak yerleşim düzeninin belirlenmesi gerekir.

Ofisler çalışanların hava ihtiyacı 20-40 m³/saat olduğu kabul edildiğinde ısı konfor, İHK, havalandırma gibi kavramların önemi artmaktadır. Mekân derinliğinin maks. 20 m tutulması; hem doğal aydınlatma ve havalandırmayı etkilemekte hem de cephe yüzeyinde bulunan pencere ve kalın dış duvar oranına da etki etmektedir. Çevresel koku ve gürültü kaynakları da dikkate alınarak uygun önlemler alınmalıdır. Ofis iç donanımını oluşturan mobilya ve iletişim araçları öncelikle ortama uygun malzeme seçilmeli, salınım değerleri dikkate alınmalı ve iş akışını en verimli sağlayacak şekilde konumlandırılmalıdır. Bu tip ofisler 2 grupta incelenmektedir [105].

-Geleneksel Mekânlı Ofis Tipi (Tek Hücreli)

En çok kullanılan düzen olmakla beraber birkaç kişilik odalardan oluşur. Doğal aydınlatma ve havalandırmadan yararlanabilmek için mekân derinliği sınırlı tutulur. Küçük işletmeler için uygundur [105].

-Çalışma Odalarından Oluşan İç Mekân Düzeni (Çok Hücreli)

Mevcut yapıların yeniden hayata geçirilmesi ve yeni bir işlev kazanmasında kullanılan bu ofis tipi, 5-15 kişilik çalışma grupları için uygundur. Mekân büyüklüğü sebebiyle doğal aydınlatma ve havalandırma yetmeyeceği için mekanik sistem eklemesine ihtiyaç duyulmaktadır [105].

3.3.2.2. Büyük Hacim Büroları

Planlama olarak geleneksel ofislerden farklı olan bu ofis tipi iki gruba ayrılır;

-Açık Büro: Koridor ve kalıcı ayırıcı duvar yerini büyük bir ofis mekânına bırakmıştır. Rutin ve mekanik işler yapılan kurumlarda genellikle geniş salonlarda toplu çalışma tercih edilmektedir. Gerekğinde portatif ve ses geçirmeyen bölmelerde daha küçük salonlara bölünebilir. Bina maliyetinde düşüş, Isıtma, aydınlatma ve diğer servisler için ekonomiklik, yerden tasarruf sağlama, yapı elemanlarının sayısında azalma ve iş akışını kolaylaştırma gibi birçok avantajı bulunmaktadır. Aşırı gürültü oluşumu, işte dikkat dağınıklığı ve salgın hastalıkların daha hızlı yayılmasına sebep olması dezavantajları olarak sıralanabilir. Bu yüzden sesi emen hijyenik yalıtım malzemeleri seçilebilir ve dekorasyona uygun perdeler ile dikkat dağınıklığı azaltılabilir [95].

Kişinin konforlu hissettiği bağıl nem oranı %40-60 olduğu için bu oran dikkate alınarak, ısı kaynakları kontrolü iyi sağlanmalıdır. Büyük bir mekânı etkileyecek ısı kaynakları çatı, cephe, aydınlatma seviyesi, ortamdaki kişiler ve kullanılan makinelerden yayılan ısı vb. olduğu için ofis yapılarının yalıtılması iyi yapılmalıdır [105]. 3 grupta inceleyebiliriz;

* Bull-Pen Sistemi

* Yönetici Çekirdek Sistemi

* Açık Yerleşme Sistemi [105].

Bull-Pen Sistemi: ABD'nin tipik büro anlayışından kurtulmak için yalnızca yönetici odasının etrafının çevrili olduğu ve diğer çalışanları ayıran duvarların

kaldırıldığı tiptir. Özel olarak kapalı, küçük odalı kullanımını en aza indirir. Günümüzde bankalar başta olmak üzere birçok işyerinde sıkça uygulanan bir tip olmuştur [105].

Yönetici Çekirdek Sistemi: Yöneticinin odalar çekirdeğinin etrafında konumlandırarak, etrafının çalışanlara ayrılması ile oluşan açık ofis tipidir [105].

Açık Yerleşme Sistemi: Bu ofis tipinde ise yönetici ile çalışan kişilerin mekânlarını ayıran kalıcı duvarlar tamamen ortadan kaldırılır. Kullanılan işleve göre değişmekle beraber parayla ilgili güvenilirliğin önemli olduğu türdeki işlerde gizlilik azalabilmektedir. Ayrıca çalışanların ve yöneticinin kişisel prestijin azaldığı da düşünülmektedir [105].

-Serbest Düzenli Ofis: Bu ofis tipinde mekân derinliği kaynaklarda değişkenlik göstermekle birlikte özellikleri mekân büyüklüğünün fazla ve bölünmeden bir bütün halinde oluşudur [105].

Büyük mekânlarda hemen hemen zorunlu hale gelen aydınlatmanın iç ortam ısını artırdığı göz ardı edilmemelidir. Kişi sayısına bağlı olarak artan kirletici konsantrasyonu ile birlikte bozulan ortam havası için mekanik sistem gereklidir. Kullanacak mekanik sistem yardımı ile hava akış hızı, nem, sıcaklık, partikül madde gibi parametreler kontrol altına alınarak iç ortam havası geliştirilecektir [105].

3.3.2.3. Grup Düzenli Ofis

Büyük büro alanın küçültülerek parçalanmış şeklidir [105].

3.3.2.4. Karma Düzenli Ofis:

Hücreli, açık büro ve grup düzenli ofis tiplerinin tek bir mekânda kullanıldığı tiptir [105].

3.4. Büro Yapılarının Tasarımında Dikkate Alınacak İlkeler

Günümüzde ofisler; kolay, çabuk, rasyonel ve düzenli çalışmayı sağlayan, bütün gerekli aracı içinde bulunduran ideal bir çalışma yeri olarak görülmeye başlanmıştır. Bürolarda görülen işlerin etkin ve verimli bir biçimde görülebilmesi için tasarım, uygulama ve karar aşamasında dikkat edilmesi gereken birçok faktör bulunmaktadır. Bunları sıralayacak olursak [105];

- İşletme, Organizasyon ve Kişisel İhtiyaçlar
- İklim, Topoğrafya, Bitki Örtüsü
- Zemin Mekaniği, Alt Yapı, Ulaşım
- Manzara, Siluet, Estetik
- İmar Durumu, Biçimlenme, Yoğunluk
- Ekonomi, Taşıyıcı Sistem, Yangın, İşçilik
- Çevreye Uyum, Ergonometri, Malzeme
- Psikolojik etki
- Teknoloji, otomasyon, denetim gibi faktörlere göre şekillenmektedir.

İklim; ofis yapılarının arsaya yerleşimi, hâkim rüzgâr yönüne ya da arsaya göre yönelişi, güneşlenme yönü gibi iklimlendirme faktörleri üzerinden etkilemektedir. Yapı ile çevre arasındaki ilişki korunarak çevreye uyumlu yapıların tasarlanması gerekmektedir.

Nem, ses, gürültü, toz ve rüzgâr gibi etkenler korunmuş bölge oluşturulmasında bitki örtüsü önemli bir rol oynar. Mümkün olduğu yapı çevresinde mevcut olan bitki örtü korunmalıdır [105].

Özellikle ısı, su, akustik, darbe yalıtımı tasarım aşamasında büyük önem arz eder. İstenmeyen faktörlerin kontrol altına alınması için yalıtım gerekmektedir. Yapının dışından gelen ses ve gürültünün yanı sıra yapı içinde tesisattan kaynaklanan ses içinde gerekli tedbirler alınmalıdır. Havalandırma ister doğal olsun ister yapay olsun, iç ortamın havasını iyileştirmek için gereklidir. Isıtma, havalandırma ve klimada kullanılacak sistemlerin seçimi tasarım aşamasında yapılmalıdır. Öncelik pencere, kış bahçesi, çatı gibi elemanlarda doğal yoldan yapılan havalandırmadır. Aynı şekilde doğal aydınlatma tercih edilmeli, yetersiz olduğu durumlarda ek aydınlatma elemanları ile gerekli konfor sağlanmalıdır.

Ayrıca enerjinin korunumu, tasarrufu çerçevesinde yapı dış kabuğunda uygun malzeme seçilerek, doğru kesit uygulanmalıdır. Mümkün olduğu müddetçe doğal kaynaklardan maksimum seviyede yararlanılmalıdır. Fosil yakıt ve elektrik enerjisine olan bağımlılık en aza indirilerek, bunu sağlayacak sistemler mevcut ofis yapılarına entegre edilmelidir [105].

Kullanılan malzemeler binanın hem strüktürüne hem de estetiğine uygun olmalıdır. Döşemede, iç duvarda, dış duvarda ve tavanda vb. yapı elemanlarında

kullandığımız malzemelerin ofis kullanımı için uygun olmasına, İHK en az zarar veren, hijyen ve konfor açısından uygun olmasına dikkat edilmelidir. Yapıda kullanılan bütün malzemelerin, yapı elemanları vb. fiziksel ve kimyasal olarak birbiri ile uyum içinde, ekonomik, ergonomik yaklaşımda ve tekrar onarımı, bakımı hatta geri dönüşümü mümkün olacak şekilde seçilmesi gerekmektedir.

Ofis yapılarının içinde çalışanlar üzerinde fiziksel etkileri kadar psikolojik etkileri olduğu da unutulmamalıdır. Ofisin tavan yüksekliğinin de kişinin ruh dengesi, görsel algısı üzerinde etkisi olduğu bilinmektedir [105].

3.5. Ofislerde Fiziki Ortam Şartlarının Çalışanlar Üzerinde Etkisi

Ofislerde çalışma verimliliği ve üretimin kalitesi en önemli konuların başında gelmektedir. Verimlilik üretilen çıktı ile bu çıktı için kullanılan girdi arasındaki ilişkidir. Kişiden kişiye ya da işten işe değişiklik boyutlarda düşünülse de genel mantık aynıdır. Daima üretilenin miktarı ve kalitesi ile onu üretmek için kullanılan kaynaklar arasındaki ilişkiden ibarettir. Çalışmadaki olmazsa olmazların başında gelen çalışma verimliliğini ve kalitesini etkileyen en önemli faktörlerden biri 'fiziki çevre'dir [108, 109]. Günümüzde işlerin ofis yapılarında yürütüldüğü düşünüldüğüne, üretimde önemli bir rol oynayan ofislerin çalışanlar için konforlu olması gerekmektedir. Yetersiz aydınlatma ve havalandırma, ısıtma ve benzeri gibi çalışma ortamının fiziksel koşullarının uygunsuzluğu, aşırı ve uzun çalışma saatleri, ergonomik koşullara uyulmaması, iş güvenliğinin olmaması, gürültü, az-çok ısı ya da nem ve hava akımı gibi durumlar bireylerin hem fiziksel hem de ruhsal sağlığını olumsuz yönde etkilemektedir. Hatta birçok kurum çalışanların verimliliğini artırmak ve iş ortamlarını cazip hale getirmek için yeni teknik ve teknolojiler kullanmaktadır [108, 110, 111].

Bu konu ile ilgili Leaman tarafından bir anket çalışması yürütülmüştür. Araştırmasında ofis ortamı ile memnuniyetsiz çalışan ve onların verimlilikleri arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Ofis çalışanlarının; verimlilik, ısı, aydınlatma, havalandırma ve gürültü gibi çevresel koşullardan etkilenip etkilenmediği sorusu irdelenmiştir. Çalışmada çalışanların sıcaklık, havalandırma, ışık ve gürültü seviyesinden memnun olmadıkları, bu olumsuz ofis koşullarının ise verimliliklerini etkilediği gözlemlenmiştir. Ayrıca mümkün olan en iyi binaların özelliklerini özetlemektedir. Aynı şekilde ofis tasarım danışmanlığı şirketi BOSTI (Buffalo

Organization for Socialand Teknological Innovation/Sosyal ve Teknolojik Yenilik Buffalo Teşkilatı)'nın müdürü Michael Brill, çalışanların çoğunun sükûnet ve güven arayışında olduğunu fark etmiştir. Brill, işyerlerinin çalışma davranışlarını ve sonuçlarını nasıl etkilediğini derinlemesine bir 'iş destekleyici işyeri tasarımı' anlayışı içinde incelemiştir. Ayrıca şirket araştırmalarının, verim artırma amacının yanı sıra bir de harcama kısmaya yönelik olduğu sonucuna varılmıştır. Çalışmasında çevre memnuniyeti, maliyet, taban alanı, mobilya, gürültü, esneklik, rahatlık, iletişim, ışıklandırma, doluluk, sıcaklık ve havalandırma gibi faktörler; verimliliği etkileyen en önemli faktörler olarak sıralanmıştır. Profesyonel olarak çalışanlara uygulanan anketler sonucunda, yeniden yapılandırma ile bunların iyileştirilmesi gerekliliğine ve çalışan verimliliğinin arttırılabileceğine değinilmiştir [111].

Ofis yapılarındaki fiziki çevre faktörleri aşağıda incelenmiştir. Bu faktörlerin yanında mahrumiyet, hijyen ve bakım konularının da çalışan sağlığı ve iş verimliliği açısından önem taşıdığı unutulmamalıdır.

3.5.1. Aydınlatma

Çalışma alanlarında; üretimin kalite standartları çerçevesinden yapılabilmesi, üretim verimliliğini artırmak ve en önemlisi çalışanların göz sağlığını korumak için aydınlatmanın iyi bir şekilde yapılması gerekmektedir. Çünkü insanların algılamasında en önemli rolü üstlenen göz, algılamada yaklaşık olarak %80'lik bir paya sahiptir. Çalışma ortamı için gerekli uygun ve yeterli bir aydınlatmanın, çalışanların verimi ve yapılan işin kalitesi üzerindeki etkisinin %15-40 arasında olduğu literatürde yer almaktadır [112]. İnsanların psikolojik olarak kendilerini rahat hissetmesini ve konforlu bir hareketi sağlayan ışık; doğru yerde ve doğru şekilde kullanılmadığı takdirde; göz rahatsızlıkları, kamaşma, noktasal ışık kaynaklarının oluşması, bilgisayar ekranında yansımalar, görme alanı içinde farklı parlaltı seviyelerinin oluşması, üretimde yavaşlama, çalışma verimliliğinin azalması, iş kazaları ile beraber malzeme israfı gibi uzun vadede önemli zararlara neden olabilmektedir [113].

Yeterli bir aydınlatma; yansıma oranı, aydınlatma düzeyi, ışık şiddeti, parlaklığı, yüzeylerin aydınlatma konsantrasyonları, gölge, renk gibi bileşenlerin konfor şartları açısından uygun optik koşulları kapsamaktadır. Yeterli aydınlatma için belirli değerler standartlarla tespit edilerek belirtilmiştir. Türkiye’de de İşçi Sağlığı ve Güvenliği

Tüzüğünde "en az aydınlatma şiddeti standartları" altında bu değerler verilmiştir [109, 110, 113]. Yapılan işin türü ve büyüklüğüne göre doğal aydınlatma, yapay aydınlatma ya da ikisinin birleştirildiği karışık bir sistem kullanılabilir. Gün ışığı ile aydınlatmanın çalışma alanları, ışık gereksinimine bağlı olarak yapay ışık kaynakları ile desteklenebilmektedir. Aydınlatmada yakın çevredeki yapılar, yapı elemanlarının yansıtıcı özellikleri, renk, pencere-kapı oranı ve tipleri gibi faktörler önem taşımaktadır. Örneğin; koyu gölgeli ya da koyu renkli alanlar karanlık noktalar oluştururken aynı şekilde göz kamaştıran ışık hem çalışma verimliliğini hem de çalışanları etkileyecektir. Aydınlatma farklarının büyük olduğu durumlarda, gözün sürekli adaptasyonu gerekir ve yüksek aydınlık şiddetinde çalışanların daha iyi gördüğü çok fazla arttığında ise yorgunluğa sebep olduğu bilinmektedir. Tekdüze bir ışık seviyesi ise monotonluğa yol açabilmektedir [108, 109, 112].

Aydınlatmanın doğal ya da yapay oluşu, çalışanları fiziksel olarak etkilediği gibi psikolojik anlamda da etkilemektedir. Çalışanların büyük kısmı doğal aydınlatma ile aydınlatılan mekânlarda daha sağlıklı ve üretken hissetmektedirler. Yapılan araştırmalar, yeterli aydınlatmanın iyi görmeyi sağlayarak, üretimin daha iyi bir kalitede, iyi bir verimlilikte ve daha kısa sürede sağlandığını göstermiştir [108, 109]. Gün ışığı ile aydınlatmada ışık sol omuzun arkasından gelmeli, bu şekilde oturma pozisyonundaki birinin önündeki kâğıda, vücudunun gölgesinin düşmesi engellenmiş olmaktadır. Açık ofis yapıları gibi ofis çalışanları arasında yüksek iletişimin amaçlandığı sistemlerde genel aydınlatmanın yanında kişisel ya da bölgesel aydınlatma da kullanılmalıdır. Gün ışığı ile aydınlatmada gün ve mevsim içinde ışık düzeyi değişebilmektedir. Gözlemciler değişimin insanları çok etkilemediğini, çünkü değişimin aniden değil de süreçle gerçekleştiğini ve göz uyumu ile sağlandığını söylemişlerdir. Ayrıca bu durumun doğal yapımız ile uyumlu olmakla beraber çalışma anında çok etkili olmadığı savunulmuştur [112, 114].

Işığın yansımaları da önemlidir ve renkler bu yansımanın düzeyini etkilemektedir. Ayrıca insanların çevrelerindeki parlak ve renkli yüzeyler dikkatlerini çekmektedir. Bu sebeple yapı elemanları için renk seçimi önem taşımaktadır. Koyu renkler açık renklere oranla daha düşük yansıtma özelliğine sahiptirler. Açık renkler, daha az ışıqla aydınlatılabileceği için enerji verimliliği ve tasarrufu açısından önemlidir [108, 112, 114]. Renklendirme; çalışma alanında renk ahengini yakalamak, aydınlatmayı artırmak

ve uyarıcı etki olarak kullanılmaktadır. Fazla renk kullanımı ise uzun vadede yorgunluğa sebep olabileceği gibi fazla nötr renklerde monotonluğa sebep olabilmektedir. Güneşlenme yönü dikkate alındığında kuzey tarafında daha sıcak renkler kullanılırken güney tarafında daha soğuk renkler tercih edilmelidir. Ofislerde soğuk renk kullanmak, çalışanlar üzerinde dinlendirici etki oluşturacaktır. Yapılan işe göre renk seçimi değişkenlik gösterebilir, örneğin; koyu küçük malzemeler ile çalışan bir işyerinde yüksek aydınlatma düzeyi tercih edilir. Hatta yaş arttıkça daha çok ışığa ihtiyaç duyulduğu da bilinmektedir [108, 110].

3.5.2. Havalandırma

Havalandırma işlemi; kirli hava ile temiz havanın yer değiştirmesidir. Genellikle hava akımı ile karıştırılrsa da farklı kavramlardır çünkü hava akımı; ortamdaki havanın bir yerden başka bir yere hareket etmesidir. Havalandırma, hava boşluğu kavramını tanımlayan dinamik bir parametredir. Havalandırma sayesinde ortam havasındaki kirleticiler hafifleyerek, çalışanlar için serinlik ve temiz hava gereksinimi karşılanır [112].

İç ortam havası gerekli konfor şartlarına ne kadar uygun olursa, çalışanlar da o kadar konforlu hissetmektedir. Uygun koşullar altında rahat çalışan kişilerin iş verimliliği de yüksek olmaktadır. Aksi durumda, çalışma ortamları yeterli havalandırılmadığında verimlilik düşerken, çalışanlarda baş ağrısı, rahavet, göz, burun ve boğaz gibi rahatsızlıklar, uyuşukluk, hareketlerde ağırlaşma ve çalışma arzusunda azalma ortaya çıkmaktadır. Bu doğrultuda, tasarım aşamasında gerekli önlemler alınmalıdır.

Havalandırma, genel olarak yapay ve doğal havalandırma olmak üzere iki şekilde yapılabilir. Doğal havalandırma, kapı, pencereler, çatı ve açıklıklar yoluyla yapılan havalandırmayı; yapay havalandırma ise, çeşitli mekanik gereçler kullanılarak yapılan havalandırmayı ifade etmektedir [115].

Doğal havalandırma, rüzgâr gücü, ısıl güç ya da basınç farkı gibi doğal hava hareketine bağlı olarak oluşmaktadır. Bu şekilde ortamın ısısı ayarlanabilmekte ve ortamdaki kirleticiler uzaklaştırılabilmektedir. Hatta ekolojik anlamda incelenirse; mekanik sistemlere olan ihtiyaç, fosil kaynaklı enerji tüketimi, elektrik enerjisine bağlılık ve sera gazı emisyonlarını azalabilmektedir [116, 117]. Konfor konusu temel

alındığında doğal ve yapay havalandırmanın birlikte tasarlanması gerekmektedir. Çünkü doğal hava koşulları belirsizliklerinde; yapay havalandırma sistemleri ile hava hareketlerinin kontrol edilmesi daha kolay olmaktadır ve yapay sistemler bu belirsizliklerden etkilenmemektedir [115, 117].

Tasarımda mümkün olduğunca doğal yolla havalandırma sağlanmalı, doğal havalandırmanın yetersiz olduğu durumlarda, mekanik havalandırma ile ortamlar desteklenerek; sağlıklı ve konforlu çalışma ortamları oluşturulmalıdır [108, 109]. İyi bir hava kalitesi için etkili bir havalandırma büyük önem taşımaktadır. Yapının yaşam döngüsü boyunca tüketilen toplam enerjinin yaklaşık olarak %95'i HVAC sistemleri için kullanıldığı düşünüldüğünde, mekanik sistemler yerine doğal yöntemlerle karşılanan havalandırma ile ekonomik, ekolojik ve çevresel faydalar kazanılmaktadır [116].

Çalışma alanlarının büyüklüğü ve üretimin türü, havalandırma miktarını belirlemektedir. Hacim ne küçük olursa ihtiyaç duyulan havalandırma o kadar fazla olmaktadır [110, 112]. Ortamda bulunan makineler ve insanların yaydığı ısı da dikkate alınmalıdır. Açık ofis tiplerinde havadaki bulaşıcı hastalıkların daha çabuk yayıldığı göz önüne alınmalı, standartlarla belirlenen kişi başına düşen gerekli temiz hava miktarı, mekanik sistemlerle sağlanmalıdır. Filtre seçimine dikkat edilerek; mekanik sistem araçlarının temizlik ve bakımı düzenli bir şekilde kontrol edilmelidir [109, 112].

3.5.3. Ses ve Gürültü

Ses, hava basıncındaki dalgalanmaların kulakta meydana getirdiği etkidir. Gürültü ise genellikle istenmeyen ve rahatsız eden ses olarak tarif edilmektedir. Sağlıklı bir insan kulağı 0dB-140dB arasında bulunan ses şiddetine karşı duyarlıdır. Ayrıca insan kulağının en duyarlı olduğu aralık; 3000-4000Hz frekans ve 60-90dB ses basıncı aralığıdır [108, 114].

Gürültü; frekans aralığı, bulunduğu alanın boyutu ve ses düzeyine bağlı olarak çeşitlilik gösterebilmekle beraber kişisel faktörler doğrultusunda da farklı algılanabilmektedir. İnsanların gürültüye duyarlılığı farklı ölçülerde olabilmektedir. Gürültünün uzun sürede etkisini göstermesi sebebiyle çalışanlar bu durumu fazla dikkate almamaktadır. Ayrıca çalışanların üzerindeki psikolojik etkileri de tam olarak anlaşılmamaktadır. Gürültü insanın fizyolojik ve psikolojik sağlığını bozmakla beraber

sosyal ve toplumsal ilişkilerini de etkilemektedir [110]. İşitme organlarında geçici ya da kalıcı etkilere sebep olması, sağırılık, kan damarlarının daralması, kan bileşiminde değişiklikler, kalp atışlarının artması, sindirim sisteminde yavaşlama, baş dönmesi, reflekslerde canlılık azalması, deride elektriksel dayanıklılık azalması, kanda kolesterol düzeyinin artması, böbrek üstü bezlerde hormon artışında yükselmeler ve göz bebeklerinin büyümesi gibi önemli sağlık sorunları fiziksel etkileri olarak sıralanabilmektedir. Psikolojik etkileri ise; konsantrasyon eksikliği, dikkat dağınıklığı, yorgunluk, uyku bozukluğu, sinirlilik hali, kararsızlık, iletişim bozuklukları, karakter değişikliği, iş performansında ve iş konforunda azalma, iş kazalarında artma, stres seviyesinde artma, tepki süresinde uzama, hata oranında artış ve algıda azalma vs. olarak sıralanabilmektedir [108, 110, 114]. Diğer taraftan, monoton ve çok sessiz bir iş ortamı da uyuşukluk ve uyku haline neden olmakla beraber sağlık açısından zararlı olmayan bir gürültü düzeyi kişiler üzerinde uyarıcı etki yaparak uyanık kalmalarını sağlamaktadır [112].

Özellikle çalışma alanlarını gürültüden arındırarak, işitsel gizliliği sağlamak önemlidir. İşitsel konfor; sesin şiddeti, düzeyi, kaynağı, yapılan işin türü, kişisel faktörler ve faaliyetlere bağlı olarak değişmektedir [105]. Önceleri fazla sorun teşkil etmeyen aşırı ses konusu, gelişen teknoloji, endüstrileşme ve beraberinde gelen makineleşme ile birlikte kapsamı ve boyutu artarak hayatımızın her alanını etkilemektedir. Aşırı gürültü durumu, iş verimini, çalışan sağlığını ve güvenliğini olumsuz etkilemektedir. Hatta 'gürültü kirliliği' diye adlandırdığımız olgu, zamanla koşulları zorlayarak insan sağlığını tehdit etmeye başlamıştır. Bu etki, maruz kalınan sesin şiddetine ve sese maruz kalma süresine göre değişmektedir. Tablo 3.1 ve 3.2'de gürültüye dayanma süresi ve buna bağlı oluşabilecek işitme kayıpları dB cinsinden verilmiştir [108, 110].

Tablo 3.1. Gürültü Düzeyine Bağlı Olarak İşitme Kaybı Yüzdeleri [110]

Gürültü Düzeyi (dB)	İşitme Yeteneği Kaybı (%)		
	5 yıl sonra	10 yıl sonra	20 yıl sonra
80	0	0	0
90	4	10	16
100	12	29	42
110	26	55	78

Tablo 3.2. Gürültü Dayanma Süresi [110]

Gürültü Düzeyi (dB)	Dayanma Süresi
90	8 dk./gün
100	5 dk./gün
110	3 dk./gün
120	28 sn./gün

Ofislerdeki gürültü düzeyi endüstri yapılarına kıyasla insan sağlığını etkileyecek kadar fazla değildir. Bir ofis ortamındaki gürültü düzeyi yaklaşık olarak 50-55dB aralığındadır ve gürültünün seviyesi ofisin boyutuna, kapsamına, yürütülen faaliyet ve ofis tipine gibi bir takım değişkenlere bağlıdır. Örneğin açık ofis tipinde, makineler ve insanlar aynı mekânı paylaşmaktadır. Konuşma düzeyinin artması gibi oluşabilecek gürültü düzeylerinde iş verimliliği ve kişi sağlığı etkileneceği için gerekli önlemlerin alınması gerekmektedir. İç mekân donanım elemanları, bölme duvarlar, asma tavan, doğru mekân biçimlenişi, ses maskeleye sistemleri gibi tedbirler alınarak gürültü oluşumu en aza indirilmelidir [109].

3.5.4. Hava Koşulları

Çalışma ortamlarının iklimsel özelliklerinin çalışanları etkilediği bilinmektedir. Çalışılan ortamın özelliği; işin türüne bağlı olarak gerekli araç-gereçlerin yaydığı ısıda, soğutulmuş tesislerde ya da hangi iklim koşullarında çalışıldığı, iş verimliliğini etkileyen faktörlerdir [110]. Sıcaklık, nem, hava akış hızı gibi çevresel parametreler, kişilerin rahat çalışabildiği konfor değerleri içerisinde olmalıdır. Bu faktörlerin çalışanlar üzerinde olumsuz etkisinin, iş verimi, kalitesi ve süresine de olumsuz olarak döneceği unutulmamalıdır. İklim ve ortam etkenlerinde cinsiyet, yaş, kişisel faktörler, eylemlerin etkileri de göz önünde bulundurulmalıdır. Bu çalışmada ofis yapılarını etkileyen çevresel hava koşullarından sıcaklık, nem, hava akış hızı ve partikül madde etkisi alt başlıklar olarak incelenmiştir.

Sıcaklık

İnsan vücudu; dış çevre ile sürekli olarak yaptığı ısı alışverişi ile ısıl dengesini sürdürmektedir. İnsan vücudu ısı değişimi karşısında, ısı alışveriş mekanizmaları yardımıyla ortama uyum sağlamaya çalışmaktadır. İnsan bedeni ortalama 36,5 C° sıcaklığa biyolojik olarak uyumludur. Vücut sıcaklığı soğuk havalarda oksijeni yakarak, sıcak havalarda ise terleme olayı ile ısıl dengeyi sağlamaktadır. Isıl konfor; çevresel

parametreler bakımından rahatlık duyma hali olarak tanımlanabilmektedir. Tüm koşullar insanın konfor içinde hissedebildiği şekilde düzenlendiğinde ancak ısı konfor sağlanmış olmaktadır [108, 110, 112]. İç ortam sıcaklığı, ısı konfor parametrelerinin en önemlisi kabul edilmektedir. İç sıcaklık; yaz ve kış sezonlarında, çalışanların konforlu hissettiği aralıkta olmalıdır. Kişilerin rahat hissettikleri ısı; yaş, cinsiyet, eylemleri, alışkanlıkları ve kişisel faktörlere göre çeşitlilik gösterebilmektedir. Genel olarak birçok insanın rahat olarak çalıştıkları ısı değer 20-26 C° olarak belirtilmiştir. Bu değerler dışında, rahatsızlık verici sıcak ya da soğuk hissi veya hastalık belirtileri ortaya çıkabilmektedir [109, 112, 114].

Çalışma alanlarındaki hava sıcaklığının hem çalışanların sağlığını hem de iş verimini etkilediği bilinmektedir [108]. Aşırı sıcaklıkta çalışanlarda durgunluk, tembellik, isteksizlik, bıkkınlık, sinirlilik, dikkatsizlik, hata oranında artış, zihinsel çalışmalarda verim düşüklüğü, yetenek ve becerilerin azalması gibi psikolojik etkiler görülmektedir. Fiziksel etkileri ise; iş verimini düşürür, kramplar, ısı çarpmaları, bedene dayalı işlerde verim düşüklüğü, vücudun asit-tuz dengesinde bozulma, yoğunluk, dolaşım sisteminde zorlamalar meydana gelmektedir. Normalin altındaki sıcaklıklarda; vücut ısısında düşüş, el-parmak hassasiyetinin kaybedilmesi gibi durumlar görülmektedir [110]. Anlaşıldığı gibi çalışma ortamlarının sıcaklığı önemlidir ve ihtiyaç duyulan düzeyi yakalamak için gerekli tedbirler alınmalıdır. Isı ayarlamaları hem günlük hem mevsimsel olarak uygulanmalı, ortamda yüksek ısı yayan araç-gereçler için önlemler alınmalıdır. Tasarım aşamasında tedbir alınmalı, perdeleme ile ısı kaynakları çevrelenmeli, pencere-kapı-duvar gibi yapı elemanlarının kesit detayları iyi seçilmelidir [109, 112].

Nem

Birim havada bulunan su buharı miktarı bağıl nem olarak adlandırılmaktadır ve oransal bir büyüklüktür. Bağıl nem sıcaklıkla değişim göstermektedir. Daha yüksek sıcaklıktaki havanın taşıyabileceği nem miktarı daha fazladır. Bu nedenle yüksek sıcaklıklarda nem oranı önem kazanmaktadır.

Ofis yapılarında, çalışma ortamlarının nem açısından uygun düzeyde tutulması gerekmektedir. Uygun nem oranı, havadaki su buharı oranının %50 olduğu durumdur. %30'dan az ya da %70'den fazla olması olumsuz etkilere neden olmaktadır [108, 112]. Yüksek nem; bitkinlik, terleme, soluk alıp vermede sıklaşma, kalp atışında hızlanma,

yüzde kızarma, baş dönmesi, burun ve boğazda dolgunluk duygusuna sebep olmaktadır [110, 112]. Düşük nemde ise; solunum yollarında tahriş ve kuruluğa, kronik öksürüğe, vücudun su kaybında artış, su içme istediğinde artış, rahatsızlık ve huzursuzluk hissi ortaya çıkmaktadır. Ayrıca dengesiz nem oranı; sinirliliğe, isteksizliğe, direncin düşmesine ve çalışanlarda baş ağrısına sebep olabilmektedir [108, 112, 114]. Böyle durumlarda çalışan sağlığı açısından uygun ortamlar hazırlanmalıdır. Nem için oluşturulacak konfor bölgeleri için hem yaz hem kış sezonu ayrı ayrı dikkate alınmalıdır.

Hava Hareketleri

Standartlarla belirlenen normal sınırlar çerçevesinde, verimli ve sağlıklı bir işyeri ortamında uygun hava akımı 150 mm/saniye civarında olmaktadır. Bu akım 510 mm/sn. düzeyine çıktığında ortam “esintili”, 100 mm/sn. düzeyine düştüğünde ise ortam “havasız” olarak nitelendirilmektedir. Çalışma ortamı için oluşabilecek uygun bir hava akımı; pencere sayısı ve konumuna, tavan yüksekliğine, kişi başına düşen m³'e, rüzgâr etkisi, basınç gücü, ısı fark gibi etkenlere bağlıdır. Konforlu bir çalışma ortamı hazırlamak için, tasarım ve uygulama aşamalarında kullanılan tekniğe ve hava akımını kontrol altına almayı destekleyen mekanik sistemlerin seçimine dikkat edilmelidir [110, 112, 114]. Tablo 3.3'de uygun çalışma koşullarının sağlanması için gereken ısı konfor parametrelerin limit değerleri verilmiştir.

Tablo 3.3. Çalışma ortamı için gereken hava koşulları değerleri [110]

Çalışmanın Türü	Hava Sıcaklığı			Bağıl Nem			Hava Akımı
	En Az °C	En Uygun °C	En Çok °C	En Az °C	En Uygun °C	En Çok °C	
Büro işleri	18	21	24	30	50	70	0,1
Oturarak yapılan hafif işler	18	20	24	30	50	70	0,1
Ayakta yapılan işler	17	18	22	30	50	70	0,2
Ağır işler	15	17	21	30	50	70	0,4

3.5.5. Partikül Madde ve Alerjenler

Soluduğumuz havada gelişmiş teknoloji ile birlikte kullanılan, üretilen ve depolanan çok sayıda maddenin oluşturduğu birçok partikül madde bulunmaktadır. Ofislerde kullanılan bilgisayar, yazıcı, fotokopi makineleri, tonerler, tüp, yapıştırıcı,

mürekkep ve temizlik malzemelerinde ortama çok sayıda kimyasal salınmaktadır. Yapı elemanları ve insan vücudu da ortama çeşitli gazlar ve kirleticiler yaymaktadır [110, 112, 114].

Meslek hastalıklarının büyük bir bölümü toz, partikül madde, toksin ve alerjenlerden kaynaklanmaktadır. Maruz kalma sonucu; akciğer rahatsızlıkları gibi solunum fonksiyonlarında kayıplar, mesleki astım, dokuda tahribatlar, kanserojen etki ve alerjik hastalıklar görülebilmektedir. Ayrıca solvent, pestisit vb. içeren temizlik malzemeleri deri, el ve gözlerde tahrişlere sebep olabilmektedir. Tehlikeli olmalarına rağmen maruziyet riskinin düşük olması ve uzun vadede ortaya çıkmasından dolayı zararsız olarak kabul edilebilmektedir. Kimyasal salınımı önlemek için hammadde aşamasını değiştirmek yada en azından havaya saldığı konsantrasyon seviyesini kontrol altında tutmak gerekmektedir. Havadaki CO, formaldehit gibi toksin maddelerin temizlenmesinde bitkiler de kullanılabilmektedir [110, 112, 114].

3.5.6. Ergonomi

Ergonomi; "fiziksel çevrenin insana uyumlaştırılması süreci çerçevesinde insan-makine-çevre arasındaki uyumu inceleyen bilim" olarak tanımlanabilmektedir. Çağımızdaki gelişimler sonucu ortaya çıkan makineleşme ile insan arasında, insan odaklı bir çevre oluşturmak hedeflenmektedir. İnsanların anatomik ve bilişsel özellikleri ile çalıştıkları ortam arasında maksimum uyum sağlanmaktadır. Çalışan kişinin yaptığı işe değil, işin kişiye uygun hale getirilmesi amaçlanmaktadır. Farklı işlerin yürütüldüğü farklı çalışma ortamları bulunmaktadır. Bu ortamlar insan faktörü korunarak, verimliliği artırmak için ergonomik bir şekilde düzenlenmelidir. Monitör ile donatılmış bir çalışma ortamında, kişinin görüş hizası dikkate alınarak monitörler yerleştirilir. Alçak yerleştirildiğinde kullanıcıda boyun problemleri ortaya çıkmaktadır. Klavye ve fare ile çalışan kişilerde el, parmak kaslarında sıkışma ya da ağrı olmaması için el yapısının kıvrımlarına uygun tipte seçilmeli, ergonomik tasarımlar kullanılmalıdır. Ayakta çalışan biri için masa yüksekliği elbette oturarak çalışanın masasına göre yüksek tutulmalıdır. Ani ve sert eğilme, burkulma gibi kas ve iskelet sistemine zarar verecek durumlar en aza indirilmelidir. Çalışma sandalyesi, kişinin istekleri ve fiziksel özelliklerine göre ayarlanabilir olmalıdır. Bacaklar için boş yerler bırakılmalıdır [110, 112, 114].

Ergonomik şekilde düzenlenen ofis yapılarında, çalışanların fiziksel özelliklerinin korunmasının yanı sıra yeteneklerinden de en iyi şekilde yararlanılmalıdır. Ayrıca iş kaynaklı sakatlanma veya yaralanma riskini en aza indirerek insan vücudundan en yüksek seviyede verim alınabilmesi amaçlanmaktadır. Sadece çalışma ortamları değil, kullanılan araç-gereç, ekipmanlar da çalışanlar için uygun hale getirilmektedir. Özellikle iş güvenliği ve işçi sağlığı açısından ergonomi önemlidir [110, 114, 118].

Ergonomi; kötü çalışma ortamının çalışan üzerinde oluşturduğu yorgunluk, sağlıksızlık ve rahatsızlık sorunlarını çözmek için birçok bilimsel yöntemden yararlanmaktadır. İnsanın vücut ölçüleri, eylemin cinsi ve limit değerleri irdelenerek, istatistiksel veriler toplanıp değerlendirilmektedir [112].

3.6. Ofis Hastalıkları

Ofis hastalıkları, çalışma süresi boyunca gerek oturma şeklinden gerekse çalışılan ekipmanlardan kaynaklanan, çalışan üzerinde fiziksel ya da psikolojik etkilere sebep olan rahatsızlıklardır. Sürekli aynı pozisyonda kalmak, yapılan işin niteliği, eylem özellikleri, ortamın konfor seviyesi gibi uygunsuzluklardan etkilenmektedir. Bu etkiler fizyolojik ve psikolojik etkiler olarak iki başlık altında incelenmektedir [114].

3.6.1. Fizyolojik Hastalıklar

Ortamın ısı, nem, ışık ve konfor açısından ısı konforunun sağlanmadığı durumlarda çalışanların fiziksel durumlarında hastalıklar oluşabilmektedir. Sürekli aynı pozisyonda kalma, tekrarlayan hareketler, ekranlı ve klavyeli araçlar ile küçük, hassas ya da ağır maddeler ile çalışma sonucunda kişilerde kas-iskelet koordinasyonunda hasarlar, yorgunluk ve vücut sistemlerinin görevini sağlıklı bir şekilde yerine getirmedeği görülmektedir. Çalışanlar üzerinde oluşabilecek fiziksel rahatsızlıklardan bazıları aşağıda açıklanmıştır [114].

Kas-İskelet Sistemi Hastalıkları

Vücudumuzdaki kaslar, fazla yıpranma ve kullanmama sonucunda deforme olarak işlevlerini eskisi gibi iyi bir şekilde yerine getirmeyebilmektedir. Bu durum beraberinde boyun, bel, omuz, diz ve eklem vb. uzuvlarında ağrılar meydana getirmektedir. Kaslarda oluşan zayıflıktan etkilenen kemik ve eklemlerde, bazen fitik

bazen de kıkırdaklarda aşınma görülmektedir [114]. Çalışma boyunca kullanılan ekipman, postür (oturma duruşları), titreşim, yanlış veya ani hareket etme ve uzun süreli yorulma sonucu kas ve iskelet sisteminde ağrılar, deformasyonlar oluşabilmektedir. Masa başı bir işte çalışan kişinin, kol, bilek, el ve parmak koordinasyonu zamanla verimliliğini yitirebilmektedir. Yapılan işin niteliği doğrultusunda ayakta çalışma, güce dayalı çalışma, aynı işin sürekli tekrar edilmesi ve yapılma hızı, kasların ve kemiklerin yorulup aşınmasına, hatta ileri düzeyde iltihaplara sebep olabilmektedir. Yaşa ve kişisel faktörlere bağlı olarak osteoporoz gibi hastalıklar görülmektedir [112, 114].

El, kol, parmak, diz, omuz, boyun ve sırt bölgelerinde gerginlik, yorulma hissi, kasılma, ağrı, sertleşme, uyuşma meydana gelebilmektedir. Özellikle gece yatarken uyuyamaya, daha çok ağrı ve konforsuzluk durumu sık sık görülmektedir. Yeterli bir şekilde verilen dinlenme molaları, çalışmada rotasyon, işyerinde yapılacak doğru egzersiz ve açma hareketleri, ergonomik tasarlanmış donanımlar, vücut yapısına uygun ofis mobilyaları ve çalışanlara verilecek küçük eğitim seminerleri ile gerekli önlemler alınabilmektedir.

Dolaşım Sistemi Hastalıkları

Kişisel faktörler, dengesiz beden aktivitesi, doğru beslenmeme ve çalışma ortamlarında oluşabilecek stres; çalışanlarda tansiyon, göğüs ağrıları, ritim bozukluğu, damar yapısında bozulma, kalp-damar rahatsızlıkları ve ileri düzeyde kalp krizi şeklinde etkilemektedir [114].

Alerjik hastalıklar

Yapılan birçok çalışma, iç ortam havasının dış havaya göre 2-10 kat daha fazla kirli olduğunu göstermiştir. Yapı üretiminde kullanılan yapı malzemeleri, boyalar, kaplama malzemelerinin yaydığı ya da yüzeylerinde biriktirdiği kimyasallar ve alerjenler, kişilerde alerjik rahatsızlıklara sebep olmaktadır. Sigara dumanına maruz kalma, yetersiz havalandırma ve ofis ekipmanlarının yaydığı maddelere maruz kalındığında çalışanlarda; gözlerde kaşıntı, kızarıklık, sulanma, batma ve deride kabarıklık, kaşıntı, kızarıklık, pullanma, renk değişiklikleri, kalınlaşma görülmektedir. Hapşırma, burun akıntısı, burunda kaşıntı, tıkanıklık, iç sıkıntısı, el ayasında ve ayak tabanında kaşınma, tansiyon düşüklüğü, şok, soluk borusunda şişme ve nefes darlığı gibi ileri hastalıklar da oluşabilmektedir. Ayrıca klima sistemleri ile bulaşan lejyoner

hastalığı dikkate alınmalı, mekanik sistemlerin bakım ve onarım belli aralıklarla düzenli bir şekilde yapılmalıdır [114].

Fiziksel Yorgunluk

Fiziksel yorgunluk; çalışanın iş yapabilme yeteneğinin azalması ve vücuttaki organların işlevlerini yerine getirememesi durumudur. Konforsuz çevre koşulları; yorgunluğa ve dikkat dağılmasına sebep olmaktadır. Aşırı sıcak ya da soğuk, nem oranı, dengesiz aydınlatma, aşırı gürültü gibi faktörler çalışanların fiziki yapısını yormaktadır. Günde 8 saat, haftada en az 40 saat süren çalışma süresi, sıklığı, çalışılan işin boyutu ve yapılan eylemler yorgunluğu arttırmaktadır. Yorgunluk kavramı, kişilerin psikolojik ve fizyolojik özellikleri ile değişiklik gösterebilmektedir. Beslenme düzeni, kalıtsal faktörler, yaş, cinsiyet, sinirsel dengeye bağlı olarak birinde hissedilen yorgunluk etkisi diğerini etkilemeyebilmektedir. Kısa süreli ve sık sık dinlenme molaları verilmelidir. Bu şekilde dikkat dağınıklığı önlenerek, iş verimi ve işe adapte olma oranı artacaktır [108].

3.6.2. Psikolojik Hastalıklar

İşin yükü ve niteliği, yönetici baskısı, monotonluk, iş çeşitliliği ya da çok yönlülüğü, ekonomik zorluklar, rol belirsizliği vb. durumlarda çalışanın psikolojik sağlığı zarar görmektedir. Bulunulan ortamın sıcaklığı, nemi ve hava akış hızının az ya da çok oluşu kişileri etkilemektedir. Hava akış hızının yüksek olduğu mekânlarda insanlar sinirli hissederken, düşük sıcaklıkta uyuşukluk ve uyku hali oluşur. Fazla nem ise bitkinliğe sebep olabilmektedir. Gürültü, çalışanların dikkatlerini dağıtırken, yetersiz aydınlatmada ve havalandırmada kişiler konforsuz hissetmektedir. Mekânın soluk renklerle boyalı oluşu durgunluk hissi yaratırken, çok sıcak renkli mekânlarda aşırıya kaçılması hırçınlığa sebep olabilmektedir. Yapı elemanlarının yüzey dokuları, mekân planlaması ve tefriş elemanları, çalışanları psikolojisini etkilemektedir. Ayrıca sosyal bir birey olan insan için insan ilişkileri ve iletişim de, psikolojik sağlığında önemli parametrelerdir. Özellikle çalışma mekânlarında sıkça görülen psikolojik hastalık ve rahatsızlıklardan birkaçına aşağıda değinilmiştir [112, 114].

Stres

İş hayatındaki koşullar, çalışanların beden sağlığını ve ruh sağlığını bozmayacak şekilde düzenlenmelidir. Çalışanlara düşünebilme, yeteneklerini sergileme, sosyalleşme ve kendi doyumluğu için fırsatlar verilmelidir. Bu şekilde hem birey sağlığı korunurken

aynı zamanda üretimin verimliliği de artacaktır. Bu sebeple stresin korunması ve önlenmesi önem taşımaktadır. Sürekli stres kişilerde; depresyon, tükenmişlik sendromu, öfke, sinir, mutsuzluk, yalnızlık, uyumsuzluk şeklinde ortaya çıkmaktadır. Bireysel ve toplumsal ilişkilerde de sürtüşmelere sebep olabildiği gibi sadece psikolojik değil fiziksel hastalıkları beraberinde getirmektedir. Stresin sebep olduğu rahatsızlıklar ve hastalıklar için tedbirler alınmalıdır. Bazı araştırmalar, belli miktardaki stresin kişi üzerinde uyarıcı etki yaptığı için olumlu olabildiğini savunmaktadırlar. Lakin aşırı olduğunda kişide büyük sorunlara sebep olduğu daha yaygın bir görüştür [112, 114].

Tükenmişlik Sendromu

Aşırı stresle baş edilemediğinde, uzun vadeli iş yoğunluğu içinde çalışanlar üzerinde tükenme hali oluşmaktadır. Tükenmişlik hali, çalışanı mesleğinin amacını kaybederek dış dünyaya olan ilgisinin kopmasıdır. Bu sendrom, enerji kaybı, motivasyon eksikliği, sosyal açıdan geri çekilme, moral bozukluğu ve sıradanlık hissi şeklinde etki göstermektedir. Stresi önlemek için iş organizasyonu, yönetimi ve ortam koşulları tekrar incelenmelidir. Yaptığı işten zevk almayan, mecburiyetten işini devam ettiren, karamsar ve mutsuz kişiler ortaya çıkmaktadır. Çalışma ortamının güvensiz, karışık ve korkutucu algısı yok edilmelidir. Grup baskısı, yetersiz sosyal iletişim, alt-üst arasındaki sert ilişki, gereksiz rekabet duygusu, aşırı kıskançlık vb. durumlar ortadan kaldırılmalıdır [112, 114].

Monotonluk

Ofislerde meydana gelebilecek önemli risklerden biri de tekrarlanan hareketler ve ara vermeden uzun süreli çalışmalardır. Çalışma hayatında mola vermeden çalışılan süre, çalışma pozisyonu, postür ve zihinsel aktiviteler önemlidir. Her zaman aynı alanda ve aynı şekilde yapılan işler bir zaman sonra monoton gelmeye başlamaktadır. Monotonluk; çalışan üzerinde mutsuzluk, isteksizlik, bezginlik, bıkkınlık ve ait olmama gibi psikolojik etkilere sebep olurken aynı zamanda iş verimi, üretim miktarı ve kalitesi düşmektedir. Ayrıca iş kazalarının oranını da arttırmaktadır. Bu sebeple monotonluğa karşı önlemler alınması gerekmektedir. Gerek iş imkânları gerekse iş çeşitliliği arttırılmalıdır. Çalışanların aynı işi sürekli yapmasını engellemek için rotasyona gidilebilmekte, çalışanlar ile birlikte ya da çalışanların kendi arasındaki ilişkiler sağlıklı kurulmalıdır. Performans düşüklüğü, işten ayrılma, çalışma ortamında işlerin içinde kaybolma gibi etkenler ortadan kaldırılarak iş tatminsizliği önlenmelidir. Ofislerde

iletişime önem verilmeli, çalışanları bölen duvarlar kaldırılarak aralarındaki iletişimi güçlendirme yoluna gidilmelidir. Ortamın rengi, dokusu da kişilerdeki monotonluk hissini etkilediği düşünülürse, zayıf, solgun ve mat renklerden ya da aydınlatmalardan uzak durulmalıdır. evre ile uyumlu bina tasarımları, çevreyi yansıtan ofis mobilyaları kullanılabilir [108, 112, 115].

Devamsızlık (İsteksizlik)

Çalışanların iş programına ya da çalışma alanına gelmeme, mazeret bulma halidir. Planlanan alışma saatlerine gereken önem gösterilmemektedir. Özellikle hastalık, kaza, tatil gibi durumlardan sonra oluşmakta ve yaş, cinsiyet ve yapılan işe göre değişiklik gösterebilmektedir. Ayrıca zel alışkanlıklar, toplumsal ve sportif faaliyetler ardından, uzun tatil bitimi, pazartesi sendromu görülmektedir. Devamsızlık halinde, çalışmaya ara verilmesinden sonra üretimi yavaşlatmaktadır. Bu sebeple çalışanı devamsızlığa iten sebepler araştırılmalı, sebepleri irdelenerek yok edilmeye çalışılmalıdır [108].

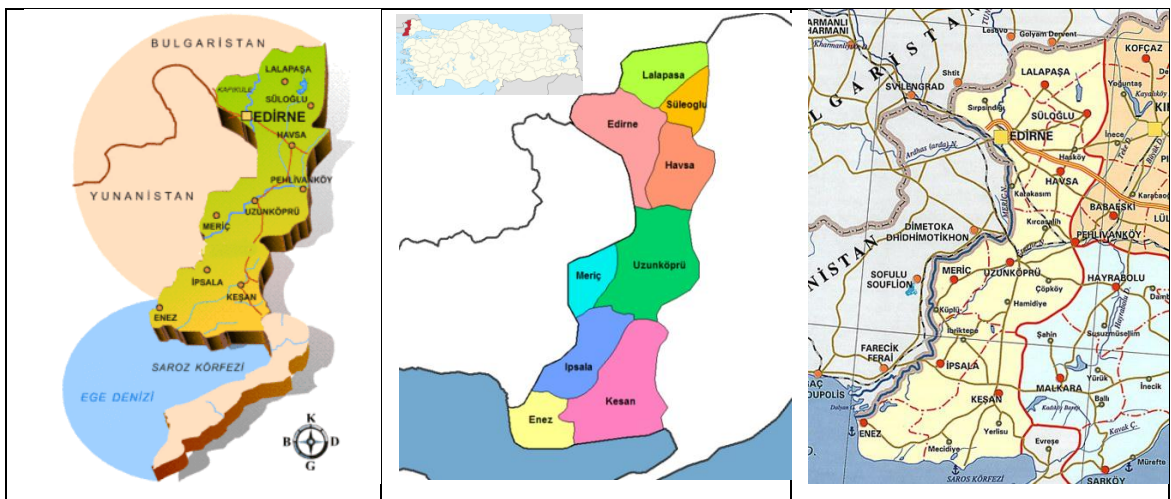
BÖLÜM 4

UYGULAMA ÇALIŞMASI

Tez çalışmasının bu bölümünde Edirne İlinde seçilen Ulusoy Plaza'nın konumu, ulaşımı, mimari özellikleri ve alınan ölçümler detaylı olarak açıklanmıştır. Ölçüm sonuçları incelenerek grafiklerle ifade edilmiştir.

4.1. İncelenen Binanın Tanıtılması

Çalışma kapsamındaki Edirne ili Balkan Yarımadası'nın güneydoğu kesimindeki Trakya Bölgesinde yer almaktadır. Yeryüzü şekilleri bakımından çeşitlilik göstermektedir. Ilıman nemli iklim tipinin hâkim olduğu ilde TS 825'e göre (Isı Yalıtım Kuralları Standardı) II. derece-gün bölgesindedir [119]. Nemli ve rüzgârlı iklimde, rüzgârlar buharlaşmayı önleyerek bitki örtüsü çeşitliliğini sağlamaktadır [120]. Şekil 4.1'de Edirne'ye ait haritalar verilmektedir [121].

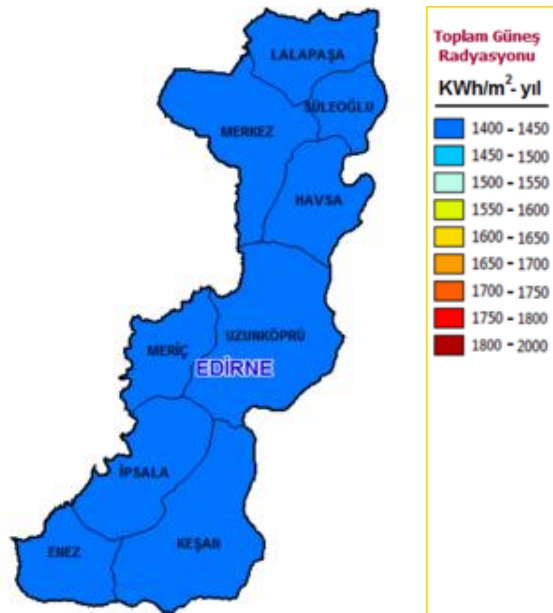


Şekil 4.1. Edirne Haritaları [121]

2010-2015 yılları arasında meteorolojiden alınan verilere göre aylık ortalama sıcaklık 15,01°C, aylık en yüksek sıcaklık 36,7°C ile 2012 Temmuz ayında, en düşük

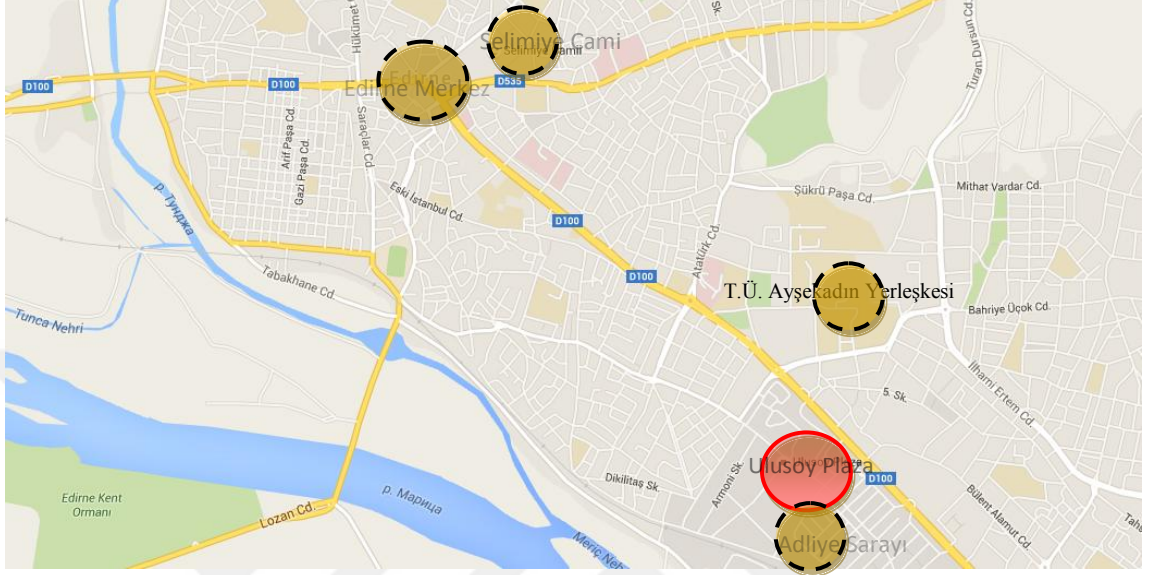
sıcaklık $-2,7^{\circ}\text{C}$ ile 2012 Şubat ayında gerçekleşmiştir. Yıllık ortalama bağıl nem % 70,1'dir. En düşük bağıl nem %45,6 2012 Ağustos ayında, en yüksek bağıl nem %91,6 ile 2011 Ocak ayında görülmüştür. Yıllık ort. rüzgar hızı 1,97 m/sn, en yüksek 2,5 m/sn 2012 Nisan ayında, en düşük 1,6 m/sn 2011 Ocak ve 2014 Kasım ayında meydana gelmiştir. Yıllık ortalama yağış miktarı 59,0 mm ve en yüksek yağış 186,1 mm 2010 Şubat ayında, 2010 ve 2013 Ağustos aylarında hiç yağış yoktur. Edirne'nin aylık güneşlenme süresi 206,56 saattir [122].

Tez çalışmasında ölçümler ısıtma sezonunda yapıldığından Aralık, Ocak ve Şubat aylarının beş yıllık meteorolojik verileri ayrıca incelenmiştir. Üç aylık ort. sıcaklık $4,55^{\circ}\text{C}$, en yüksek sıcaklık $13,7^{\circ}\text{C}$ ve en düşük sıcaklık $-2,7^{\circ}\text{C}$ olarak meydana gelmiştir. Üç aylık ort. bağıl nem %84,25, en yüksek bağıl nem %91,6 ve en düşük bağıl nem %72,1 olarak görülmüştür. Üç aylık ort. rüzgar hızı 2,03 m/sn, en yüksek rüzgar hızı 2,4 m/sn ve en düşük rüzgar hızı 1,6 m/sn olarak izlenmiştir. Üç aylık ort. yağış miktarı 84,31 mm, en yüksek yağış miktarı 186,1 mm ve en düşük yağış miktarı 4,1 mm olmuştur. Üç aylık ortalama güneşlenme süresi 96,08 saat, en yüksek güneşlenme süresi 128 saat ve en düşük güneşlenme süresi 64,9 saat olarak gerçekleşmiştir [122]. Aşağıdaki Şekil 4.2'de Edirne'nin sahip olduğu toplam güneş radyasyon aralığı ölçekle birlikte verilmiştir [123].



Şekil 4.2. Edirne ili toplam güneş radyasyonu [123]

Ölçümler Ulusoy Plaza adlı bir ofis yapısında yapılmıştır. Ulusoy Plaza'nın kent içi konumu ve ulaşım haritası Şekil 4.3 ve Şekil 4.4'de gösterilmiştir.



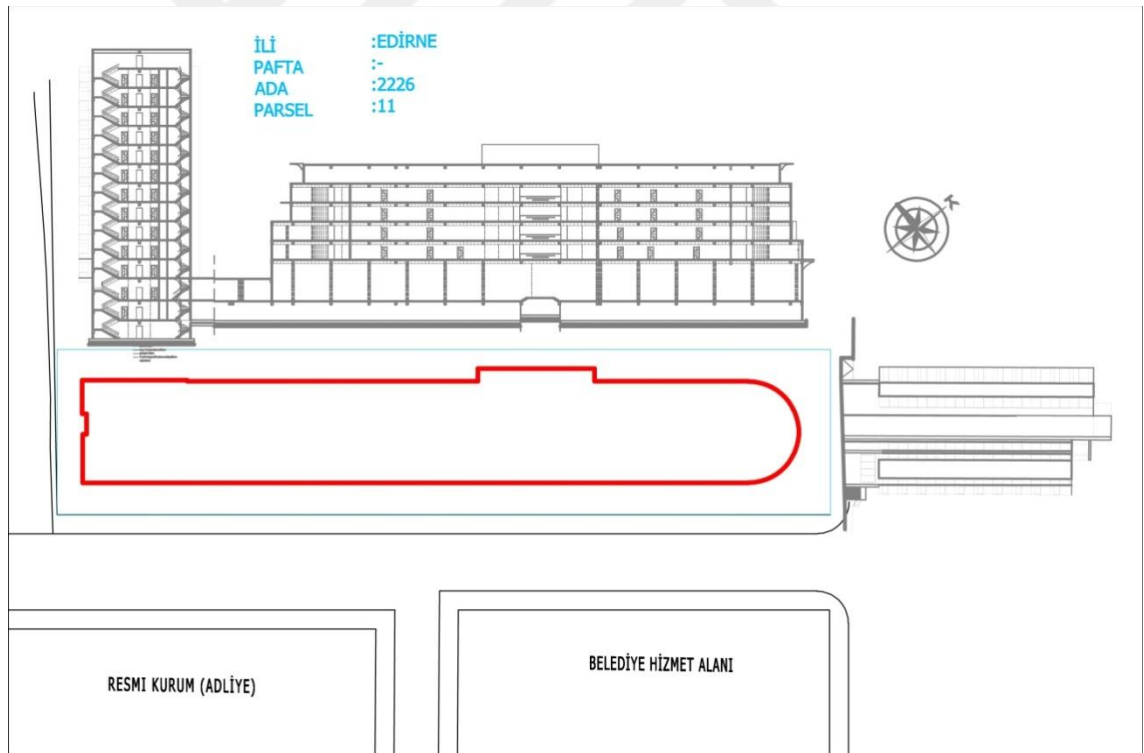
Şekil 4.3. Ulusoy Plaza ulaşım haritası [124]



Şekil 4.4. Ulusoy Plaza kent içi konumu [125]

Seçilen ofis yapısının cephesi ısı ve ses yalıtımlı strüktürel silikon giydirme cephe ile kaplanmıştır. Binada merkezi uydu ve bina içi data tesisatı bulunmaktadır. Deprem yönetmeliğine uygun yapılan bu binada ısıtma merkezi kalorifer sistemi (doğalgaz) ile sağlanmaktadır. A ve B olmak üzere iki bloktan oluşmaktadır. A Blok 2 bodrum kat+1 zemin kat+11 normal kattan oluşurken, normal katlarında 4 farklı tip ofise sahiptir. B Blok ise 2 bodrum kat+1 zemin kat+5 normal kattan oluşurken, normal katlarında 4 farklı tip ofise sahiptir. A Blok zemin kat alanı yaklaşık 135 m² iken B Blok zemin kat alanı yaklaşık 215 m²'dir.

Toplamda yaklaşık 8.800 m²'lik bir inşaat alanına sahiptir. Yapı dikdörtgen olarak planlanmış olup uzun kenarı Kuzeydoğu (KD)-Güneybatı (GB) yönüne paralel olarak konumlandırılmıştır. Yapının vaziyet planı aşağıda Şekil 4.5'de gösterilmektedir. Şekil 4.6'da ise yapıya ait modelleme görselleri ve fotoğrafları verilmektedir.



Şekil 4.5. Ulusoy Plaza vaziyet planı

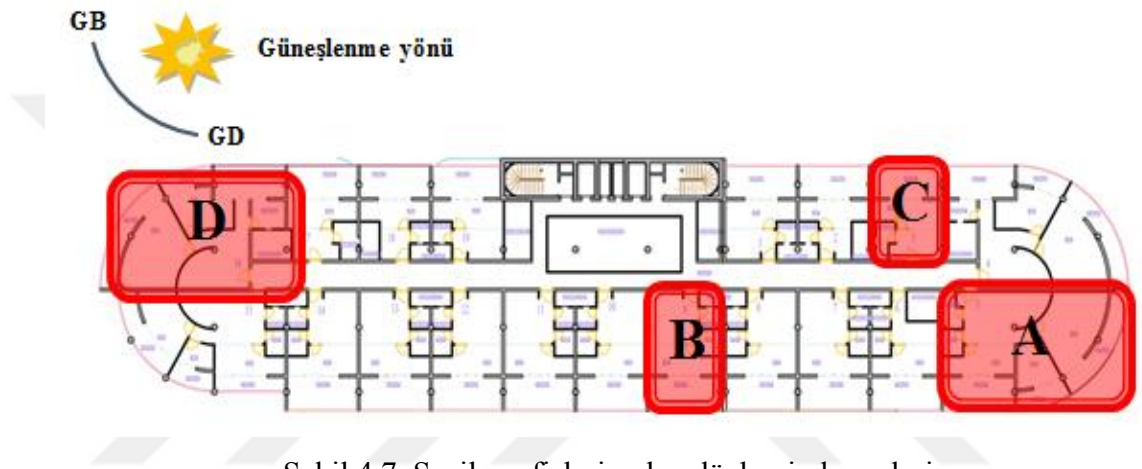


Şekil 4.6. Ulusoy Plaza modelleme ve fotoğrafları [126,127]

Ofisler merkezi sistemle ısıtılmakta olup her ofis biriminde pay ölçer bulunmaktadır. Ayrıca klima, vantilatör gibi iklimlendirme cihazları da bulunmaktadır. Ofisler genellikle dış havanın soğuk olduğu günlerde havalandırılmazken, sıcak günlerde sabah saatlerinde havalandırma yapılmaktadır. Ölçüm esnasında ortam havasını etkileyecek herhangi bir havalandırmaya yapılmazken ölçüm öncesi için müdahale edilememiştir. Ofislerde pay ölçer kullanıcı isteğine göre ayarlanmaktadır ve ofislerde ısıtılmayan hacimler bulunmaktadır. Ayrıca iki ofiste sigara kullanımı da söz

konusudur. Sigara içilirken aynı zamanda içilen mekânın pencere ya da kapısı açık tutulmakta olup bu parametrelerin kontrolü sağlanamamaktadır.

Ofislerin içi genellikle krem-kırık beyaz arasında açık renklere boyanmıştır. Gürültü düzeyi bütün ofislerde çok az olup konuşma seviyesindedir. Ofislerde genellikle çalışanların aktivite durumu pasif ve yarı aktif olmak üzere ölçümler alınmıştır. Ofislerin plan düzleminde yerleri Şekil 4.7'de gösterilmiştir. Ofislerin genel özellikleri Tablo 4.1'de ve mevcut donanımlarının listesi ise Tablo 4.2'de verilmektedir.



Şekil 4.7. Seçilen ofislerin plan düzleminde yerleri

Tablo 4.1. Ofislerin genel özellikleri

Kriterler			Ofis Türleri			
			A OFİSİ	B OFİSİ	C OFİSİ	D OFİSİ
Yönü			KD	GD	KB	GB
Bulunduğu Kat			3. Kat	1. Kat	1. Kat	1. Kat
Alan (m²)	Duvar (m²)		19.2816 m²	5.916x2.4= 14.1984 m²	4.30x2.4= 10.32 m²	8.11x2.4= 19.464 m²
	Döşeme (m²)		97.62 m²	51.47 m²	39.65 m²	115.47 m²
	Tavan (m²)		97.62 m²	51.47 m²	39.65 v	115.47 m²
Kaplama Malz.	Duvar	Alçı Sıva	+	+	+	+
		Duvar Kâğıdı	-	+	-	-
	Döşeme	Laminant	+	+	+	+
		Seramik	+	+	+	+
	Tavan	Taş Yünü A.T	+	+	+	+
		Alçı A.T	+	-	-	-
Hacim (m³)	Kat Yüksekliği		3m (60 A.T+240)	3m (60 A.T+240)	3m (60 A.T+240)	3m (60 A.T+240)
	Taban Alanı		97.62 m²	51.47 m²	39.65 m²	115.47 m²
	Toplam Hacim		234.288 m³	123.528 m³	95.16 m³	277,128 m³
Oda Sayısı	Oda Sayısı		3	2	2	4
	Antre		1	1	1	1
	Mutfak		1	1	Mutfak Nişi	Mutfak Nişi
	Wc		1	1	1	1
Kullanıcı Sayısı			4	3	3	2
Pencere Özellik.	Boyutları		(5.75+3.78+3)x2.4 =30.072	(3+2.7)x2.4 =13.68	(2.8+2.8) x2.4=13.44	(9.9+4.9+3+2.6)x2.4 = 48.96
	Alan/Hacim		% 13	% 10	% 13	% 17
Kapı Özellik.	Adedi	Çelik	100/210 x 1 Adet	100/210 x 1 Adet	100/210 x 1 Adet	100/210 x 1 Adet
		Laminant	100/210 x 2 Adet	100/210 x 2 Adet	100/210 x 2 Adet	100/210 x 4 Adet
			90/210x 3 Adet	80/210 x 2 Adet	80/210x 1 Adet	80/210 x 1 Adet
Isıtma Sistem Özellik.	Ölçüleri	50/60/10	3	1	1	1
		120/60/10	4	2	2	5
		40/60/10	1	1	1	1
	Toplam Radyatör Sayısı		8	4	4	7
Aydınlatma Sistem Özellik.		Adedi	55	14	13	25
		Cinsi	Gömme Spot	Spot	Spot	Spot
Sigara Durumu			+	+	-	-

Tablo 4.2. Ofislerdeki mevcut donanımların listesi

Kriterler		Ofis Türleri			
		A Ofisi	B Ofisi	C Ofisi	D Ofisi
Donanımlar	Masa	4	3	2	6
	Sandalye	11	7	9	14
	Koltuk	Tekli	3	2	2
		İkili	1	2	1
		Üçlü	1	Yok	1
	Yazıcı-Faks-Fotokopi M.	2	2	2	2
	Ofis Tel.	2	2	1	2
	Bilgisayar	2	2	2	5
	Raf	3	3	1	4
	Dolap	4	Yok	1	3
	Orta Sehpa	4	3	3	4
	Tv	2	2	1	1
	Çay Ve Kahve Makinesi	3	2	1	3
	Buzdolabı	Yok	1 Mini	1 Mini	1 Orta Boy
	Aydınlatma Elemanı	2	Yok	Yok	
	Klima	2	1	1	2
	Vestiyer	1	1	1	Yok

4.2. Ölçümler

Ölçümler 2015-2016 yılları Aralık-Ocak olmak üzere 1 aylık periyotta dört ofis biriminde yapılmıştır. Her ofis için; 9.00-17.00 çalışma saat aralığında, her saat diliminde (09.00-10.00 ya da 16.00-17.00 gibi) bir ölçüm 50 dakika olacak şekilde toplam 8 adet ölçüm alınmıştır. Ayrıca dış ortam ölçümleri, iç mekân ölçümlerine başlamadan önce ve günlük alınacak tüm ölçümler tamamlandıktan sonra 5 dakikalık sürelerde alınmıştır.

Isıl konfor ve iç hava kalitesi ile ilgili alınan ölçümlerde Testo 480 model çok fonksiyonlu ölçüm cihazı kullanılmıştır. Tek cihaz ve dijital problemleri ile hava debisi, sıcaklık, nem, basınç, ışık şiddeti, radyan sıcaklık, türbülans seviyesi ve CO₂ parametreleri kaydedilebilmektedir. Ayrıca PMV ve PPD ölçümü de yapılabilmektedir. Kullanıcı sayısı az olmasına rağmen verileri daha iyi yorumlayabilmek için PMV-PPD değerlendirilmesi Testo 480 cihazı ile ölçülerek yapılmıştır. Ölçümler dakikada bir olacak şekilde ayarlanmıştır. Ölçümlerde türbülans etkisi dikkate alınmaktadır. Cihaz; sekreter için ayrılmış olan ofis bölümüne kurulmuştur. Testo 480 cihazında alınan

parametreler ve teknik özellikleri aşağıdaki Tablo 4.3'de gösterilmiştir. Cihazla birlikte kullanılan problemlerin özellikleri ise Tablo 4.4'de, Şekil 4.8'de de cihazın problemlerle beraber kurulmuş fotoğrafı verilmektedir [128].

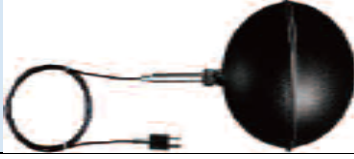
Tablo 4.3. Testo 480 cihazı ile alınan parametreler ve teknik özellikleri [128]

Ölçüm Tipi	Ölçüm Aralığı	Doğruluk
Sıcaklık	0.... +50°C	$\pm 0,5^{\circ}\text{C}$
Bağıl Nem	%0-100 BN	$\pm (\%1,8 \text{ BN} + \% 0,7)$
CO ₂	0....10000 ppm	$\pm 50 \text{ ppm CO}_2 + \%2 \text{ ölç. değ.}$
Radyan Sıcaklık	0.... 120 °C	Sınıf 1 0,1 °C
Hava Akış Hızı	0....+ 5 m/sn	$\pm (0,03 \text{ m/sn} + \%4 \text{ ölç. değ.}$



Şekil 4.8. Testo 840 ve eklenen problemler [127]

Tablo 4.4. Testo 480 cihazı ile Kullanılan Problemlerin teknik özellikleri [128]

Fotoğrafi	Prob tipi	Ölçüm aralığı	Doğruluk ±1 dijit
	Küre probu Ø 150mm, TC KTipi, Radyan ısı ölçümü	0 ... +120 °C	Sınıf 1
	Türbülans seviyesi probu, EN 13779	0 ... +50 °C 0 ... +5 m/sn +700 ... +1100 hPa	±0.5 °C ±(0.03 m/sn +4% ölç.değ.) ±3 hPa
	İç hava kalitesi probu CO ₂ Nem Sıcaklık Mutlak basınç ölçümleri	0 ... +50 °C 0 ... 100 %RH 0 ... +10000 ppm CO ₂ +700 ... +1100 hPa	±0.5 °C ±(1.8 %RH + 0.7% ölç.değ.) ± (75 ppm CO ₂ + 3% ölç.değ.) 0 ... +5000 ppm CO ₂ ± (150 ppm CO ₂ + 5% ölç.değ.) 5001 ...+10000 ppm CO ₂ ±3 hPa

PM ölçümleri **TSI Dusttrack 8532** model cihazı kullanılarak alınmıştır. Ölçümler; iç hava kalitesi ile ilgili 50 dakikalık ölçümler sırasında aynı ortamda alınmıştır. Cihaz, aerosol parçacıklarının kütesel ve hacimsel olarak ölçümünü yapabilmektedir. PM ölçümlerinde; 1 µm, 2,5 µm, 4 µm, 10 µm boyutlarında partikül ölçümleri alınmıştır. Taşınabilir, şarj edilebilir olan bu cihaz; ışık saçılmalı lazer fotometre ile gerçek zamanlı aerosol kütle okuması ile verileri kaydetmektedir. Ölçümler cihazın özellikleri doğrultusunda 1-2dk. aralığında belirlenmiştir. Cihazın ölçüm aralığı 0,001... 150 mg/m³, doğruluğu da ± %5 dir. Cihaz geliştirilmiş güvenlik ve düşük bakım gereksinimi için optik temizliği korumak amaçlı optik çember içerisinde aerosol izolasyonlu hava muhafaza sistemi kullanmaktadır. Cihazın diğer özellikleri Tablo 4.5'de detaylı olarak verilmektedir. Ayrıca Şekil 4.9'da cihazın fotoğrafı gösterilmektedir [129].

Tablo 4.5. TSI DUSTTRACK 8532-Toz ve Partikül Ölçüm Cihazının Özellikleri [129]

Sensör Tipi	90° ışık saçmalı
Partikül hacim ağırlığı	0,1....10 µm
Aerosol Konsantrasyon Aralığı	0.001-150 mg/m ³
Çözünürlük	±0.1%
Sıfır Stabilité	24 saatlik periyotta, 10 sn aralıklarda ±0.002 mg/m ³
Akış hızı	3.0 L/dk, 1.4 ve 1.3 L/dk ayarlanabilir
Akış Hassasiyeti	±5%
Sıcaklık katsayısı	C'de +0.001 mg/m ³



Şekil 4.9. TSI DUSTTRACK 8532-Toz ve Partikül Ölçüm Cihazı [129]

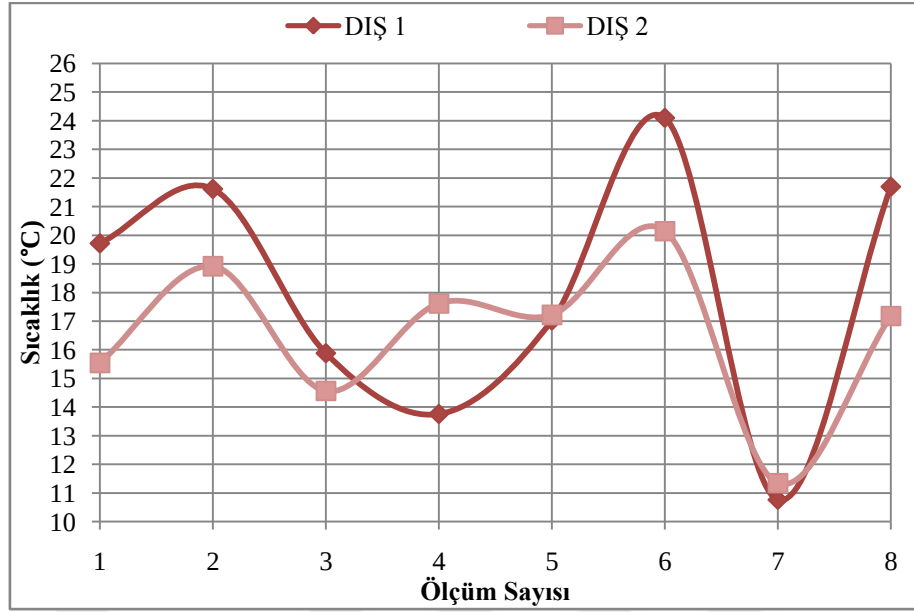
➤ Dış Ölçümler

Dış ortam ölçümleri, ofislerdeki ölçümlere başlamadan önce (Dış 1) ve ölçümler bittikten sonra (Dış 2) alınmıştır. 5 dakika süre ile dakikada bir ölçüm olmak üzere alınan ölçüm değerleri Tablo 4.6'da verilmiştir.

Tablo 4.6. Dış 1 için alınan ısı konfor ve İHK ölçümleri

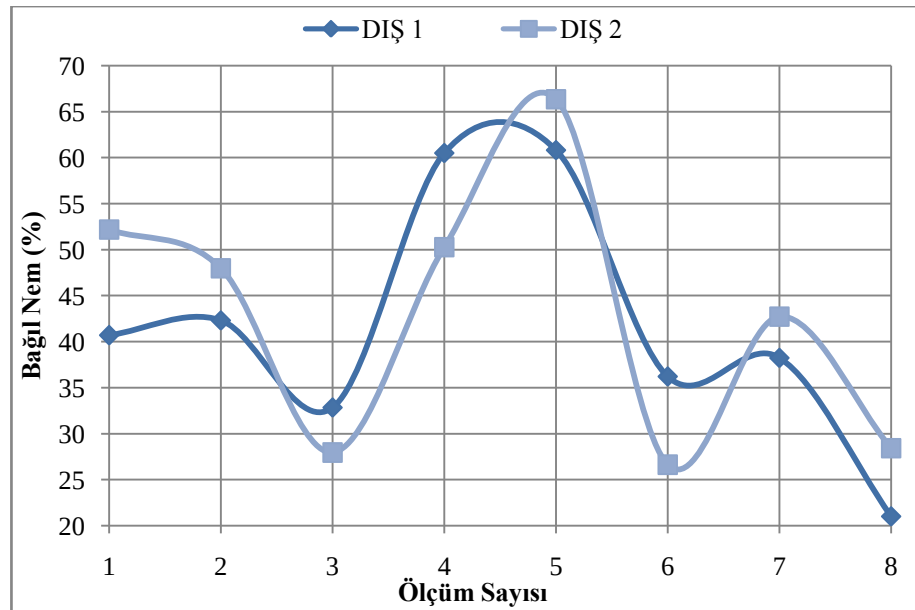
Ölçüm sayısı	Tarih		Sıcaklık (°C)	CO ₂ (ppm)	Bağıl Nem (%)	Radyan Sıcaklık (°C)	Hava Akış Hızı (m/s)	Hava durumu
1	23.12.2015	DIŞ 1	19,72	696,6	40,68	14,06	0,648	Sisli
		DIŞ 2	15,54	563,6	52,18	14,2	0,086	
2	25.12.2015	DIŞ 1	21,62	531,8	42,3	14,1	0,078	Sisli
		DIŞ 2	18,92	565,2	47,98	16,86	0,368	
3	4.1.2016	DIŞ 1	15,88	604,2	32,84	11,9	0,314	Kar + Yağmur
		DIŞ 2	14,56	773	27,94	14,3	0,196	
4	7.1.2016	DIŞ 1	13,76	489,6	60,5	10,74	0,398	Yağışlı
		DIŞ 2	17,62	655,6	50,28	15,56	0,17	
5	11.1.2016	DIŞ 1	17,02	455	60,82	15,54	0,118	Bulutlu
		DIŞ 2	17,22	464,2	66,36	16,7	0,354	
6	14.1.2016	DIŞ 1	24,1	416,2	36,2	18,24	0,374	Bulutlu
		DIŞ 2	20,14	715,2	26,62	19,06	0,134	
7	18.1.2016	DIŞ 1	10,76	386	38,24	5,6	0,68	Karlı
		DIŞ 2	11,34	436,2	42,72	4,08	0,824	
8	21.1.2016	DIŞ 1	21,7	766,4	21	22,1	0,384	Hafif Karlı
		DIŞ 2	17,18	714	28,42	16,26	0,188	

Genellikle sabah saatlerinde alınan Dış 1 ile öğleden sonra alınan Dış 2 ölçümleri arasındaki sıcaklık ilişkisi Şekil 4.10'da verilmektedir. Ölçümler arasında meydana gelen sıcaklık değişimlerinde; dış hava koşulları ve güneşin gün içindeki geliş açısının etkili olduğu söylenebilmektedir. Grafik incelendiğinde Dış 1 sıcaklığının Dış 2 sıcaklığından çoğu zaman daha fazla çıktığı gözlenmektedir.



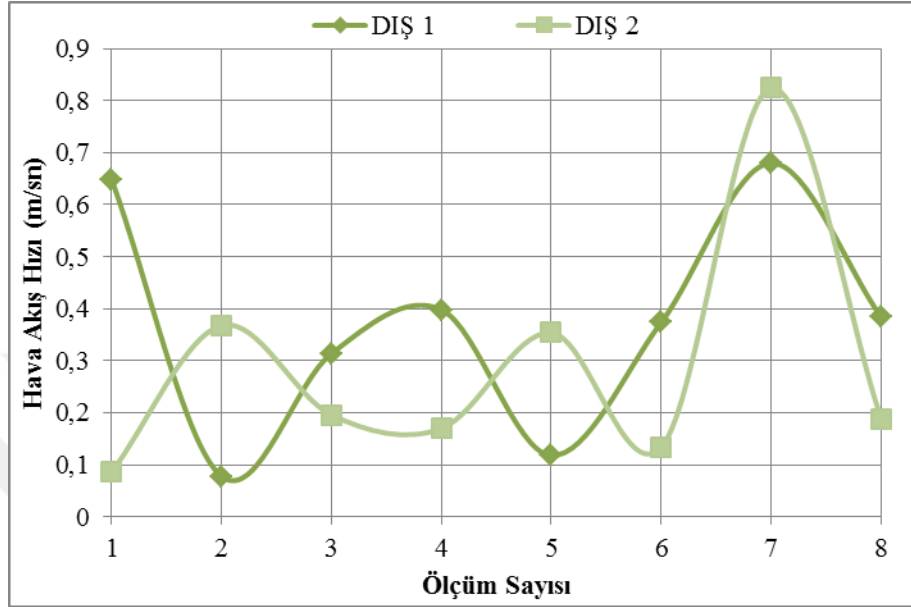
Şekil 4.10. Dış 1 ve Dış 2 için sıcaklık grafiği

Şekil 4.11’de verilmekte olan bağıl nem grafiği incelendiğinde; Dış 2’deki bağıl nemin genellikle Dış 1’den fazla olduğu görülmektedir. Ancak sıcaklık ve bağıl nem grafikleri karşılaştırıldığında bu iki parametre arasında ters bir ilişki durumu görülmektedir. Sıcaklık artışı ile havanın bünyesinde taşıyabildiği nem miktarının artıp bağıl nemin azalması beklenen durum iken bazı ölçümlerde aksi durum söz konusudur.



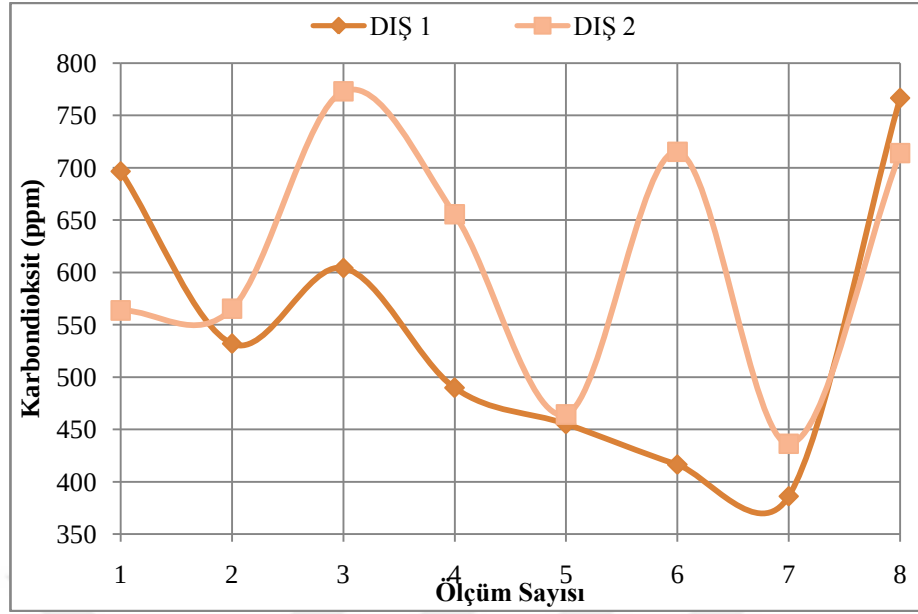
Şekil 4.11. Dış 1 ve Dış 2 için bağıl nem grafiği

Şekil 4.12’de de hava akış hızı grafiği verilmekte olup eğriler 0,1 m/sn ile 0,9 m/sn arasında değişim göstermektedir.



Şekil 4.12. Dış 1 ve Dış 2 için hava akış hızı grafiği

Dış 1 ve 2 arasındaki CO_2 ilişkisi ise Şekil 4.13’de gösterilmektedir. Dış 2 değerleri çoğunlukla Dış 1’den daha fazla çıkmaktadır. Bu durum ısıtma sezonu olması sebebiyle fosil yakıt tüketiminin öğleden sonra daha çok artmasının sonucu olarak gösterilebilmektedir. Ölçüm alınan ofis yapısı, sanayi, adliye sarayı, otel, alışveriş merkezi vb. birçok yapıya yakın konumlandığı için mevcut kirlilikten de etkilenmektedir.



Şekil 4.13. Dış 1 ve Dış 2 için CO₂ grafiği

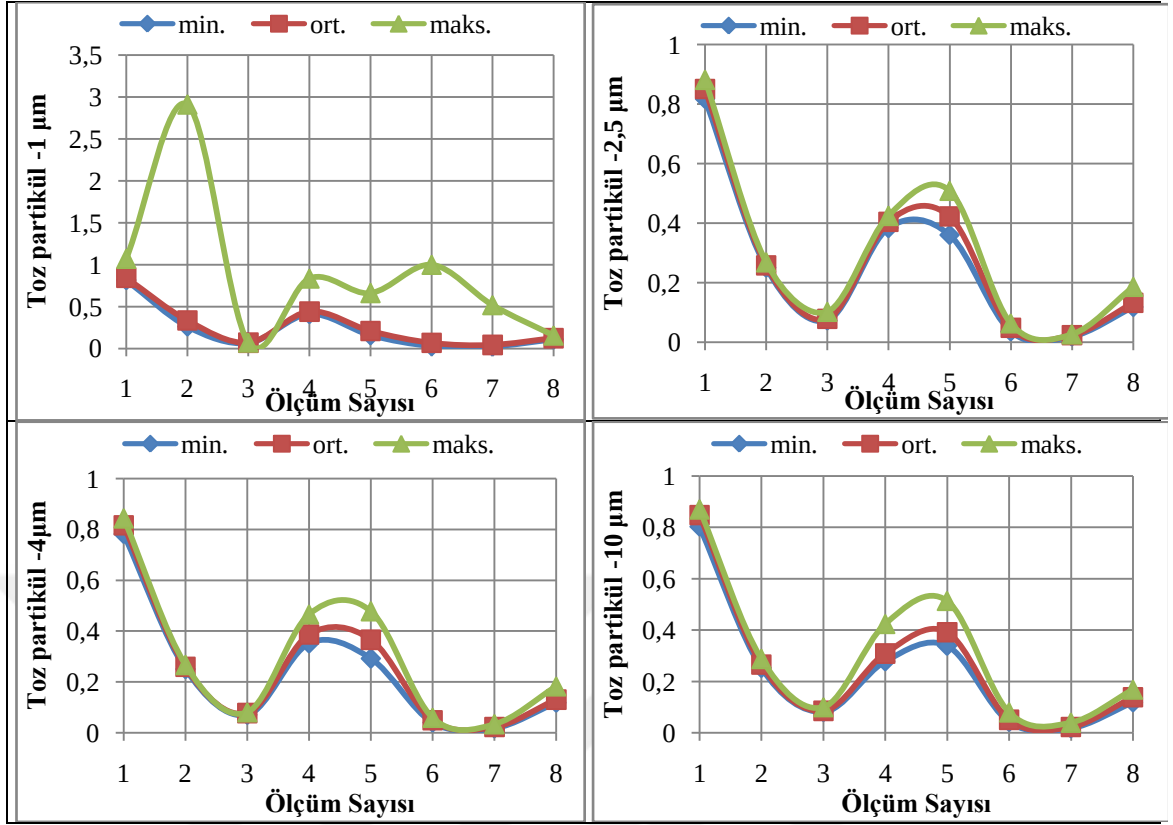
Dış ortamdan alınan PM ölçümleri ise Tablo 4.7’de verilmektedir. Tabloda; toz partikül boyutuna göre minimum, maksimum ve ortalama değerler sayısal olarak verilmiştir.

Şekil 4.14’de tablodaki değerler doğrultusunda, havada bulunan PM miktarları parçacık büyüklüklerine göre grafiklerle ifade edilmiştir. Sabah alınan ölçümlerde, 1 µm çapındaki parçacık boyutunun miktarı yaklaşık 3 mg/m³’leri bulurken 1 µm’dan büyük çapta olan diğer partikül boyutlarında en fazla 1 mg/m³’e yaklaşmaktadır. 4 farklı çaptaki toz partiküllerinin grafikleri incelendiğinde, benzer eğriler oluşturmakta ve birbirine çok yakın değerlerde çıktığı görülmektedir.

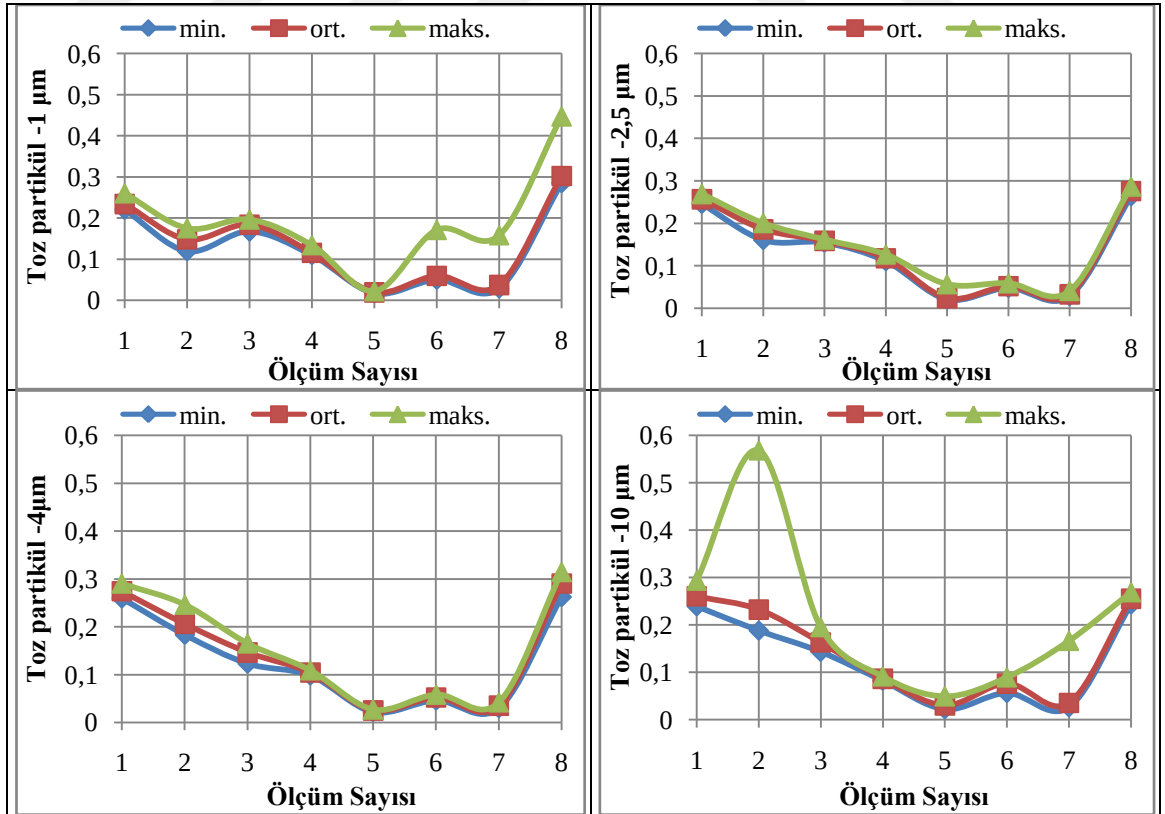
Dış 2 için PM grafikleri Şekil 4.15’de gösterilmektedir. 4 farklı büyüklükteki parçacık miktarlarını gösteren grafiklerde çıkan sonuçlar çoğunlukla yakın değerlerde olmakla beraber 0-0,4 mg/m³ arasında değişmektedir. 10 µm boyutundaki PM miktarını gösteren grafikte, 2. ölçümde bir sıçrama gözlenmektedir. Yapının mevcut konumu düşünüldüğünde etrafında öğleden sonraki saatlerde trafik yoğunluğu görülmektedir. Bu nedenle egzoz gazlarından çıkan kirleticilerin etkisi olabileceği düşünülmektedir.

Tablo 4.7. Dış ortam PM ölçümleri

Tarih			Partikül Madde Miktarı (mg/m ³)							
			23.12.2015	25.12.2015	4.1.2016	7.1.2016	11.1.2016	14.1.2016	18.1.2016	21.1.2016
10µm	min.	Dış 1	0,803	0,253	0,082	0,279	0,339	0,043	0,018	0,119
		Dış 2	0,239	0,188	0,143	0,082	0,022	0,056	0,026	0,243
	ort.	Dış 1	0,848	0,266	0,086	0,309	0,392	0,051	0,023	0,139
		Dış 2	0,26	0,232	0,163	0,086	0,03	0,076	0,035	0,255
	maks.	Dış 1	0,87	0,288	0,1	0,424	0,514	0,08	0,04	0,169
		Dış 2	0,293	0,568	0,195	0,091	0,049	0,089	0,166	0,269
4 µm	min.	Dış 1	0,782	0,251	0,071	0,352	0,292	0,041	0,018	0,119
		Dış 2	0,259	0,183	0,123	0,098	0,022	0,046	0,03	0,262
	ort.	Dış 1	0,816	0,26	0,078	0,387	0,366	0,05	0,023	0,131
		Dış 2	0,274	0,206	0,146	0,104	0,025	0,052	0,035	0,29
	maks.	Dış 1	0,843	0,267	0,081	0,466	0,478	0,06	0,034	0,183
		Dış 2	0,29	0,246	0,165	0,109	0,027	0,058	0,042	0,314
2,5 µm	min.	Dış 1	0,818	0,251	0,074	0,384	0,361	0,037	0,02	0,119
		Dış 2	0,246	0,161	0,155	0,111	0,021	0,048	0,029	0,264
	ort.	Dış 1	0,851	0,259	0,079	0,405	0,423	0,049	0,024	0,133
		Dış 2	0,257	0,186	0,159	0,118	0,024	0,052	0,033	0,276
	maks.	Dış 1	0,882	0,269	0,103	0,425	0,509	0,064	0,027	0,187
		Dış 2	0,269	0,201	0,162	0,127	0,057	0,059	0,041	0,287
1 µm	min.	Dış 1	0,815	0,263	0,066	0,41	0,157	0,028	0,023	0,108
		Dış 2	0,22	0,119	0,167	0,11	0,017	0,05	0,029	0,285
	ort.	Dış 1	0,843	0,336	0,069	0,44	0,209	0,067	0,043	0,123
		Dış 2	0,234	0,148	0,184	0,115	0,019	0,059	0,037	0,302
	maks.	Dış 1	1,07	2,91	0,072	0,836	0,661	0,999	0,518	0,155
		Dış 2	0,26	0,175	0,196	0,134	0,022	0,171	0,158	0,447



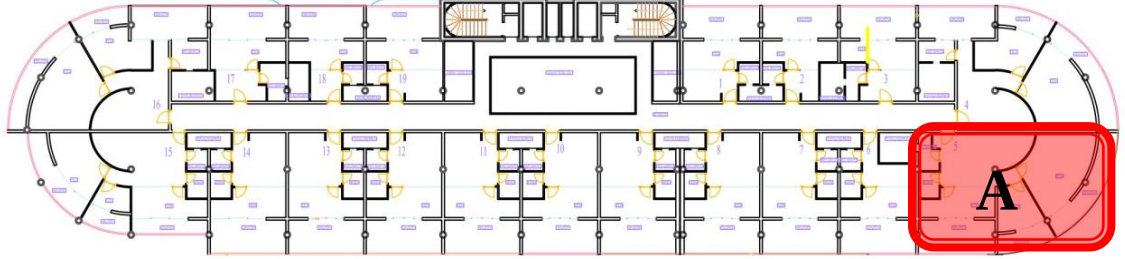
Şekil 4.14. Dış 1 için boyutlarına göre PM miktarları



Şekil 4.15. Dış 2 için boyutlarına göre PM miktarları

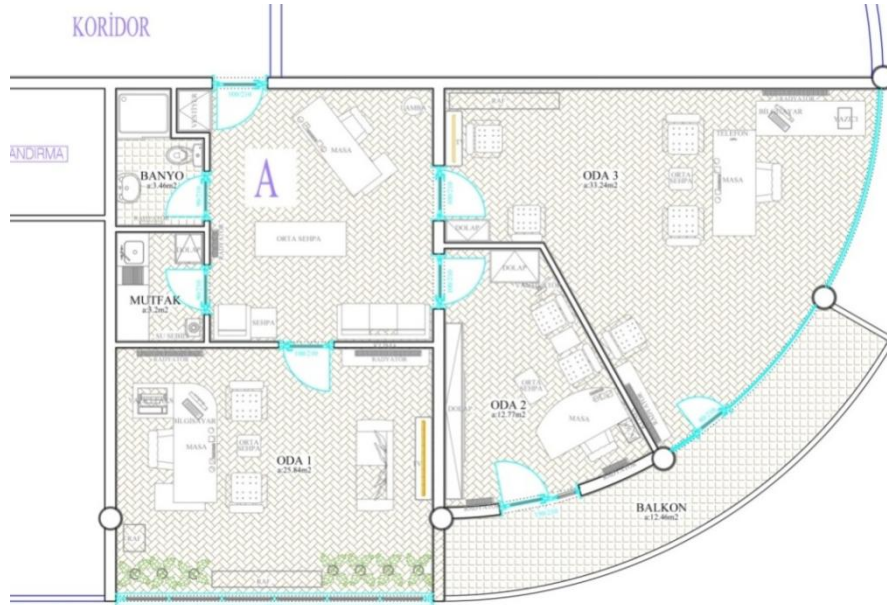
➤ A Ofisi

A ofisi, 3. katta bulunmakta ve yön olarak Kuzeydoğuya bakmaktadır. Ofisin kat planındaki yeri Şekil 4.16'da verilmektedir.

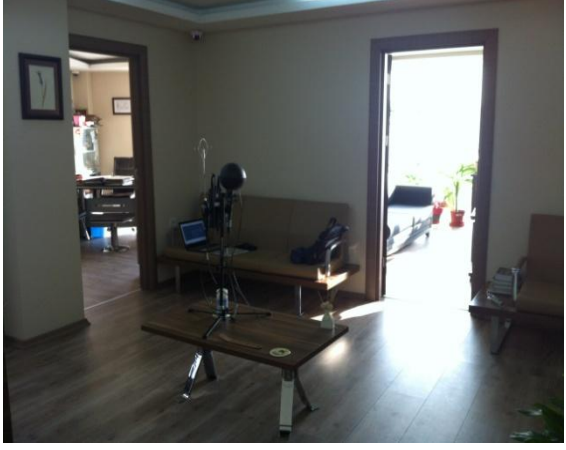
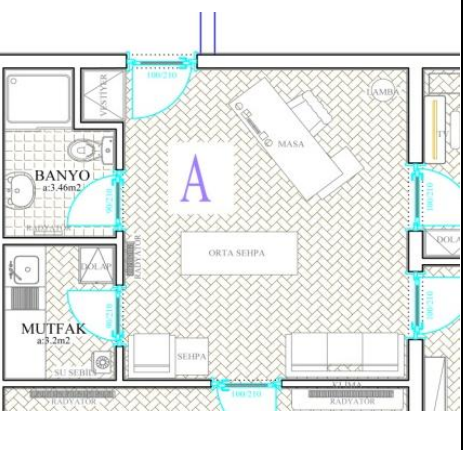
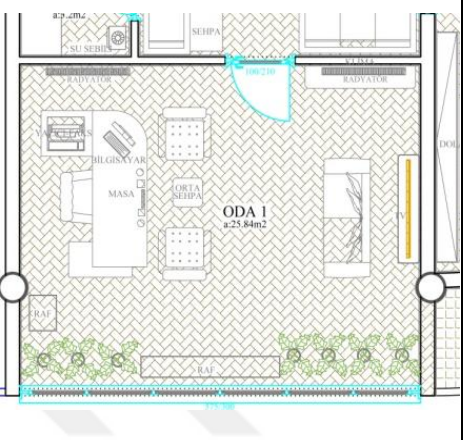
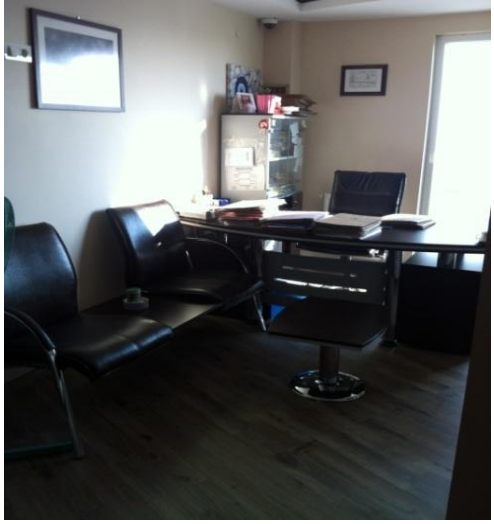
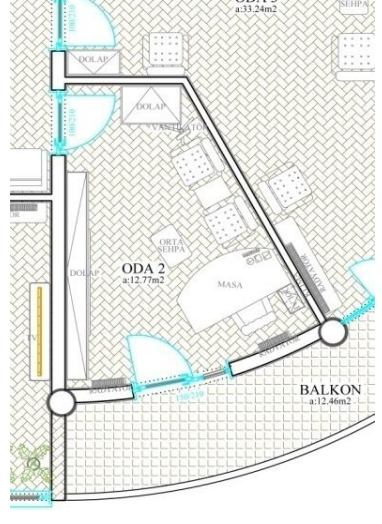


Şekil 4.16. A ofisinin kat planındaki yeri

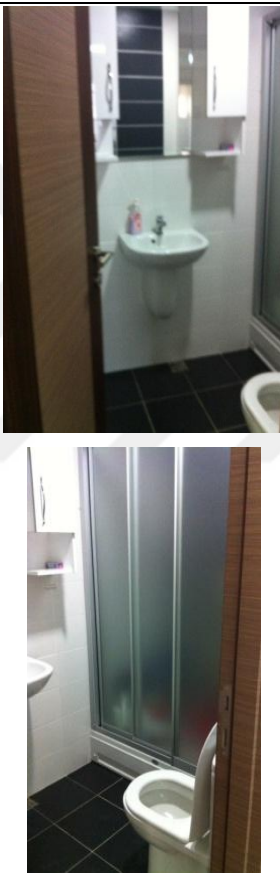
A ofisi 3 oda, banyo, mutfak ve antreden oluşmaktadır. Yaklaşık olarak 100 m² alana sahip ofiste; odalar ve antre lamine ahşap, mutfak ve banyo seramik döşeme kaplaması ile kaplıdır. Duvarlarda alçı sıva üzerine plastik esaslı boya kullanılmıştır. Tavanda, alçı panel asma tavan uygulanmış ve aydınlatma armatürleri gömme spot olarak kullanılmıştır. Kullanıcı sayısı genelde 3-4 kişi arasında değişmektedir. Ölçüm esnasında sigara kullanımı söz konusu olmamakla beraber sigara, sadece 2. odada, balkon kapısı açık durumda içilmektedir. Ofis plan krokisi Şekil 4.17'de, fotoğrafları ise Şekil 4.18'de verilmektedir [127].



Şekil 4.17. A ofisi plan krokisi

ANTRE		
ODA 1		
ODA 2		

Şekil 4.18. A ofisi birimleri ve fotoğrafları [127]

ODA 3		
BANYO		



Şekil 4.18'in devamı [127]

A ofisi için alınan ölçümler günlük çalışma saatleri düşünülerek her saat için bir ölçüm olacak şekilde düzenlenmiştir. Tablo 4.8'de ölçüm zamanı ile birlikte ölçülen parametreler verilmiştir.

Tablo 4.8. A ofisi için ısı konfor ve İHK ölçümü

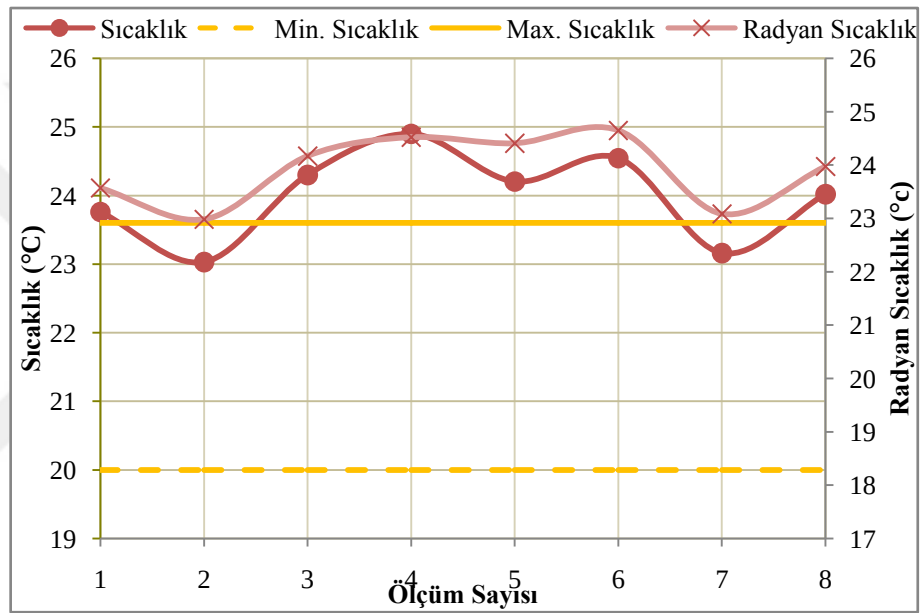
Ölçüm sayısı	Zaman	Sıcaklık (°C)	CO ₂ (ppm)	Bağıl Nem (%)	Radyan Sıcaklık(°C)	Hava Akış Hızı (m/s)
1	9-10	23,76	696,56	35,79	23,57	0,08
2	10-11	23,03	758,40	30,47	22,98	0,09
3	11-12	24,30	579,56	33,26	24,17	0,08
4	12-13	24,00	592,70	34,49	24,52	0,09
5	13-14	24,2	925,26	38,81	24,41	0,08
6	14-15	24,55	727,90	45,28	24,65	0,09
7	15-16	23,16	668,98	25,51	23,09	0,09
8	16-17	24,02	652,62	23,68	23,98	0,08

Yapılan ölçümler doğrultusunda elde edilen sayısal verilerin değerlendirilebilmesi amacıyla ASHRAE 55 standardı ile karşılaştırma yapılmıştır. Bu amaçla grafiklerde standardın belirlemiş olduğu minimum ve maksimum değerler gösterilmektedir. İşyeri ortamlarında ısı konfor için ana faktör sıcaklık olacağı için grafiklerde sıcaklık değerleri ile diğer parametreler karşılaştırılmıştır.

Şekil 4.19'da sıcaklık ve radyan sıcaklık ilişkisi verilmektedir. A ofisinde ölçülen sıcaklık değerleri; standartta belirtilen maksimum koşulları genellikle

aşmaktadır. Sıcaklığın çalışan üzerindeki etkisi düşünüldüğünde yüksek sıcaklık; uyuşukluk, uyku hali, bitkinlik, yorgunluk, ısı krampları gibi insanlar üzerinde olumsuz etkilere sebep olmaktadır. Ortam sıcaklığının yüzeylerden yansiyarak hissedilen radyan sıcaklıktan daha yüksek çıkması beklenirken bilinenin aksine; radyan sıcaklığın, çoğunlukla ortam sıcaklığından daha yüksek olduğu görülmektedir.

Diğer ofislere kıyasla A ofisinin daha büyük m²'ye sahip olması, kullanıcı sayısının daha yoğun olması, mevcut mobilya, elektronik eşya ve donanımın daha çok oluşu dikkate alındığında ofis içinde depolanan ısının daha fazla olması beklenen bir durumdur.

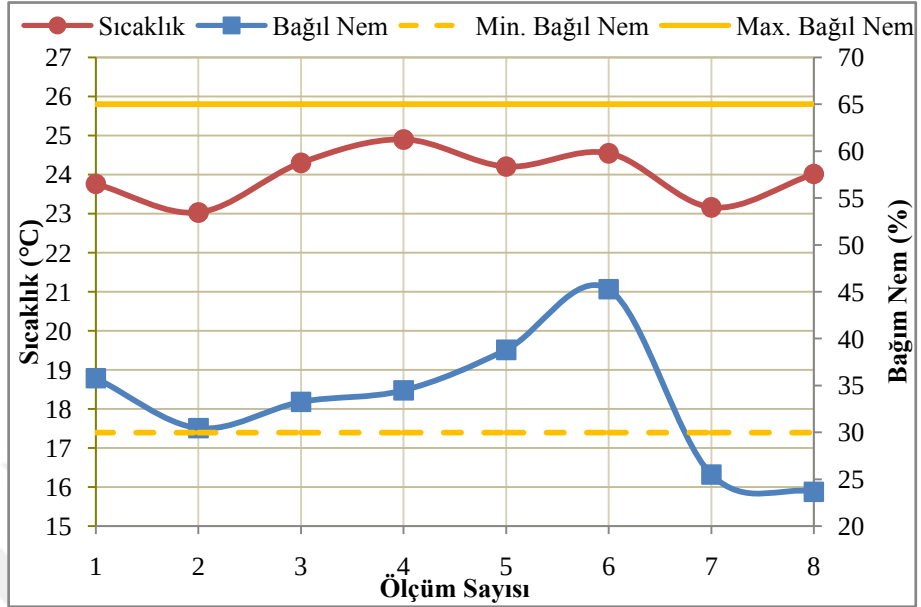


Şekil 4.19. A ofisi için Sıcaklık-Radyan Sıcaklık ilişkisi

Şekil 4.20’de A ofisinden alınan ölçüm sonuçlarına göre sıcaklık ve bağıl nem değerlerinin standarda göre durumu izlenmektedir. İç ortam sıcaklık değerleri 23-25°C değerleri arasında durağan bir eğri oluşturmakta ve standardın maksimum değerine yakın değerlerde çıkmaktadır. Bağıl nem değerlerine bakıldığında %20-45 arasında değişmekte olup, genellikle standartta belirlenen alt limit değere yakın sonuçlar vermektedir.

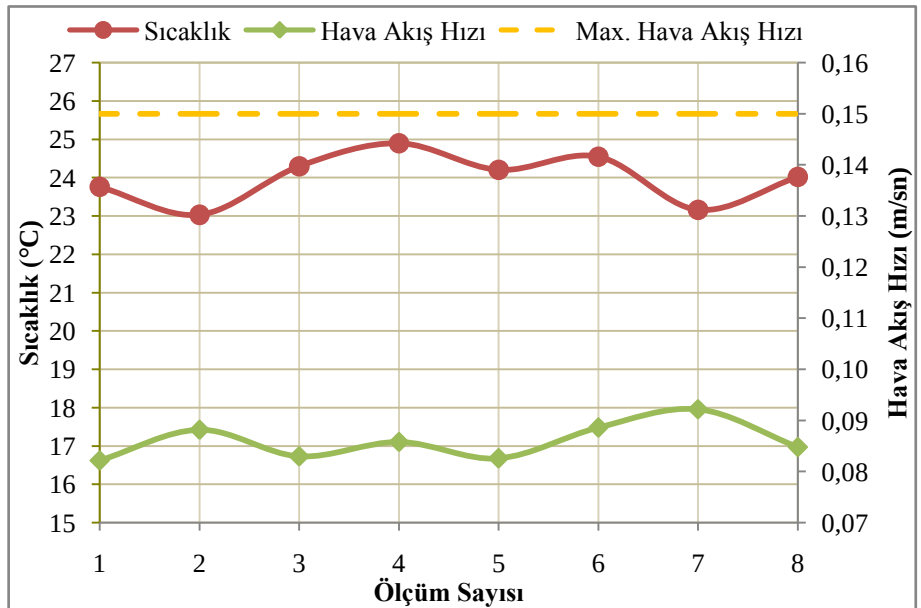
Isıl konfor açısından değerlendirildiğinde yüksek sıcaklık ve düşük bağıl nem değerleri konfor açısından olumsuzluk oluşturmaktadır. Düşük bağıl nemde; çalışanlarda burun ve ağızda kuruma, nefes alıp vermede zorlanma, kaşıntı, döküntü vb. rahatsızlıklar görülebilmektedir. Ancak ofis çalışanları ortamdaki bu yüksek sıcaklık ve

düşük nemden rahatsızlık duymadıklarını belirtmektedir. Kuru havada sıcaklık oranının yüksek olmasına rağmen her zaman rahatsızlık duyulmadığı anlaşılmaktadır.



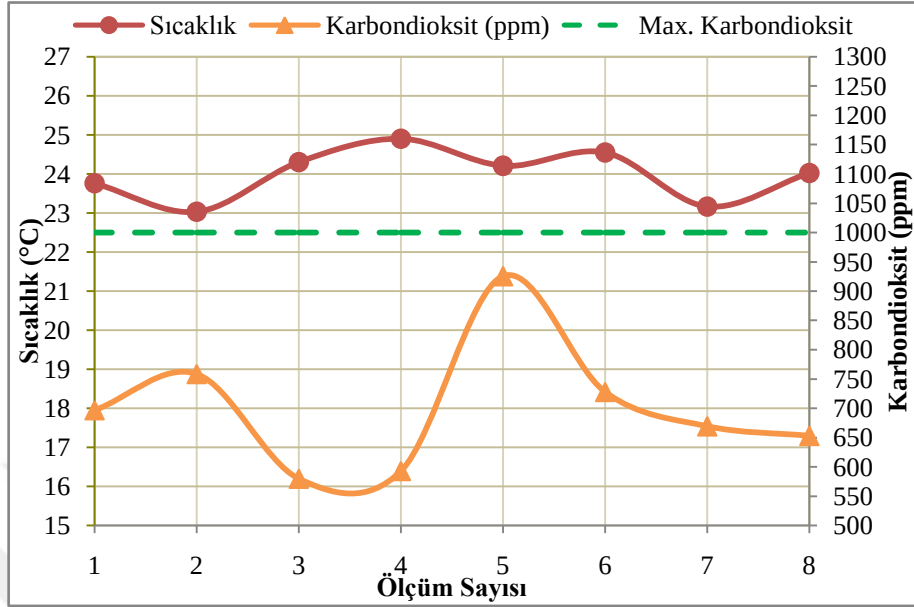
Şekil 4.20. A ofisi için Sıcaklık-Bağıl Nem ilişkisi

Şekil 4.21’de A ofisinin hava akış hızı verilmektedir. Alınan ölçümlerde hava akış hızı; 0.08-0.09 m/sn aralıklarında olup, standartta belirtilen sınır değerler içerisindeydir. Isıl konfor açısından uygun hava akış hızı sağlanmaktadır.



Şekil 4.21. A ofisi için Sıcaklık-Hava Akış Hızı ilişkisi

A ofisinin CO₂ değişimi Şekil 4.22’de gösterilmekte olup, CO₂ aralığı; 550-950 ppm arasında değişmektedir. Standartta belirtilen limit değerler içerisinde.



Şekil 4.22. A ofisi için Sıcaklık-CO₂ ilişkisi

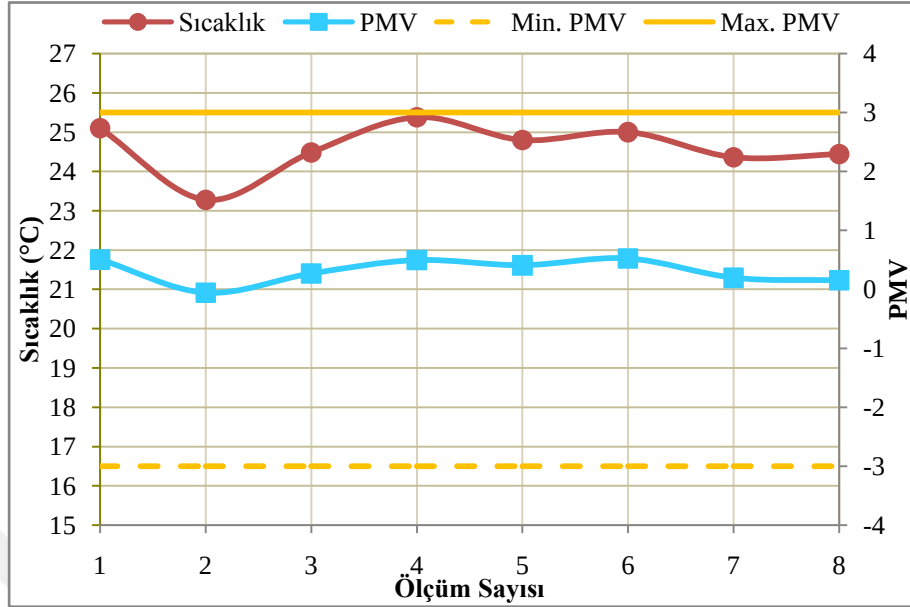
A ofisinde alınan ölçüm sonuçlarına göre; ortamın sıcaklık, bağıl nem, hava akış hızı ve karbondioksit miktarına göre, çalışanların memnuniyeti PMV ölçeği, memnuniyetsizlik yüzdesi ise PPD ile Tablo 4.9’da verilmektedir.

Tablo 4.9. A ofisi memnuniyet durumu

Ölçüm sayısı	Zaman	Sıcaklık (°C)	Bağıl Nem (%)	Hava Akış Hızı (m/s)	PMV Calc	PPD Calc (%)
1	9-10	25,10	35,38	0,08	0,51	10,38
2	10-11	23,28	31,14	0,08	-0,06	5,08
3	11-12	24,48	28,76	0,09	0,27	6,48
4	12-13	25,38	35,14	0,10	0,50	10,22
5	13-14	24,80	39,14	0,08	0,41	8,48
6	14-15	25,00	46,34	0,10	0,52	10,82
7	15-16	24,36	22,50	0,08	0,20	5,80
8	16-17	24,44	23,36	0,08	0,15	5,50

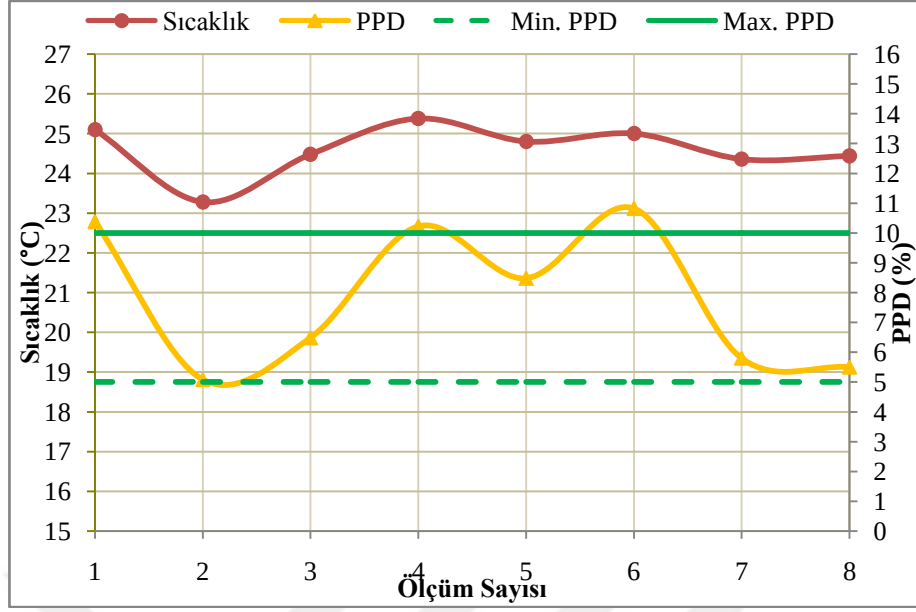
A ofisinde alınan ölçümler doğrultusunda, sıcaklık ve memnuniyet durumunu gösteren PMV arasındaki ilişki Şekil 4.23’de verilmektedir. -3 alt limiti ile +3 üst limiti aralığında tarif edilen memnuniyet ölçeğine göre A ofisi için PMV; -1 ile +1 arasında

değişmektedir. Hafif ılık, nötr ve hafif serin olarak nitelendirilmekte olup; konfor açısından uygun ya da tolere edilebilir bir ortamdır.



Şekil 4.23. A ofisi için Sıcaklık-PMV ilişkisi

%5-10 arasında olması beklenen memnuniyetsizlik yüzdesi PPD değerleri, A ofisinde % 4-12 arasında değişmektedir. Çoğunlukla limit değerleri arasında çıkan PPD değerlerinin, bazı ölçümlerde konfor aralığını aşmasında yüksek sıcaklık sebep olarak gösterilebilmektedir. Sıcaklık artışına paralel olarak PPD oranı da artmakta, yüksek sıcaklıkta kişiler daha fazla memnuniyetsiz hissetmektedir (Şekil 4.24).



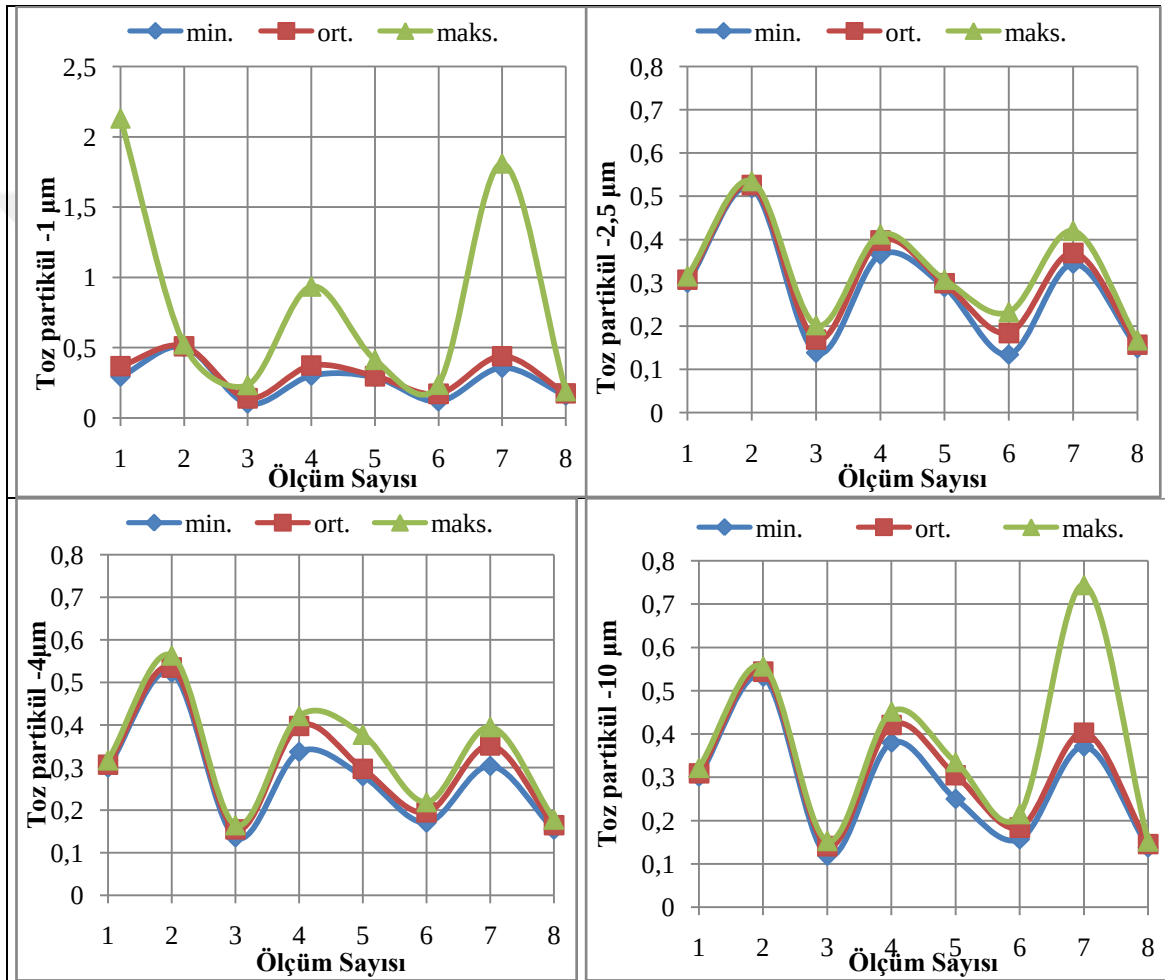
Şekil 4.24. A ofisi için Sıcaklık-PPD ilişkisi

4 farklı büyüklükteki PM ölçümleri Tablo 4.10'da verilmektedir. Alınan ölçümlerde parçacık büyüklüğüne PM miktarı ilişkisi, verilen grafikler üzerinden incelenmektedir. PM miktarları farklı büyüklükteki parçacıklar için ortalama 0,1-0,8 μm arasında olup yakın değerlerde ve benzer eğriler oluşmaktadır (Şekil 4.25).

Tablo 4.10. A ofisindeki PM ölçümleri

Ölçüm Sayısı		1	2	3	4	5	6	7	8
10 μm	min.	0,302	0,532	0,119	0,38	0,25	0,157	0,371	0,138
	ort.	0,309	0,544	0,141	0,421	0,305	0,184	0,403	0,146
	maks.	0,322	0,556	0,153	0,452	0,335	0,215	0,744	0,152
4 μm	min.	0,3	0,523	0,136	0,337	0,28	0,171	0,304	0,154
	ort.	0,307	0,535	0,155	0,398	0,297	0,195	0,352	0,165
	maks.	0,317	0,563	0,165	0,421	0,377	0,219	0,395	0,178
2,5 μm	min.	0,3	0,519	0,138	0,365	0,29	0,134	0,344	0,149
	ort.	0,307	0,526	0,169	0,398	0,299	0,184	0,369	0,157
	maks.	0,315	0,535	0,202	0,412	0,307	0,232	0,42	0,167
1 μm	min.	0,293	0,504	0,102	0,3	0,289	0,118	0,356	0,159
	ort.	0,369	0,51	0,14	0,373	0,297	0,172	0,439	0,175
	maks.	2,13	0,524	0,234	0,935	0,413	0,237	1,81	0,19

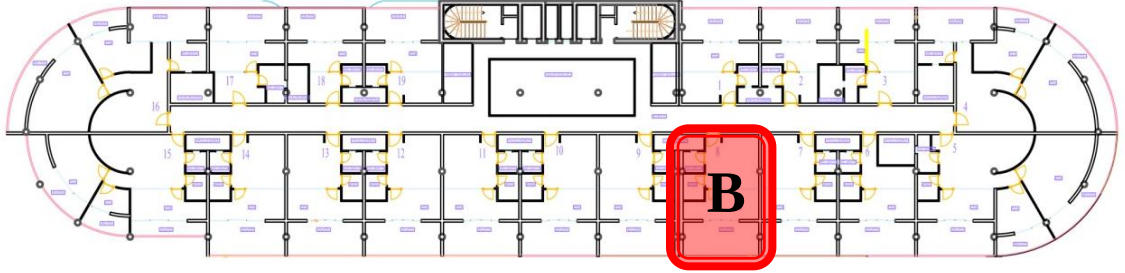
Şekil 4.25'i incelendiğinde; 1 μm büyüklüğündeki PM miktarında daha fazla artış görülmektedir. Aynı şekilde 10 μm büyüklüğündeki 7. ölçümde de maksimum eğrisinde bir sıçrama meydana gelmektedir. Hava akış hızı grafiğindeki 7. ölçümde hava akış hızının en yüksek oluşu, ölçüm esnasında açılan bir kapı ya da pencerenin bu değişime sebep olabileceğini kuvvetlendirmektedir. Ayrıca PM ölçüm cihazının hassasiyet oranının da yüksek oluşu etkili olabilmektedir.



Şekil 4.25. A ofisi için boyutlarına göre PM miktarları

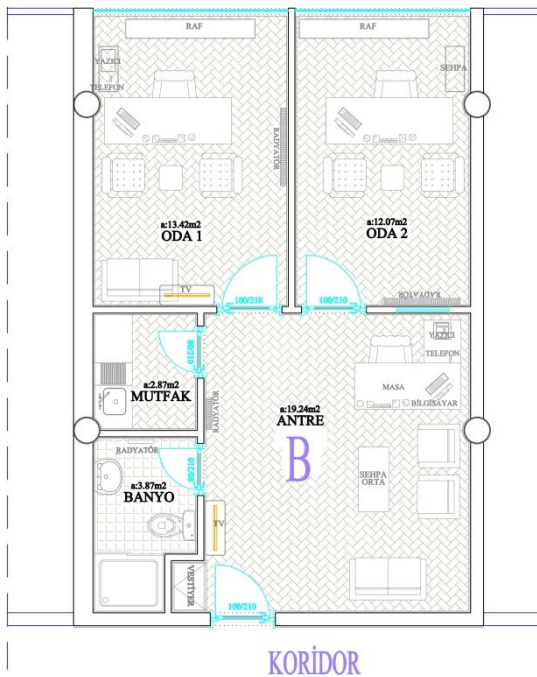
➤ **B Ofisi**

B ofisi, 1. katta yer almakta ve Güneydoğu yönüne bakmaktadır. Ofisin kat planındaki yeri Şekil 4.26'da verilmektedir.

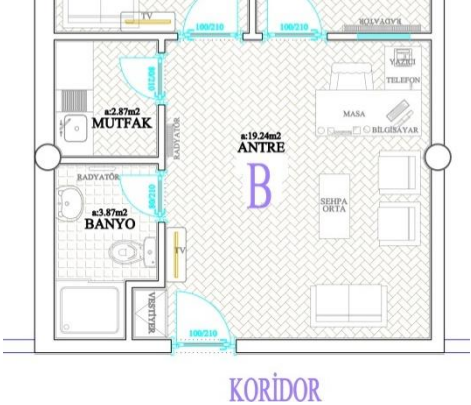
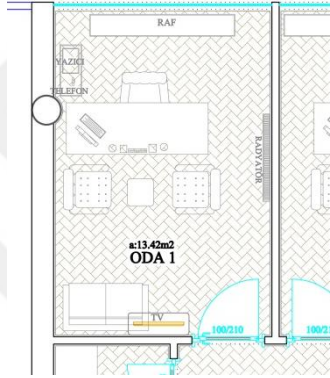
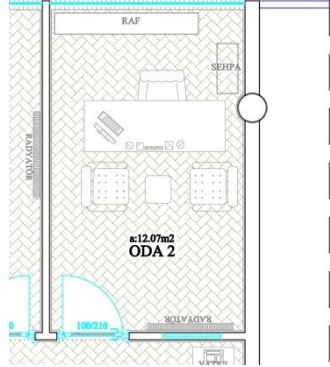


Şekil 4.26. B ofisinin kat planındaki yeri

B ofisi 2 oda, banyo, mutfak ve antreden oluşmaktadır. Yaklaşık olarak 50 m² alana sahiptir. Ofiste; odalar ve antre lamine ahşap, mutfak ve banyo seramik döşeme kaplaması ile kaplıdır. Duvarlarda genellikle alçı sıva kullanılmış olup kısmen duvar kâğıdı da mevcuttur. Tavan için; taş yünü asma tavan yapılmış ve aydınlatma armatürü olarak spot lambalar kullanılmıştır. Kullanıcı sayısı genelde 2-3 kişidir. Yasal olmamasına rağmen sigara kullanımının söz konusu olduğu bir ofistir. Ofis plan krokisi Şekil 4.27'de, fotoğrafları ise Şekil 4.28'de verilmektedir.



Şekil 4.27. B ofisi plan krokisi

ANTRE		
ODA 1		
ODA 2		

Şekil 4.28. B ofisi birimleri ve fotoğrafları [127]

BANYO		
MUTFAK		
ÖLÇÜM NOKTASI		

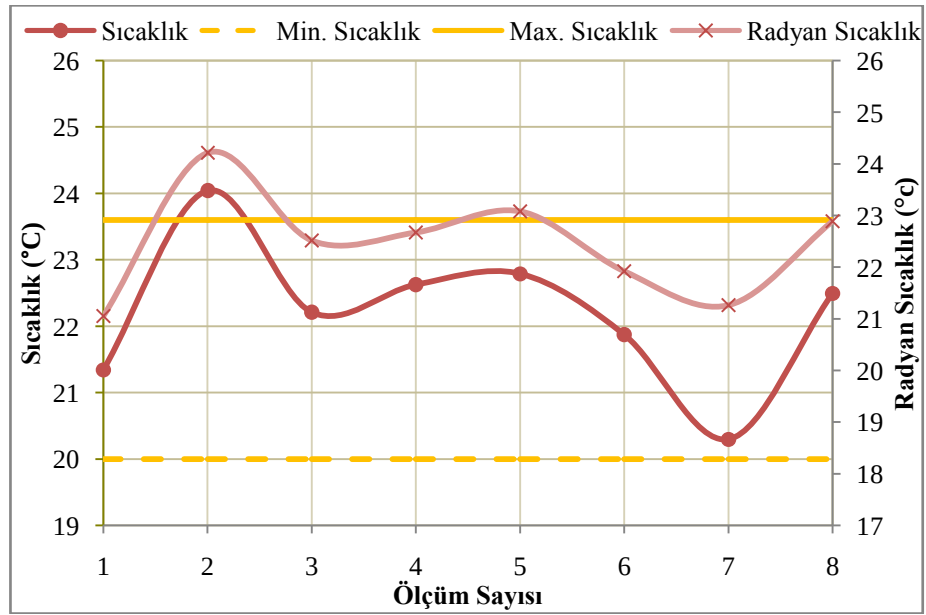
Şekil 4.28. B ofisi birimleri ve fotoğrafları [127]

Tablo 4.11'de, B ofisinde günlük çalışma saatleri dikkate alınarak düzenlenen ölçümler verilmiştir.

Tablo 4.11. B ofisi için ısı konfor ve İHK ölçümü

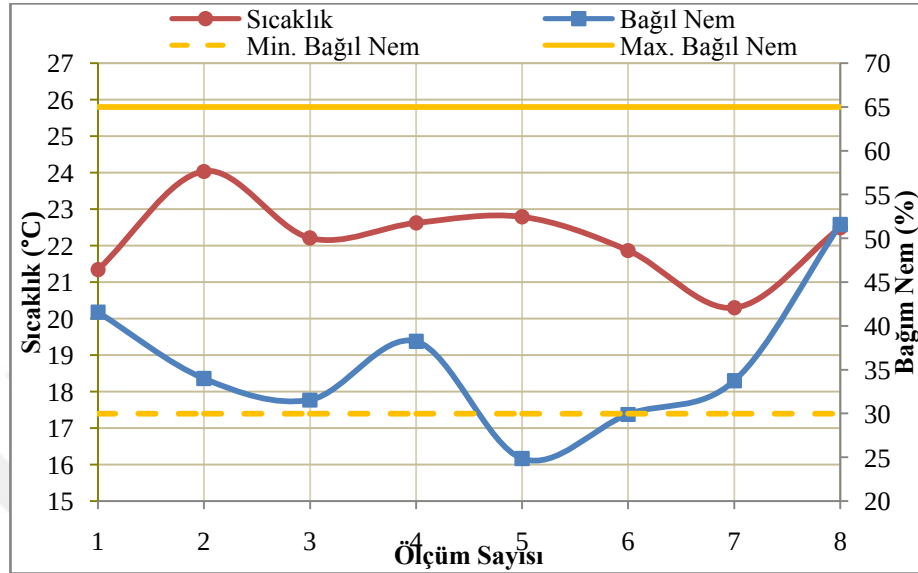
Ölçüm sayısı	Zaman	Sıcaklık (°C)	CO ₂ (ppm)	Bağıl Nem (%)	Radyan Sıcaklık (°C)	Hava Akış Hızı (m/s)
1	9-10	21,346	692,56	41,562	21,054	0,0778
2	10-11	24,042	783,74	34,012	24,216	0,0924
3	11-12	22,21	546,06	31,574	22,518	0,0812
4	12-13	22,626	1104,22	38,238	22,674	0,0822
5	13-14	22,792	738,74	24,882	23,082	0,083
6	14-15	21,874	841,54	29,93	21,924	0,0788
7	15-16	20,3	1201,36	33,756	21,264	0,082
8	16-17	22,498	623,74	51,576	22,89	0,084

Ölçüm verileri; ASHRAE 55 standardı ile belirlenmiş olan alt ve üst limit değerleri karşılaştırma yapılarak değerlendirilmektedir. B ofisi için sıcaklık-radyan sıcaklık ilişkisi Şekil 4.29'da gösterilmektedir. Ofisteki ortam sıcaklığı 20-24°C arasında değişmektedir. Ölçülen sıcaklık değerleri, genellikle üst limite yakın olup hatta birkaç ölçümde üst limiti aşmaktadır. A ofisi ile benzer şekilde; radyan sıcaklık, ortam sıcaklığından yüksek olmakla beraber ortam sıcaklığı ile benzer eğrilere ve yakın değerlere sahiptir. Mevcut mobilyalar, elektronik cihazlar ve duvar yüzeyleri gibi ısı depolayıcı yüzeylerin de ortam sıcaklığı üzerinde etkili olduğu söylenebilir.



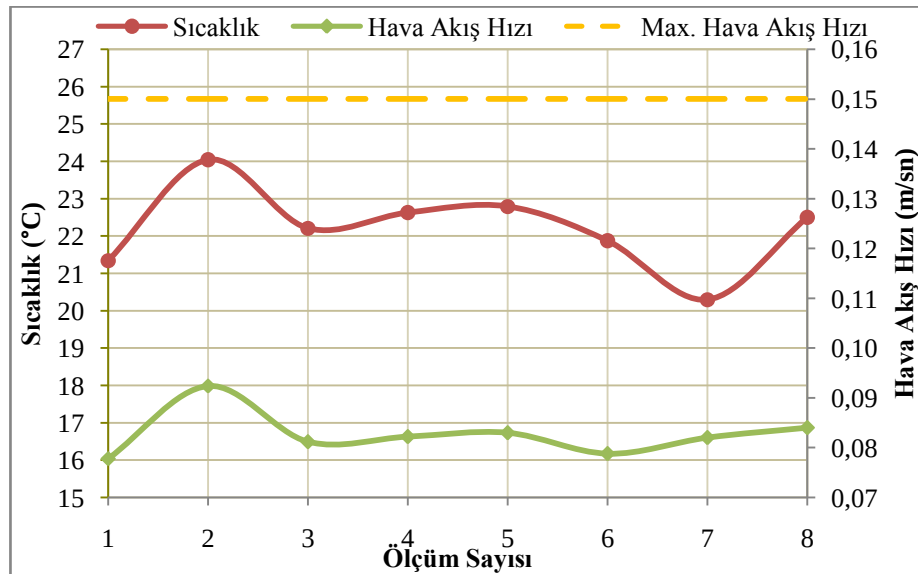
Şekil 4.29. B ofisi için Sıcaklık-Radyan Sıcaklık ilişkisi

B ofisi için bağıl nem aralığı; %25-55 arasında değişmektedir. Bağıl nem, genellikle alt limite yakın olmakla beraber, alt limitin altına düştüğü de görülmektedir (Şekil 4.30).



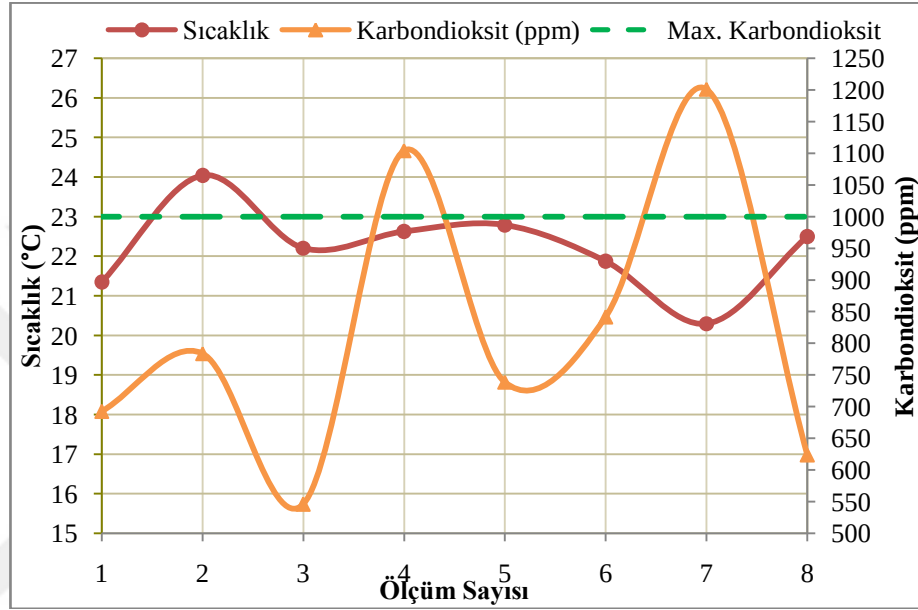
Şekil 4.30. B ofisi için Sıcaklık-Bağıl Nem ilişkisi

B ofisi için sıcaklık-hava akış hızı grafiğine göre; hava akış hızı aralığı; 0,08-0,10 m/sn arasında değişmektedir. Standartta belirtilen maksimum sınır değeri olan 0,15 m/sn'yi geçmemekte olup konfor şartları açısından uygundur. Ayrıca hava akış hızı ve sıcaklık genellikle benzer eğriler göstermektedir. Sıcaklığın arttığı zamanlarda hava akış hızında da bir artış görülmektedir (Şekil 4.31).



Şekil 4.31. B ofisi için Sıcaklık-Hava Akış Hızı ilişkisi

Sıcaklık-CO₂ grafiğine göre B ofisindeki CO₂; 500-1250 ppm arasında değişmektedir. Ölçümler, genellikle limit değer aralığında olmakla beraber 4. ve 7. ölçümlerde maksimum değeri de aşmaktadır. Bu ölçümler, ofisin daha küçük alana sahip oluşu, ortama yerleşmiş sigara kaynaklı kirleticilerin varlığı ve yetersiz havalandırmadan dolayı maksimum seviyeyi aşmaktadır (Şekil 4.32).



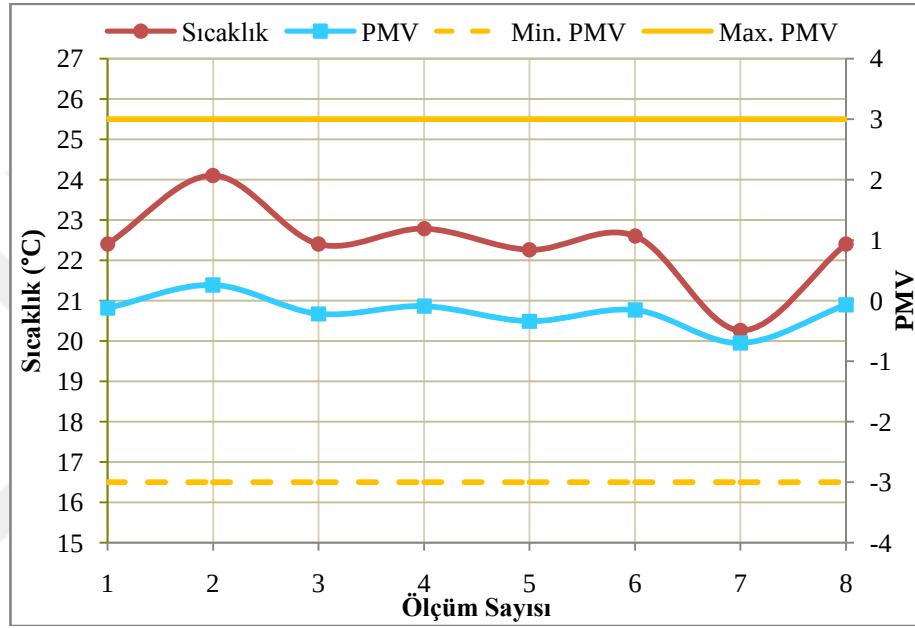
Şekil 4.32. B ofisi için Sıcaklık-CO₂ ilişkisi

Tablo 4.12'de ısı konfor ölçeği PMV ve PPD olarak memnuniyet durumları ve ısı konfor parametrelerinden sıcaklık, bağıl nem, hava akış hızı ve CO₂'ye ait sayısal veriler yer almaktadır.

Tablo 4.12. B ofisi memnuniyet durumu

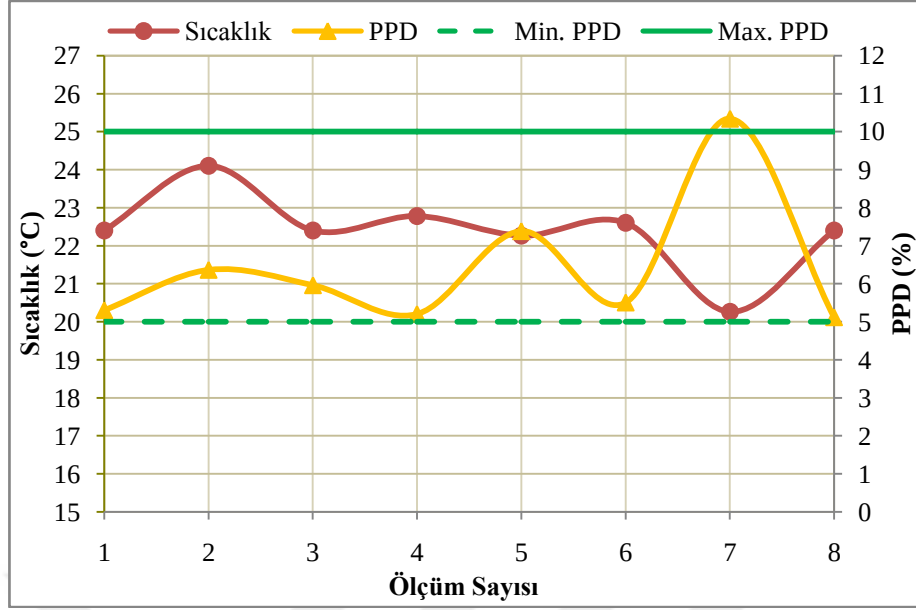
Ölçüm sayısı	Sıcaklık (°C)	Bağıl Nem (%)	Hava Akış Hızı (m/s)	PMV Calc	PPD Calc (%)
1	22,4	38,56	0,08	-0,124	5,3
2	24,1	36,24	0,08	0,256	6,36
3	22,4	30,4	0,08	-0,216	5,96
4	22,78	34,04	0,08	-0,092	5,2
5	22,26	24,66	0,088	-0,338	7,38
6	22,6	31,22	0,08	-0,154	5,5
7	20,26	36,3	0,08	-0,7	10,34
8	22,4	52,3	0,086	-0,07	5,12

B ofisindeki sıcaklık-PMV ilişkisini gösteren grafikte PMV aralığı; -1 ile +1 arasındadır. PMV ölçeğinde bu aralıklar; hafif serin, nötr ve hafif ılık olarak nitelendirilmektedir. Genel anlamda durağan bir çizgi izleyen PMV değişimi; konfor aralığında olup, isteğe bağlı olarak tolere de edilebilmektedir. Sıcaklık ve PMV değerleri benzer eğriler oluşturmakta, sıcaklık artışı ile PMV ölçeği de artmaktadır (Şekil 4.33).



Şekil 4.33. B ofisi için Sıcaklık-PMV ilişkisi

Şekil 4.34’de PPD memnuniyetsizlik yüzdesi ve sıcaklık ilişkisi verilmektedir. B ofisinde PPD aralığı; % 5-11 arasında olmaktadır. PPD değerleri alt limite yakın çıkmıştır. 7. ölçümde meydana gelen artış için sıcaklıkların düşük olmasının memnuniyetsizlik yüzdesini etkilediği söylenebilmektedir.

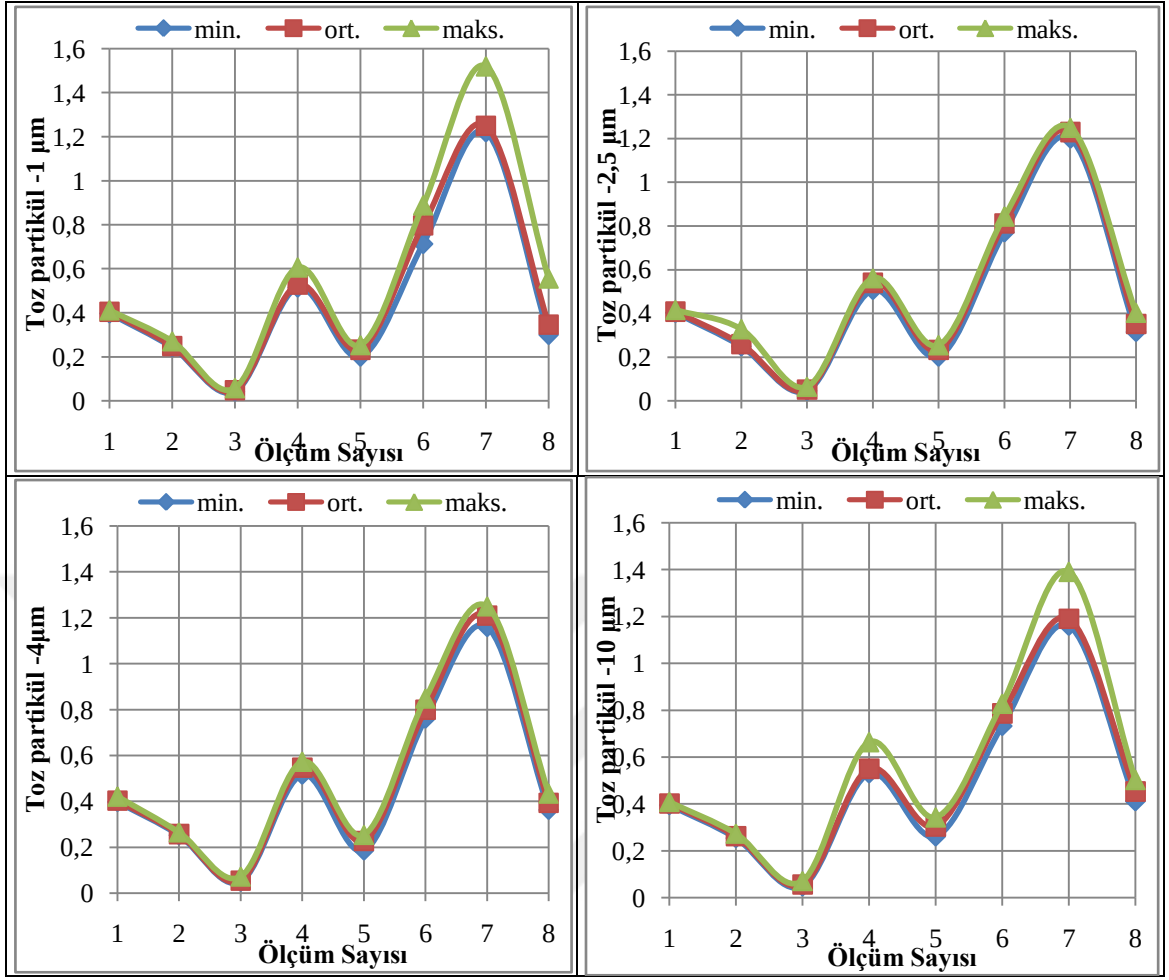


Şekil 4.34. B ofisi için Sıcaklık-PPD ilişkisi

B ofisinde alınan PM ölçümleri Tablo 4.13’de gösterilmektedir. PM miktarları 0-1,6 arasında değişmektedir. Grafıklara göre; 10 μm , 4 μm , 2,5 μm ve 1 μm çapındaki toz partiküller yakın değerlerde olup, benzer eğriler oluşturmaktadır (Şekil 4.35).

Tablo 4.13. B ofisindeki PM ölçümleri

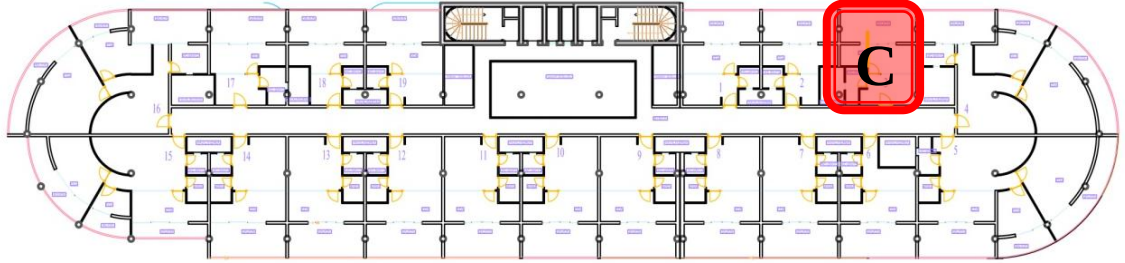
Ölçüm Sayısı		1	2	3	4	5	6	7	8
10 μm	min.	0,395	0,254	0,048	0,53	0,261	0,732	1,16	0,411
	ort.	0,402	0,262	0,056	0,55	0,304	0,786	1,19	0,453
	maks.	0,408	0,273	0,071	0,663	0,342	0,827	1,39	0,502
4 μm	min.	0,398	0,253	0,05	0,517	0,186	0,761	1,16	0,363
	ort.	0,404	0,258	0,055	0,547	0,228	0,8	1,21	0,394
	maks.	0,421	0,265	0,073	0,573	0,254	0,849	1,25	0,434
2,5 μm	min.	0,402	0,249	0,045	0,507	0,201	0,771	1,2	0,315
	ort.	0,408	0,259	0,051	0,54	0,233	0,812	1,23	0,351
	maks.	0,416	0,327	0,064	0,561	0,254	0,843	1,25	0,403
1 μm	min.	0,397	0,243	0,041	0,514	0,2	0,712	1,22	0,299
	ort.	0,404	0,249	0,048	0,528	0,232	0,797	1,25	0,346
	maks.	0,411	0,27	0,057	0,606	0,253	0,888	1,52	0,556



Şekil 4.35. B ofisi için boyutlarına göre PM miktarları

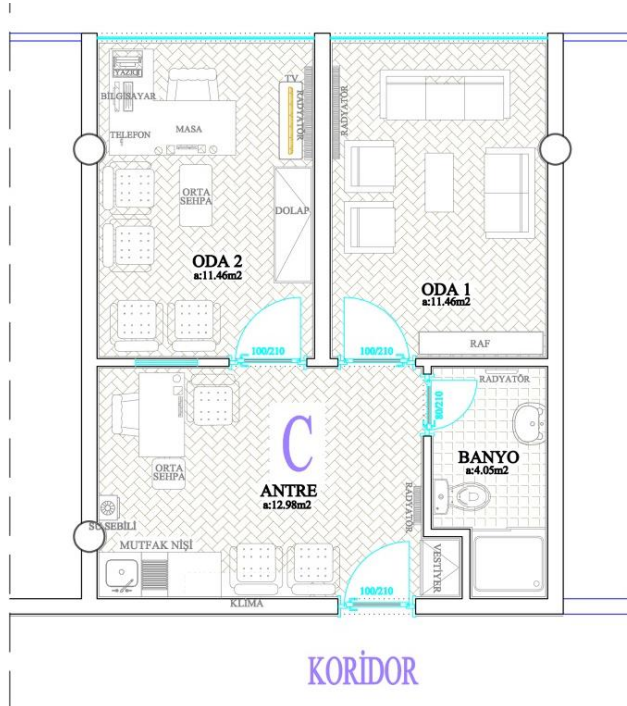
➤ **C Ofisi**

C ofisi, 1. katta yer almakta ve Kuzeybatı yönüne bakmaktadır. Ofisin kat planındaki yeri Şekil 4.36'da verilmektedir.

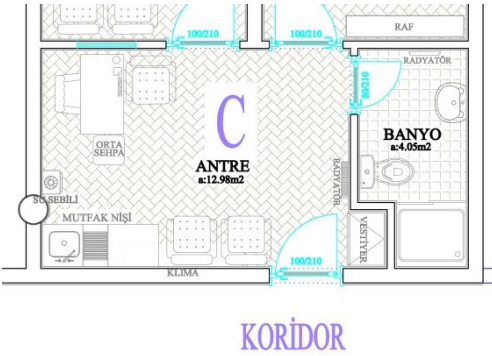
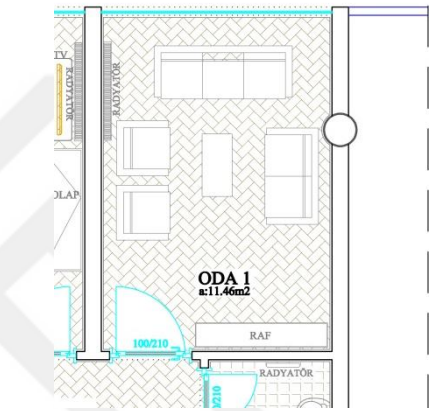
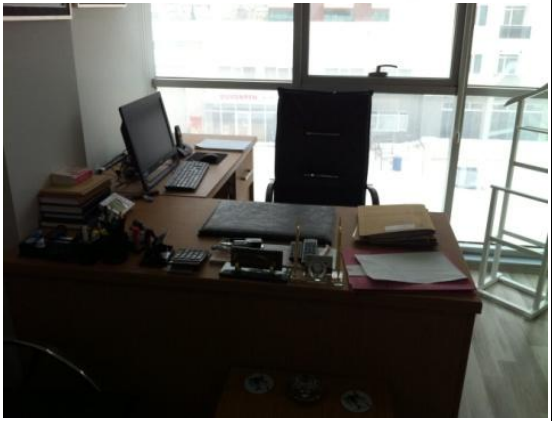
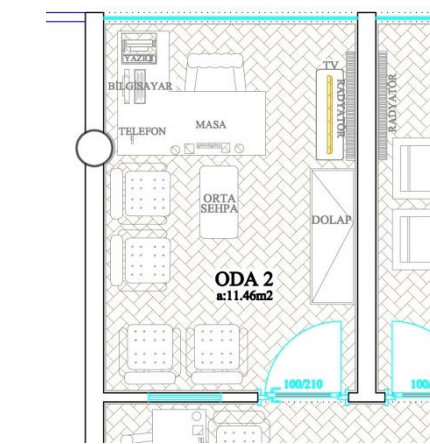


Şekil 4.36. C ofisinin kat planındaki yeri

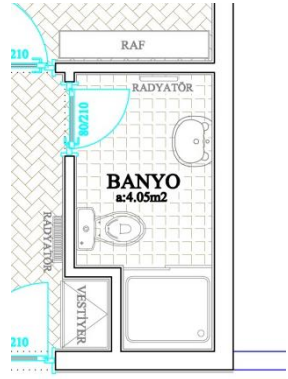
C ofisi 2 oda, banyo, mutfak nişi ve antreden oluşmaktadır. Yaklaşık olarak 40 m² alana sahip olan ofiste; odalar ve antre lamine ahşap, mutfak ve banyo seramik döşeme kaplaması ile kaplıdır. Duvarlarda alçı sıva üzerine plastik esaslı boya uygulaması yapılmıştır. Tavan; taş yünü asma tavan olup aydınlatma armatürlerinde spot lamba kullanılmıştır. Kullanıcı sayısı genelde 2-3 kişidir. Ofis plan krokisi Şekil 4.37'de, fotoğrafları ise Şekil 4.38'de verilmektedir [127]



Şekil 4.37. C ofisi plan krokisi

ANTRE		
ODA 1		
ODA 2		

Şekil 4.38. C ofisi birimleri ve fotoğrafları [127]

BANYO		
MUTFAK NİŞİ		
ÖLÇÜM NOKTASI		

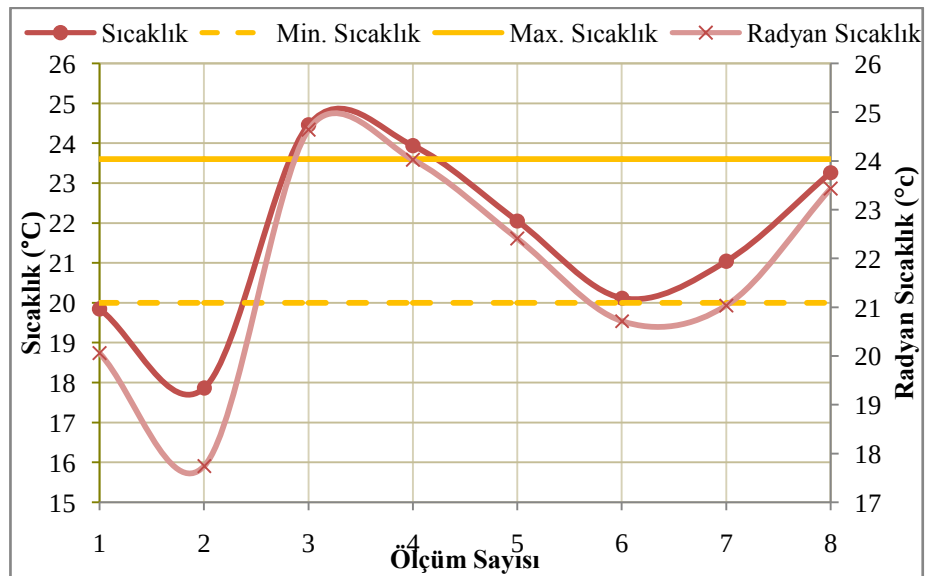
Şekil 4.38'in devamı [127]

C ofisi için Tablo 4.14'de ölçüm zamanı ile birlikte ölçülen parametreler verilmiştir.

Tablo 4.14. C ofisi için ısı konfor ve İHK ölçümü

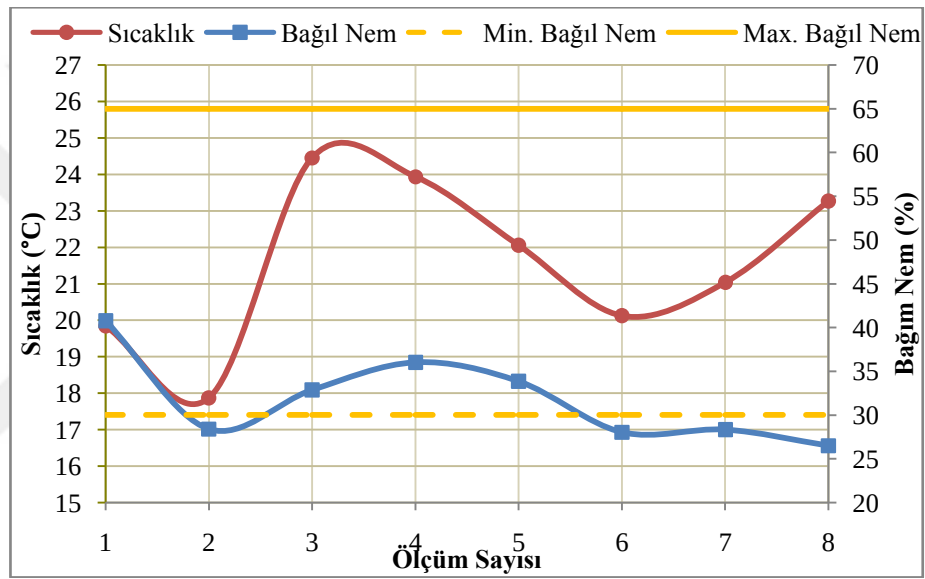
Ölçüm sayısı	Zaman	Sıcaklık (°C)	CO ₂ (ppm)	Bağıl Nem (%)	Radyan Sıcaklık(°C)	Hava Akış Hızı (m/s)
1	9-10	19,848	560,6	40,766	20,058	0,0812
2	10-11	17,866	572,14	28,422	17,742	0,0796
3	11-12	24,46	744,32	32,854	24,642	0,0828
4	12-13	23,942	1080,02	36,016	24,026	0,0832
5	13-14	22,058	1272,66	33,856	22,41	0,0808
6	14-15	20,124	910,74	28,046	20,718	0,106
7	15-16	21,04	1096,1	28,332	21,04	0,084
8	16-17	23,27	731,64	26,518	23,436	0,082

C ofisi için alınan ölçümlerden elde edilen veriler çerçevesinde sıcaklık-radyan sıcaklık arasındaki ilişki verilmektedir. C ofisinin sıcaklık aralığı; 17-25 °C arasında olup, ASHRAE 55 standardının belirlemiş olduğu minimum ve maksimum değerleri genellikle aşmaktadır. B ofisi ile yakın m²'ye sahip olan C ofisine ait sıcaklık eğrisi, kuzey türevli yönde konumlanması, daha az mobilya ve elektronik cihaz bulunması ve kullanılmayan mekânların ısıtılmaması gibi etkenlerden dolayı iniş ve çıkışları olan değişken özelliktedir. Isıl konfor açısından olumsuz bir durum söz konusudur. Ayrıca A ve B ofisinin aksine C ofisinde ortam sıcaklığı; yüzeylerden yansiyarak gelen radyan sıcaklıktan daha yüksek çıkmaktadır (Şekil 4.39).



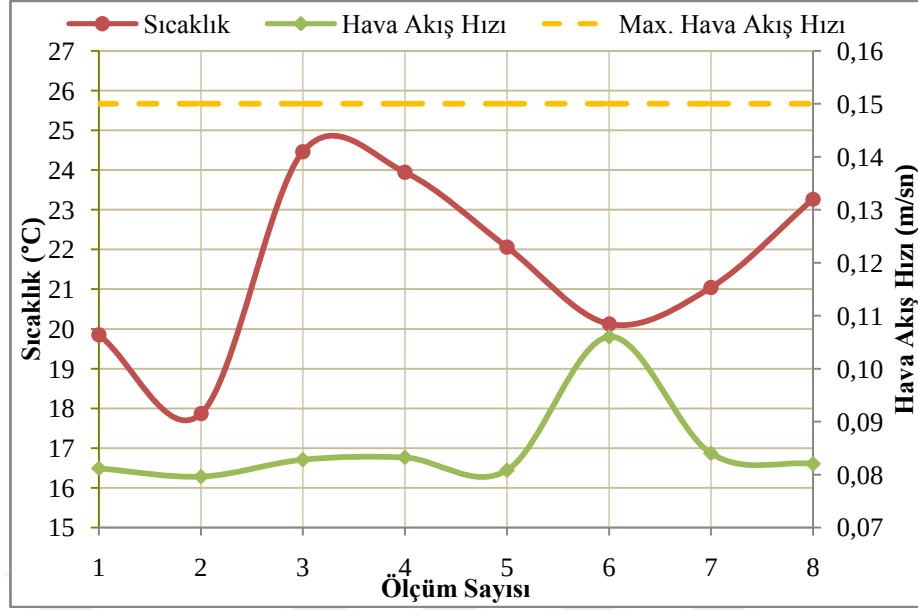
Şekil 4.39. C ofisi için Sıcaklık-Radyan Sıcaklık ilişkisi

C ofisine ait bağıl nem aralığı; %25-45 arasındadır. Bağıl nem değerleri, alt limit değere yakın olmakla beraber alınan bazı ölçümlerde alt limit değerinin de altına düşmektedir (Şekil 4.40). Ayrıca çalışanlar; düşük sıcaklıktan, düşük bağıl nemden, ofislerdeki sıcaklığın pay ölçerde ayarlanan değerlere çıkılamadığından ve cam yüzeylerdeki ısı kaybından dolayı gerekli ısıyı sağlayamadığından şikâyet etmektedir. Hatta dış cephede uygulanan alüminyum doğramalı silikonlu cam giydirme cepheden zaman zaman içeriye su sızıntısı olduğu ve soğuk günlerde içeriye giren suyun buz tuttuğu da belirtilmektedir.



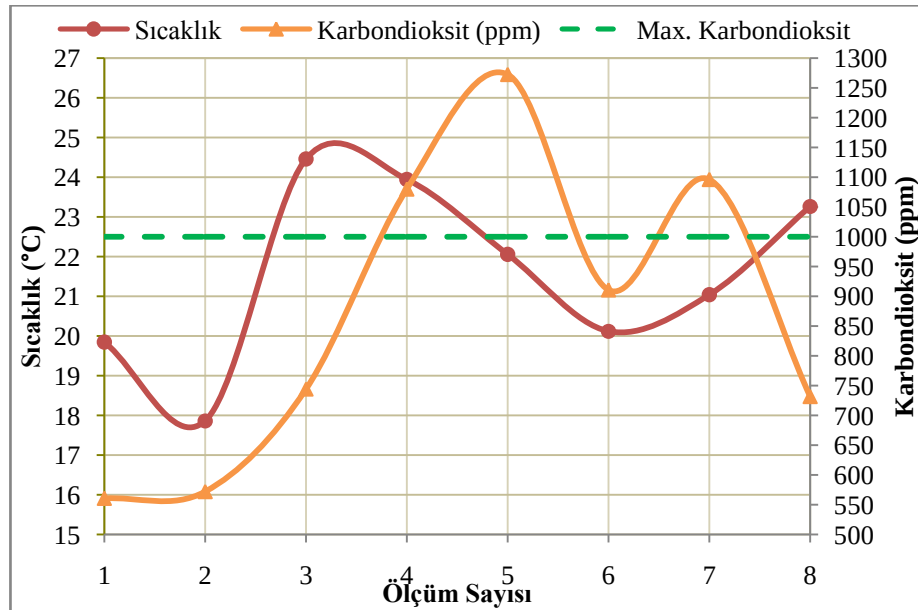
Şekil 4.40. C ofisi için Sıcaklık-Bağıl Nem ilişkisi

Şekil 4.41’de alınan ölçüm verilerine göre sıcaklık-hava akış hızı grafiği verilmektedir. A ve B ofisleri gibi C ofisi için hava akış hızı; ortalama 0,08-0,9 m/sn aralığında ve durağan bir yol izlemektedir. Standartta belirtilen sınır değerler içerisinde ve konfor şartlarına uygundur. 6. ölçümdeki artış nedenini araştırmak için alınan diğer parametreler incelendiğinde, hava akışını etkileyecek önemli bir etki gözlenmemiş olup, ofis içindeki günlük iş hareketlerinden kaynaklanabileceği düşünülmektedir.



Şekil 4.41. C ofisi için Sıcaklık-Hava Akış Hızı ilişkisi

C ofisinin CO₂ aralığı; 500-1300 ppm arasında değişmektedir. Standartta belirtilen üst limite yakın olup, bazı ölçümlerde üst limiti de aştığı görülmektedir. İncelenen grafikte son ölçüm dışında, sıcaklık ve CO₂ değerleri benzer eğriler oluşturmaktadır. Sigara içilmeyen bu ofiste CO₂ miktarının fazla çıkması, yetersiz havalandırmadan kaynaklı olduğu söylenebilir (Şekil 4.42).



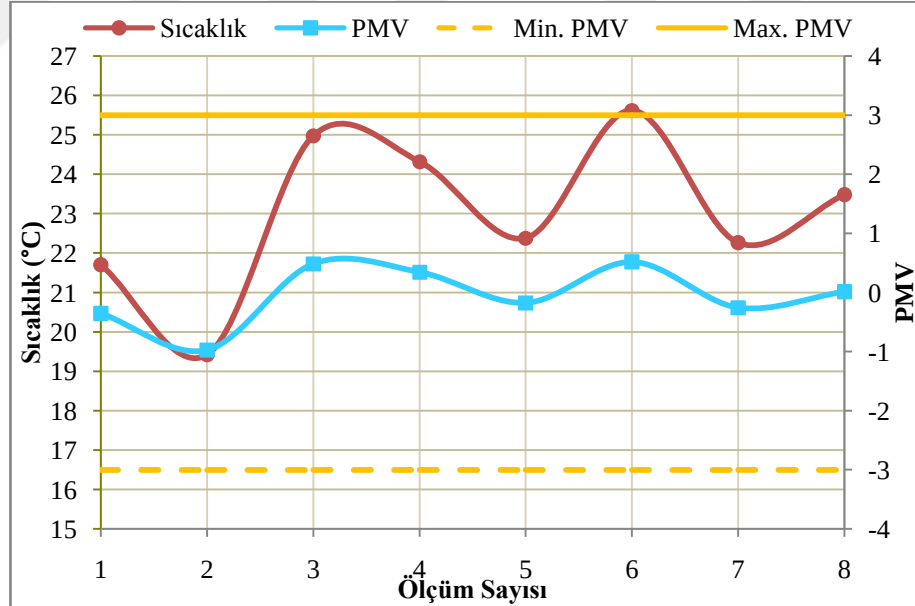
Şekil 4.42. C ofisi için Sıcaklık-CO₂ ilişkisi

Tablo 4.15'de ısı konfor ölçeği olarak memnuniyet durumları ve ısı konfor parametrelerine ait sayısal veriler yer almaktadır.

Tablo 4.15. C ofisi memnuniyet durumu

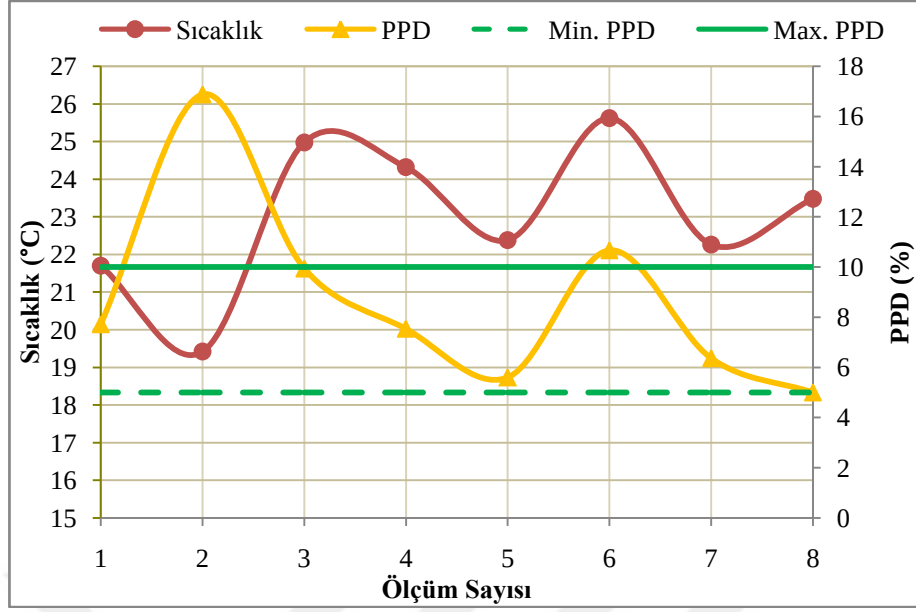
Ölçüm sayısı	Sıcaklık (°C)	Bağıl Nem (%)	Hava Akış Hızı (m/s)	PMV Calc	PPD Calc (%)
1	21,7	40,92	0,08	-0,354	7,72
2	19,42	27,98	0,08	-0,97	16,88
3	24,98	33,66	0,086	0,486	9,94
4	24,32	37,08	0,08	0,346	7,54
5	22,38	33,78	0,08	-0,174	5,6
6	25,62	20,52	0,13	0,516	10,66
7	22,26	27,4	0,082	-0,256	6,36
8	23,48	26,76	0,08	0,014	5

C ofisi için PMV; -1 ile +1 arasında değişmekte olup konfor açısından uygun ve ya tolere edilebilir bir ortamdır (Şekil 4.43).



Şekil 4.43. C ofisi için Sıcaklık-PMV ilişkisi

C ofisi için PPD yüzdesi; % 4-17 aralığı arasında olup PPD yüzdesi, limit değerlere yakın olmakla beraber belirtilen limit değerleri bazı noktalarda aşmaktadır (Şekil 4.44). 2. ölçümdeki sıcaklık düşüşüyle PPD de bir artış görülmektedir.

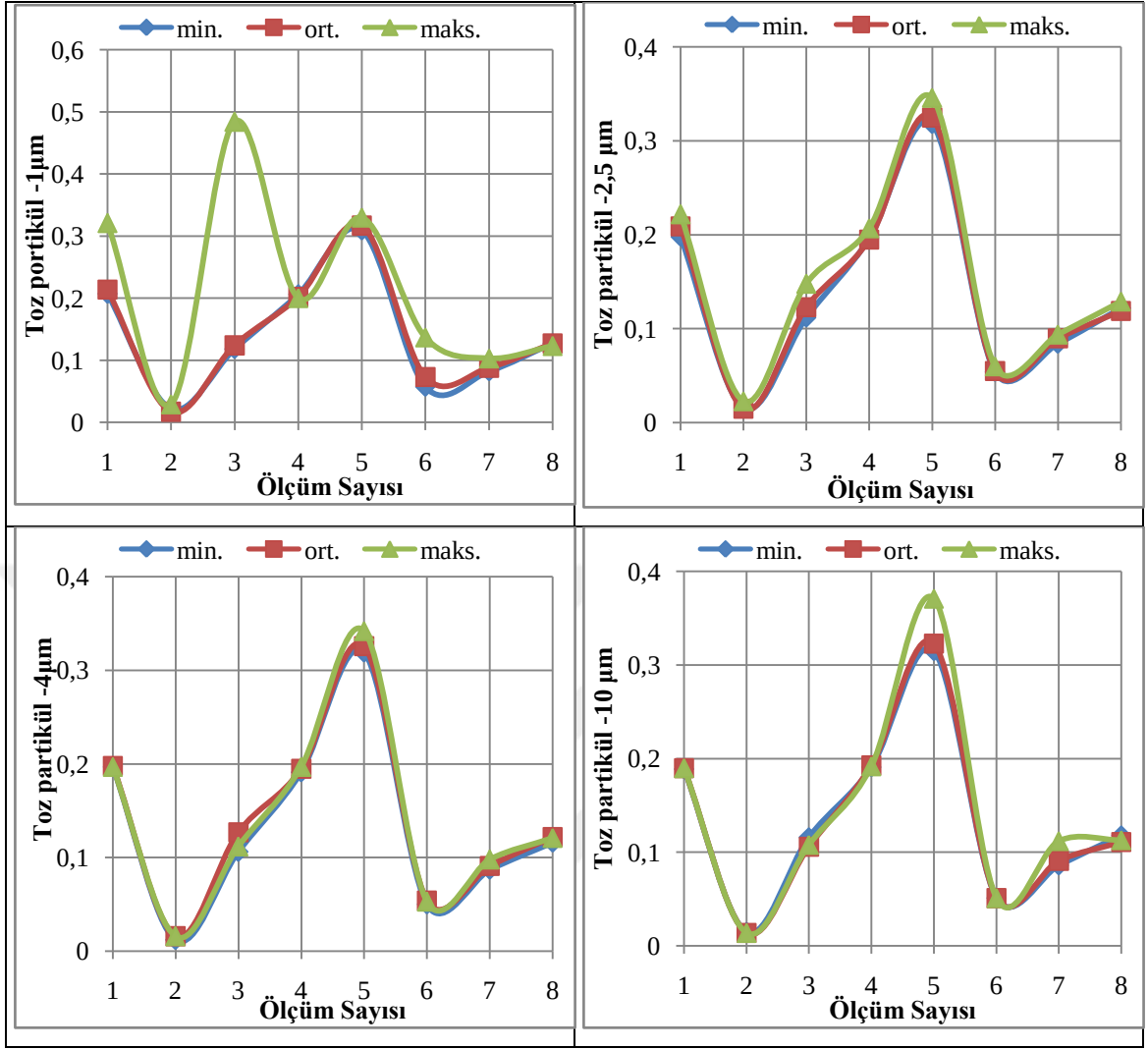


Şekil 4.44. C ofisi için Sıcaklık-PPD ilişkisi

C ofisine ait PM ölçümleri Tablo 4.16’da belirtilmekte ve elde edilen verilerden oluşturulan grafikler ise Şekil 4.45’de verilmektedir. PM miktarları dört farklı büyüklükleri ortalama 0,1-0,4 mg/m³ arasında değişmektedir.

Tablo 4.16. C ofisindeki PM ölçümleri

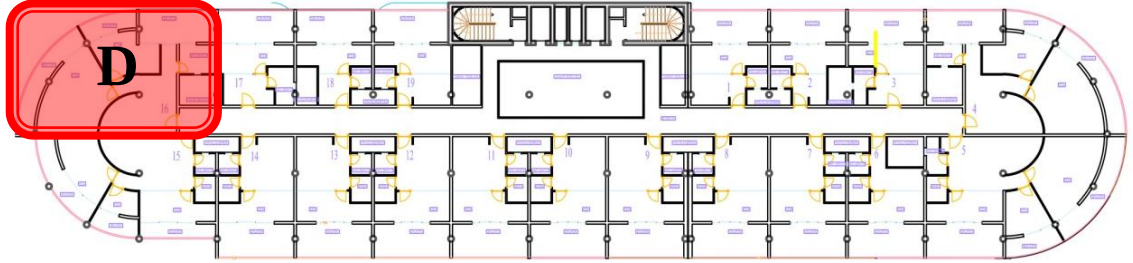
Ölçüm Sayısı		1	2	3	4	5	6	7	8
10 µm	min.	0,189	0,015	0,116	0,191	0,315	0,051	0,086	0,118
	ort.	0,19	0,014	0,106	0,193	0,323	0,051	0,091	0,111
	maks.	0,19	0,014	0,108	0,192	0,371	0,051	0,112	0,113
4 µm	min.	0,197	0,012	0,106	0,191	0,319	0,05	0,087	0,116
	ort.	0,198	0,016	0,127	0,195	0,326	0,054	0,091	0,122
	maks.	0,197	0,016	0,112	0,197	0,342	0,053	0,098	0,121
2,5 µm	min.	0,198	0,016	0,112	0,196	0,318	0,054	0,084	0,122
	ort.	0,209	0,015	0,123	0,195	0,325	0,055	0,09	0,119
	maks.	0,222	0,023	0,148	0,207	0,346	0,06	0,094	0,129
1 µm	min.	0,207	0,022	0,118	0,206	0,309	0,057	0,082	0,127
	ort.	0,214	0,017	0,124	0,202	0,317	0,073	0,088	0,127
	maks.	0,321	0,029	0,484	0,2	0,33	0,137	0,103	0,123



Şekil 4.45. C ofisi için boyutlarına göre PM miktarları

➤ **D Ofisi**

D ofisi, 1. katta ve Güneybatı yönünde bulunmaktadır. Ofisin kat planındaki yeri Şekil 4.46'da verilmektedir.

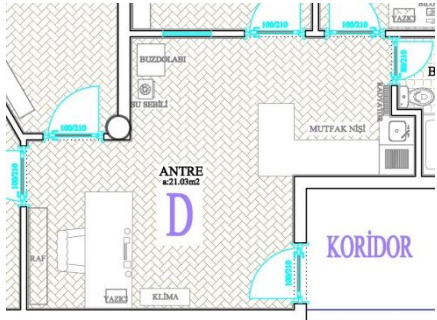
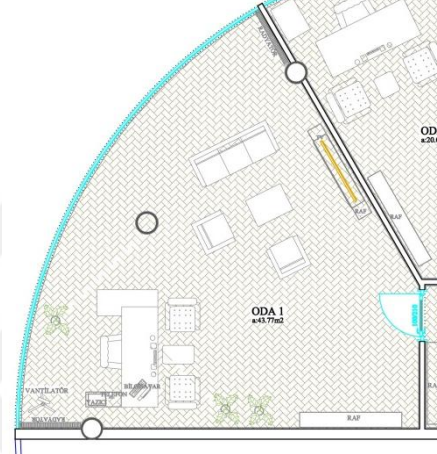
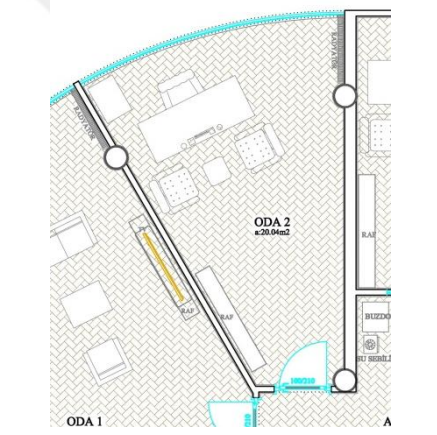
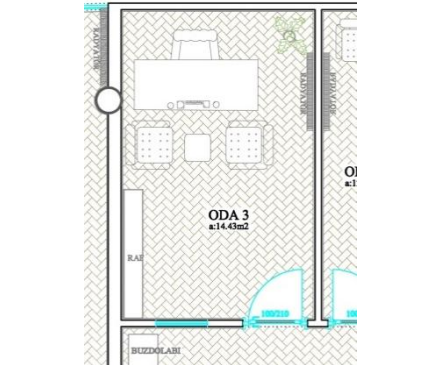


Şekil 4.46. D ofisinin kat planındaki yeri

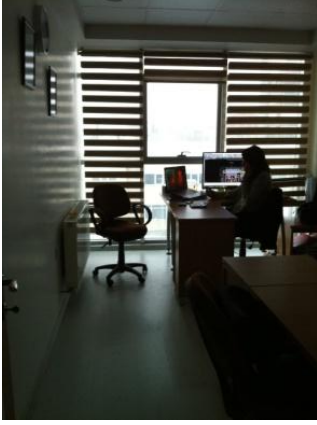
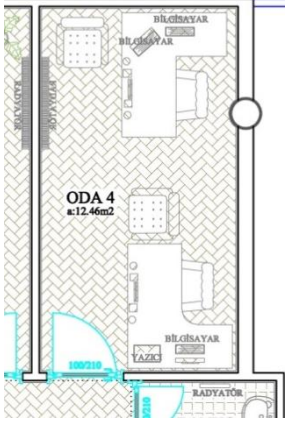
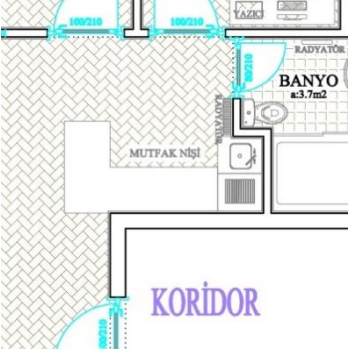
D ofisi 3 oda, banyo, mutfak nişi ve antreden oluşmaktadır. Ofis yaklaşık olarak 115 m²'lik bir alana sahiptir. Odalar ve antre lamine ahşap, banyo ise seramik ile kaplıdır. Duvarlarda alçı sıva üzerine plastik esaslı boya uygulaması yapılmıştır. Tavan; taş yünü asma tavan olup aydınlatma armatürler olarak spot lambalar kullanılmaktadır. Kullanıcı sayısı genelde 1-2 kişi arasında değişmektedir. Ofis plan krokisi Şekil 4.47'de, fotoğrafları ise Şekil 4.48'de verilmektedir.



Şekil 4.47. D ofisi plan krokisi

ANTRE		
ODA 1		
ODA 2		
ODA 3		

Şekil 4.48. D ofisi birimleri ve fotoğrafları [127]

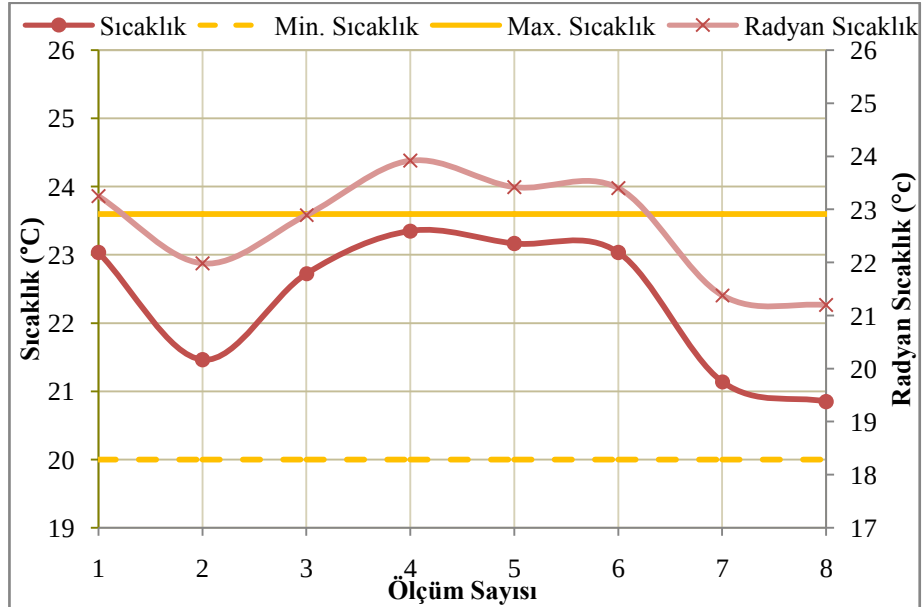
ODA 4		
BANYO		
MUTFAK NİŞİ		
ÖLÇÜM NOKTASI		

Şekil 4.48'in devamı [127]

D ofisinde alınan ölçümler Tablo 4.17'de verilmiştir. D ofisinde ölçülen sıcaklık değerleri; genellikle standartta belirtilen konfor aralığında seyretmektedir. D ofisindeki iç ortam sıcaklığı 21-24°C aralığında seyretmektedir. Ortam sıcaklığının radyan sıcaklıktan daha yüksek çıkması beklenirken A ve B ofislerindeki gibi; radyan sıcaklığın, çoğunlukla ortam sıcaklığından daha yüksek olduğu görülmektedir. Hatta ortam sıcaklığı konfor aralığını aşmazken, radyan sıcaklık genellikle üst limit değeri aşmaktadır (Şekil 4.49).

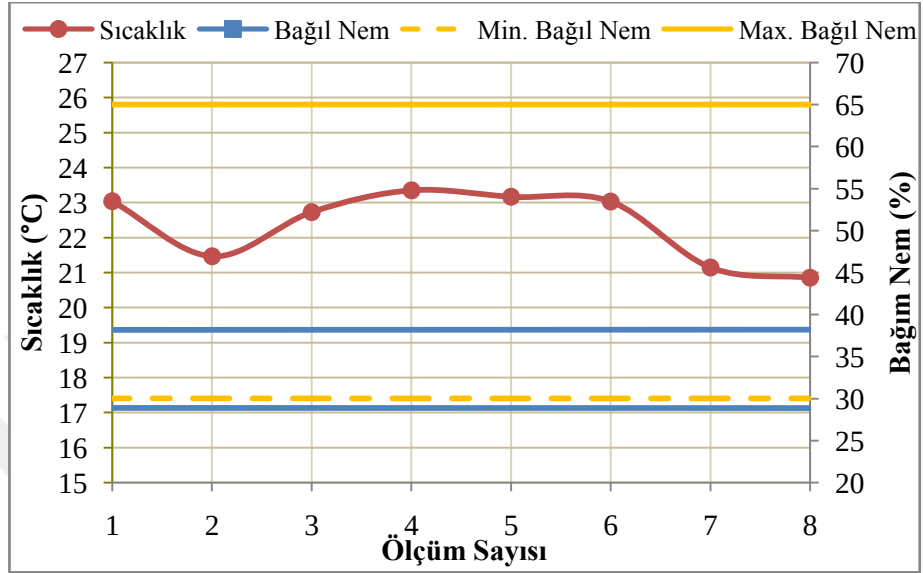
Tablo 4.17. D ofisi için ısı konfor ve İHK ölçümü

Ölçüm sayısı	Zaman	Sıcaklık (°C)	CO ₂ (ppm)	Bağıl Nem (%)	Radyan Sıcaklık (°C)	Hava Akış Hızı (m/s)
1	9-10	23,036	593,56	32,844	23,248	0,0842
2	10-11	21,464	576,16	34,08	21,984	0,0848
3	11-12	22,728	783,26	44,68	22,896	0,0834
4	12-13	23,352	905,76	28,9	23,918	0,082
5	13-14	23,166	804,8	39,562	23,42	0,0896
6	14-15	23,034	1024,08	38,156	23,398	0,0992
7	15-16	21,142	777,28	32,658	21,382	0,0838
8	16-17	20,85	848,82	29,57	21,198	0,111



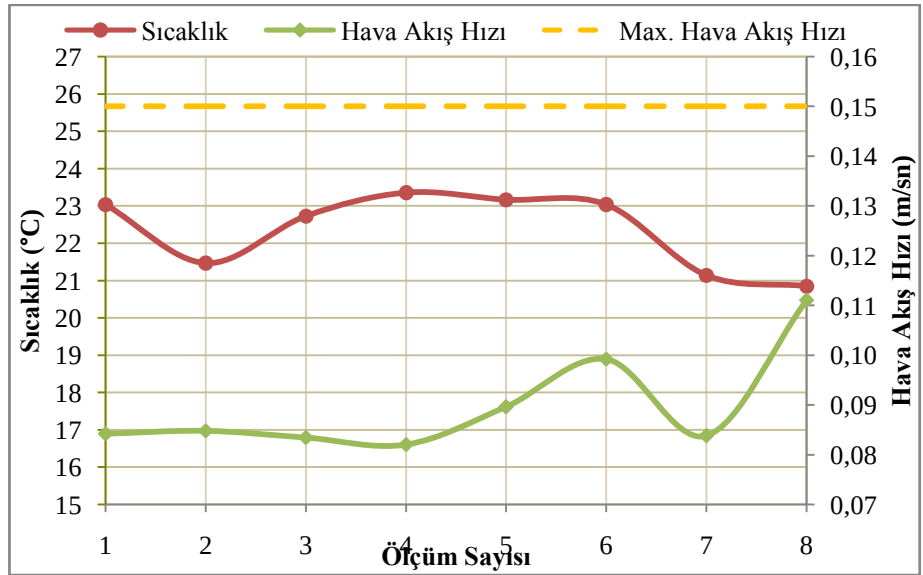
Şekil 4.49. D ofisi için Sıcaklık-Radyan Sıcaklık ilişkisi

Şekil 4.50’de D ofisinde bağıl nem değerleri % 30-45 arasında olup alt limite yakın değerlerde çıkmıştır. D ofisi, ısıl konfor açısından yeterli bir nem aralığına sahip değildir.



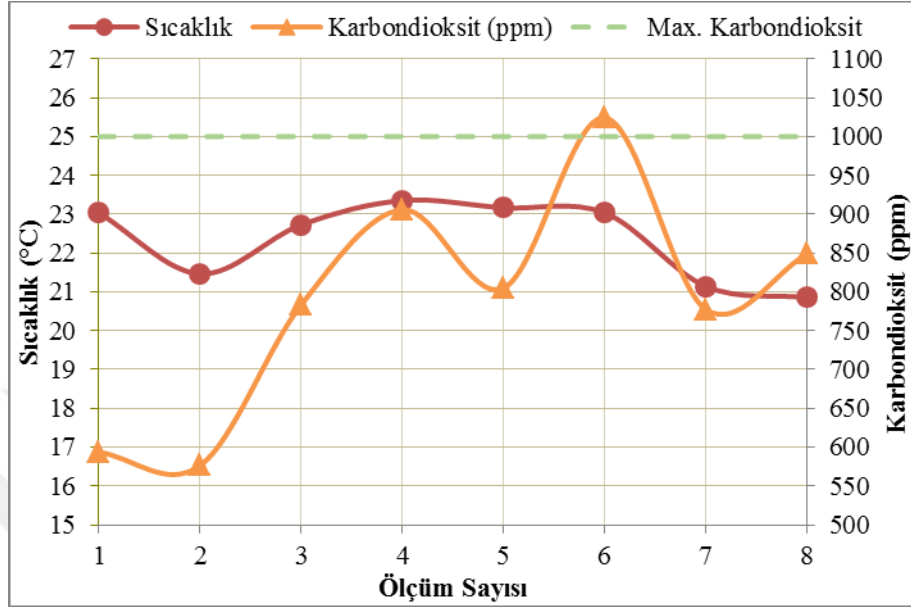
Şekil 4.50. D ofisi için Sıcaklık-Bağıl Nem ilişkisi

Alınan ölçümlerde hava akış hızı ortalaması 0,08-0,09 m/sn arasındadır. D ofisi için hava akış hızı, belirlenen konfor aralığındadır (Şekil 4.51).



Şekil 4.51. D ofisi için Sıcaklık-Hava Akış Hızı ilişkisi

A ofisinin Sıcaklık-CO₂ değişimi Şekil 4.52’de gösterilmektedir. CO₂ aralığı; 550-1050 ppm arasında ve genellikle üst limite yakın çıkmaktadır.



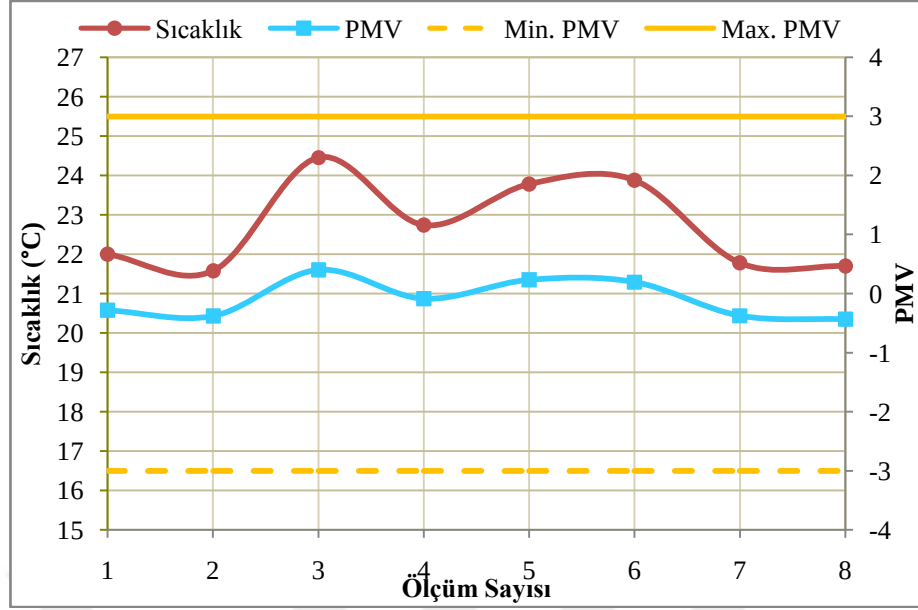
Şekil 4.52. D ofisi için Sıcaklık-CO₂ ilişkisi

Tablo 4.18’de ısı konfor parametreleri ve ısı konfor ölçeği olarak memnuniyet durumlarına ait sayısal veriler yer almaktadır.

Tablo 4.18. D ofisi memnuniyet durumu

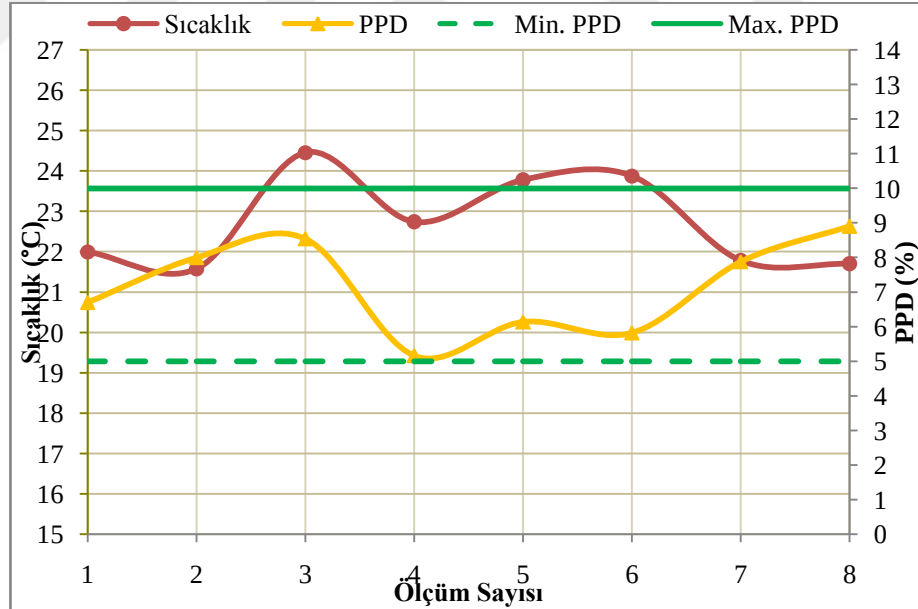
Ölçüm sayısı	Sıcaklık (°C)	CO ₂ (ppm)	Bağıl Nem (%)	Hava Akış Hızı (m/s)	PMV Calc	PPD Calc (%)
1	22	23,86	34,46	0,08	-0,282	6,7
2	21,58	23,68	34,84	0,08	-0,38	8
3	24,46	26,7	44,2	0,118	0,4	8,54
4	22,74	24,78	32,44	0,078	-0,086	5,16
5	23,78	25,56	40,82	0,084	0,234	6,14
6	23,88	26,08	37,8	0,108	0,198	5,82
7	21,78	23,72	33,06	0,09	-0,37	7,88
8	21,7	23,5	30,02	0,09	-0,432	8,9

D ofisi için PMV aralığı -1 ile +1 arasında, genellikle nötre yakın olmakla beraber ısı konfor açısından uygundur. Durağan bir yol izleyen PMV değerleri, sıcaklıkla benzer bir ilişki içindedir (Şekil 4.53).



Şekil 4.53. D ofisi için Sıcaklık-PMV ilişkisi

D ofisinin PPD değerleri Şekil 4.54’de verilmekte ve PPD aralığı; %5-9 arasında değişmektedir. D ofisinde PPD yüzdesi istenen limit değerler içerisinde çıkmaktadır.

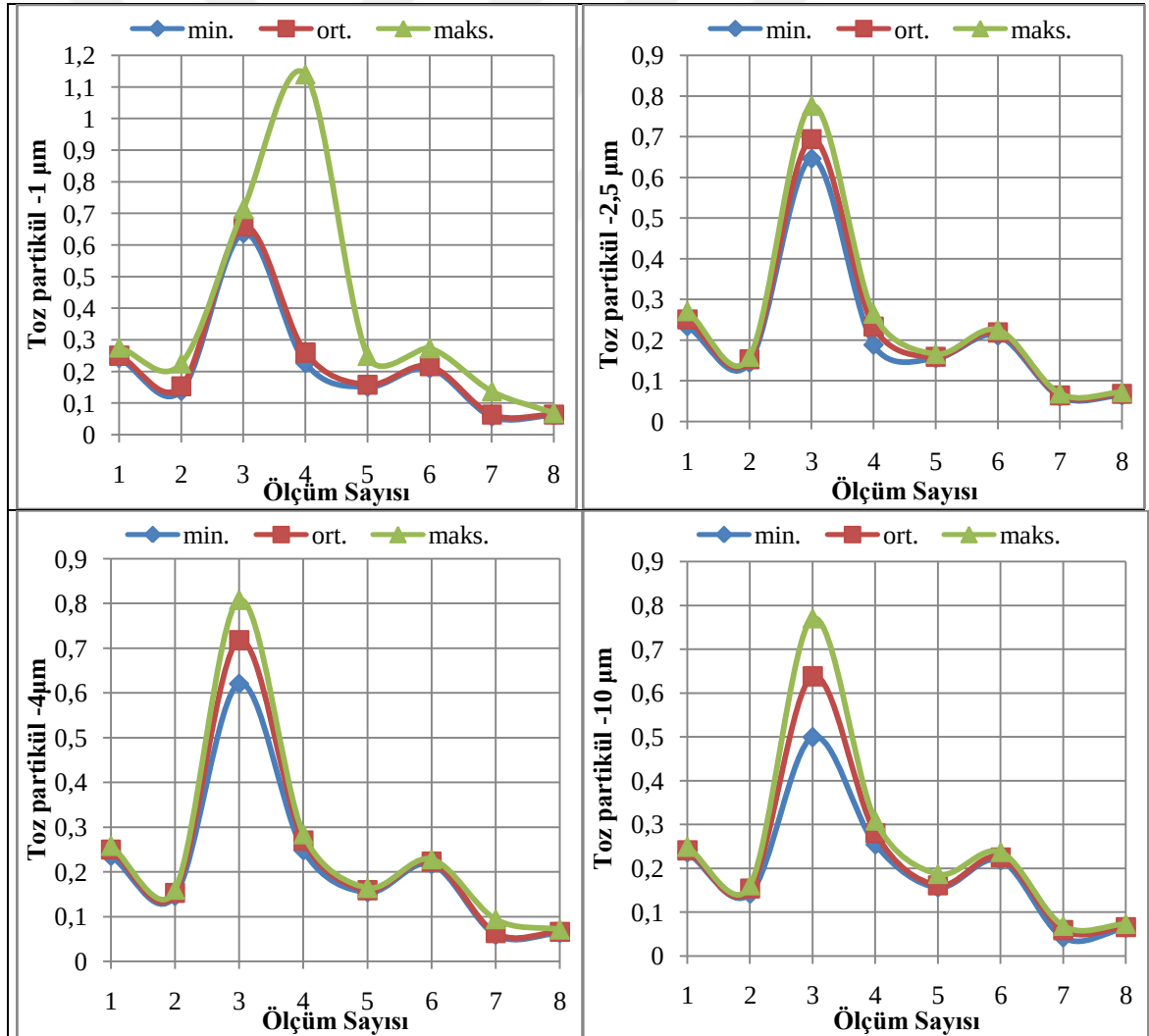


Şekil 4.54. D ofisi için Sıcaklık-PPD ilişkisi

Tablo 4.19’da D ofisine ait PM ölçümleri verilmektedir. PM aralığı 1 μm , 2,5 μm , 4 μm ve 10 μm çapındaki toz partiküller için ortalama 0,01-0,08 mg/m^3 arasında çıkmakta ve benzer eğriler gözlenmektedir (Şekil 4.55).

Tablo 4.19. D ofisindeki PM ölçümleri

Ölçüm Sayısı		1	2	3	4	5	6	7	8
10 µm	min.	0,236	0,142	0,499	0,254	0,156	0,218	0,042	0,064
	ort.	0,241	0,154	0,638	0,28	0,161	0,225	0,059	0,066
	maks.	0,249	0,161	0,77	0,309	0,187	0,237	0,069	0,073
4 µm	min.	0,235	0,14re 6	0,621	0,248	0,154	0,217	0,059	0,063
	ort.	0,25	0,153	0,718	0,27	0,159	0,223	0,063	0,066
	maks.	0,258	0,16	0,808	0,284	0,164	0,228	0,094	0,071
2,5 µm	min.	0,234	0,144	0,646	0,188	0,155	0,211	0,061	0,064
	ort.	0,251	0,153	0,694	0,233	0,159	0,219	0,064	0,068
	maks.	0,271	0,159	0,776	0,265	0,166	0,225	0,069	0,072
1 µm	min.	0,242	0,138	0,637	0,226	0,151	0,21	0,057	0,062
	ort.	0,25	0,153	0,659	0,26	0,158	0,217	0,064	0,064
	maks.	0,275	0,225	0,714	1,14	0,249	0,273	0,137	0,068



Şekil 4.55. D ofisi için boyutlarına göre PM miktarları

4.3. Bulguların Değerlendirmesi

Bu bölümde alınan ölçümlerden elde edilen veriler incelenerek, tablolar ve grafikler halinde gösterilmektedir. Tablo 4.20’de 4 farklı ofis ve dış ortam havasından alınan ısı konfor parametreleri ve ısı duyumu ölçeği sonuçları ile ölçüm alınan güne ait hava durumu birlikte verilmektedir.

Tablo 4.20. Alınan ısı konfor ve ısı duyumu ölçüm sonuçları

Paramet.	Ölçümler	1	2	3	4	5	6	7	8
Sıcaklık (°C)	A	23,03	24,9	23,76	24,21	24,55	24,3	24,02	23,16
	B	22,63	24,04	20,3	21,35	22,49	22,21	21,87	22,79
	C	22,06	23,94	20,12	24,46	19,85	21,04	17,87	23,27
	D	23,03	23,17	20,85	21,46	22,73	23,04	21,14	23,35
	Dış 1	19,72	21,62	15,88	13,76	17,02	24,1	10,76	21,7
	Dış 2	15,54	18,92	14,56	17,62	17,22	20,14	11,34	17,18
Bağıl Nem (%)	A	30,47	34,49	35,79	38,81	45,28	33,26	23,68	25,51
	B	38,24	34,01	33,76	41,56	51,58	31,57	29,93	24,88
	C	33,86	36,02	28,05	32,85	40,77	28,33	28,42	26,52
	D	38,16	39,56	29,57	34,08	44,68	32,84	32,66	28,9
	Dış 1	40,68	42,3	32,84	60,5	60,82	36,2	38,24	21
	Dış 2	52,18	47,98	27,94	50,28	66,36	26,62	42,72	28,42
CO ₂ (ppm)	A	758,4	592,7	696,56	925,26	727,9	579,56	652,62	668,98
	B	1104,22	783,74	1201,36	692,56	623,74	546,06	841,54	738,74
	C	1272,66	1080,02	910,74	744,32	560,6	1096,1	572,14	731,64
	D	1024,08	804,8	848,82	576,16	783,26	593,56	777,28	905,76
	Dış 1	696,6	531,8	604,2	489,6	455	416,2	386	766,4
	Dış 2	563,6	565,2	773	655,6	464,2	715,2	436,2	714
Hava Akış Hızı (m/sn)	A	0,09	0,09	0,08	0,08	0,09	0,08	0,08	0,09
	B	0,082	0,092	0,082	0,078	0,084	0,081	0,079	0,083
	C	0,081	0,083	0,106	0,083	0,081	0,084	0,079	0,082
	D	0,099	0,089	0,111	0,085	0,083	0,084	0,084	0,082
	Dış 1	0,648	0,078	0,314	0,398	0,118	0,374	0,68	0,384
	Dış 2	0,086	0,368	0,196	0,17	0,354	0,134	0,824	0,188
PMV (Calc)	A	-0,06	0,5	0,51	0,41	0,52	0,27	0,15	0,2
	B	-0,092	0,256	-0,7	-0,124	-0,07	-0,216	-0,154	-0,338
	C	-0,174	0,346	0,516	0,486	-0,354	-0,256	-0,97	0,014
	D	0,198	0,234	-0,432	-0,38	0,4	-0,282	-0,37	-0,086
PPD (%)	A	5,08	10,22	10,38	8,48	10,82	6,48	5,5	5,8
	B	5,2	6,36	10,34	5,3	5,12	5,96	5,5	7,38
	C	5,6	7,54	10,66	9,94	7,72	6,36	16,88	5
	D	5,82	6,14	8,9	8	8,54	6,7	7,88	5,16
Hava Durumu		Sisli	Sisli	Kar + Yağmur	Yağışlı	Bulutlu	Bulutlu	Karlı	Hafif Karlı

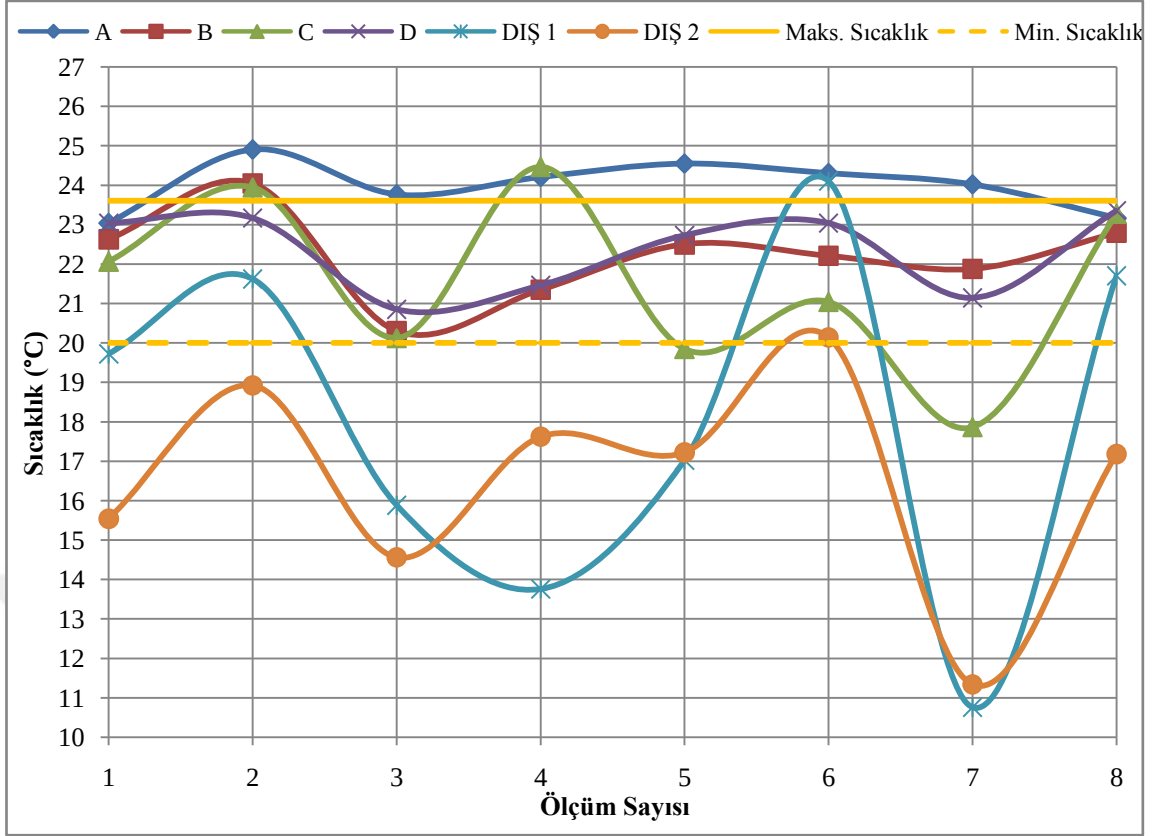
Aynı gün alınan ölçüm verileri incelenerek birbiri ile kıyaslanmıştır. Isıl konfor parametrelerinden sıcaklık ele alındığında, ölçümler ısıtma sezonunda yapıldığından iç ortamda alınan sıcaklıklar dış ortam sıcaklıklarından yüksektir. İç ortamdaki sıcaklık değerleri 17-25°C arasında değişmektedir (Şekil 4.56).

A ofisi, en yüksek sıcaklık ortalamasına sahiptir ve değerler birbirine yakın olup durağan bir eğri oluşturmaktadır. A ofisinin kuzey türevli yönde, en büyük alana sahip ofislerden biri, kişi sayısı diğerlerine göre daha fazla, yoğun mobilya ve donanımına sahip olduğu bilinmektedir. B ve C ofisine oranla daha fazla cam yüzey alanına sahip ve cam yüzeylerin hacimle oranı %13 oranındadır. Dolayısıyla A ofisinde, pasif kazançların olduğu ve iç ortamın daha kolay ısındığı düşünülmektedir. Aynı zamanda pay ölçer bulunan ofisin sürekli ve etkin bir biçimde ısıtıldığı bilinmektedir.

B ve D ofisleri için sıcaklık değerleri; birbirine yakın sonuçlar vermektedir. Güney ve türevine bakan bu iki ofis arasında çoğunlukla D ofisi B ofisinden 1°C daha yüksek sıcaklığa sahiptir. Ancak B ofisi daha küçük alanlı olduğu için ısıtılmasının daha kolay olduğu bilinmektedir (Şekil 4.56).

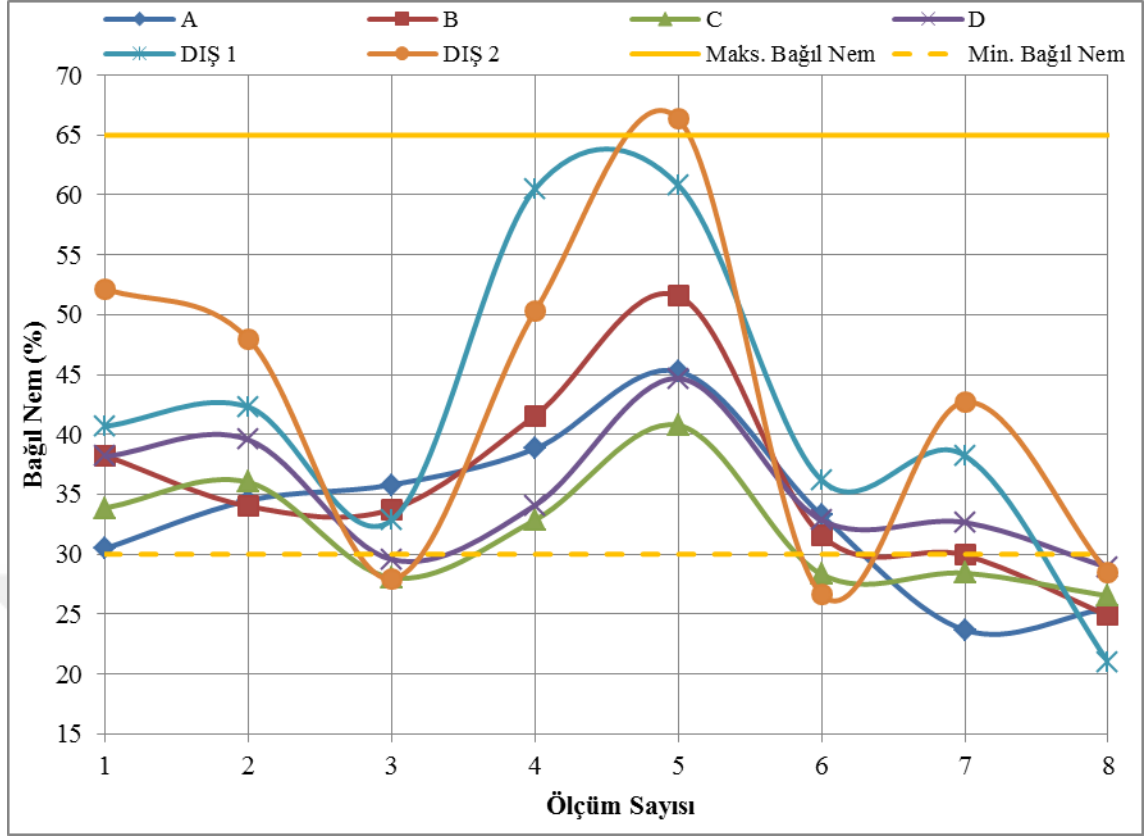
Yakın m²'ye sahip olan A ve D ofisleri, benzer sıcaklıklara sahip değildir. Ancak güney türevli yönde olmasına rağmen D ofisinde gerek kullanılmayan bazı mekânların ısıtılmaması gerekse kişi sayısının 1-2 kişi olması sıcaklığın daha düşük çıkmasına neden olmaktadır. Ayrıca D ofisinin cam yüzey oranı (%17) A ofisinden (%13) daha fazladır. Daha fazla cam yüzeye sahip olduğu için ısı kaybı da daha fazla olacaktır. Bütün bu etkiler bir arada düşünüldüğünde, A ofisi ile oluşan sıcaklık farkı açıklanabilmektedir (Şekil 4.56).

Diğer ofisler arasında en düşük sıcaklık ortalaması C ofisindedir. Hatta diğer ofisler ile arasındaki sıcaklık farkı 2-3°C'leri bulmaktadır. A ofisi ile aynı cam yüzey alanına sahip olması, kuzey türevli yönde oluşu, ısıtılmayan mekânların bulunması, kişi sayısının az olması ve yapının dış cephesinde uygulanan cam giydirme sisteminden kaynaklanan su ve hava sızdırmazlığındaki bazı problemlerden dolayı C ofisinin en düşük sıcaklıklara sahip olduğu düşünülmektedir (Şekil 4.56).



Şekil 4.56. Ofisler ve dış ortamda alınan sıcaklık verileri

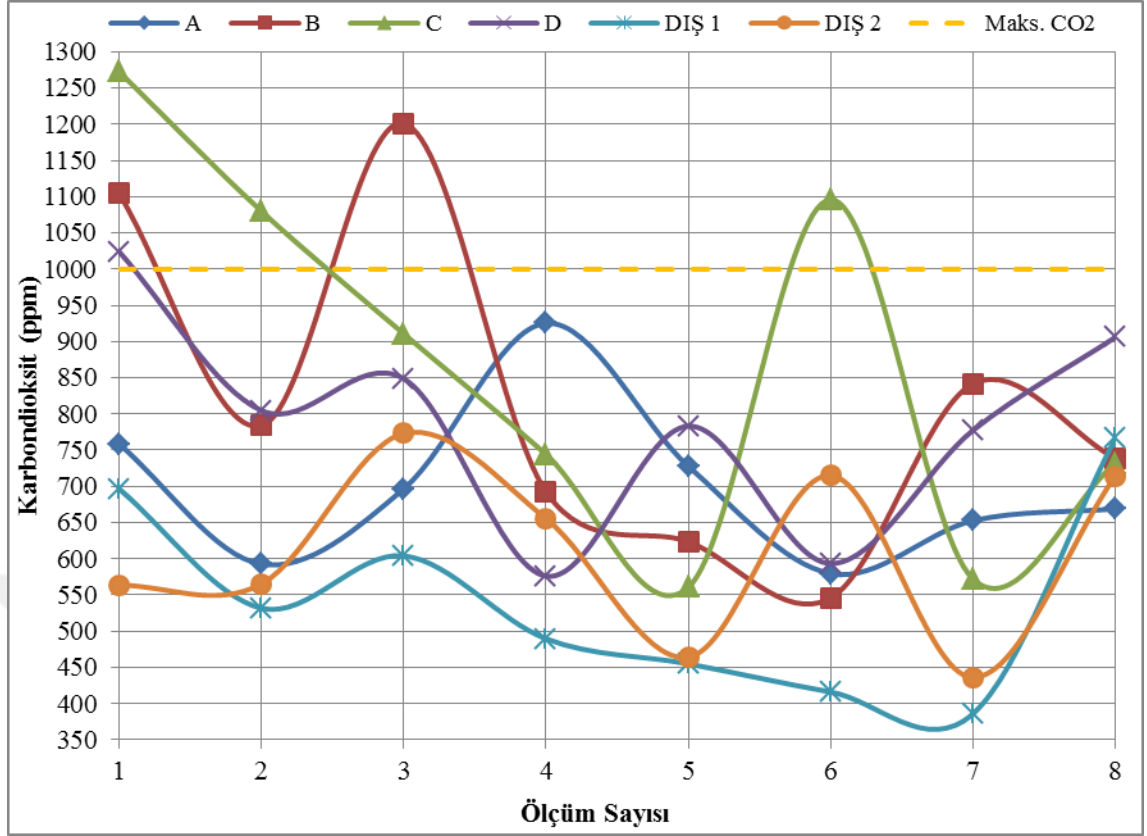
Şekil 4.57’de ofislerden ve dış ortamdan alınan bağıl nem değerleri verilmektedir. Beklendiği üzere dış ortamın bağıl nem değerleri genellikle iç ortam değerlerinden yüksek çıkmıştır. 4 ofis için de benzer eğriler olduğu ve değerlerin %20-55 arasında değiştiği görülmektedir. En düşük bağıl nem genellikle C ofisinde iken en yüksek değerler B ofisinde görülmektedir. Genel olarak bakıldığında bütün ofislerde, ısı konfor açısından bağıl nem değerleri alt sınır değere çok yakın ya da altında seyretmektedir. Düşük nemin çalışanlar üzerindeki olumsuz etkisi düşünüldüğünde gerekli tedbirlerin alınması gerekmektedir. Kış sezonu dolayısıyla ortamların ısıtılması esnasında kuruyan havanın nem oranını artırmak için etkin bir havalandırmanın sağlanması ve gerekirse hava nemlendirici cihazlarla ek tedbirler alınması gerekmektedir (Şekil 4.57).



Şekil 4.57. Ofisler ve dış ortamda alınan bağıl nem verileri

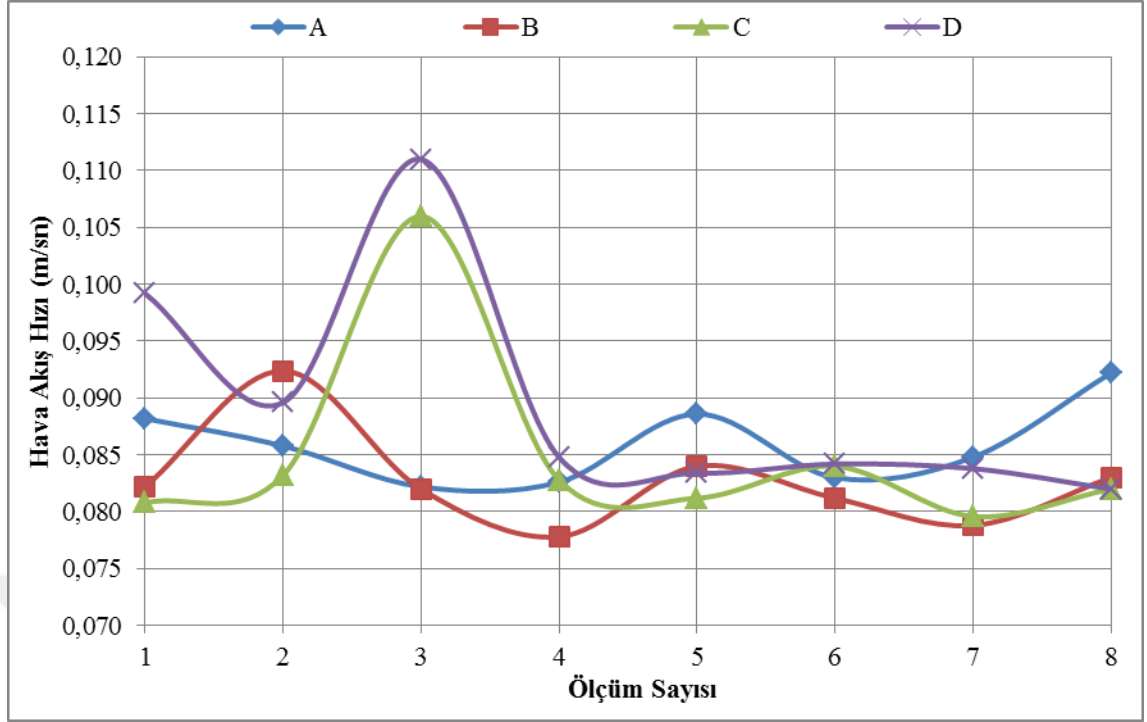
CO₂ verileri incelendiğinde hareketli eğrilerin oluştuğu görülmektedir. Dış ölçümlerde karbondioksit seviyesi 350-800 ppm civarında olup limit değer içerisinde çıkmaktadır (Şekil 4.58).

Ofislerde havalandırma yapılmadığı günlerde CO₂ seviyesi yüksek çıkmaktadır. En düşük ortalama karbondioksit miktarı A ofisinde olup ve CO₂ seviyesi bütün ölçümlerde limit değer içerisinde. En yüksek CO₂ seviyeleri ise C ve B ofislerinde görülmektedir. C ofisinde yeterli havalandırmanın yapılmaması ve B ofisinde ise sigara kullanımından dolayı bu ofislerdeki CO₂ seviyesinin yüksek çıkması beklenmektedir (Şekil 4.58). Isıtma sezonunda bile ortamı havalandırmak için, mevcut bir kapı-pencerenin düzenli bir şekilde belli aralıklarla açık tutulması etkili olacaktır.



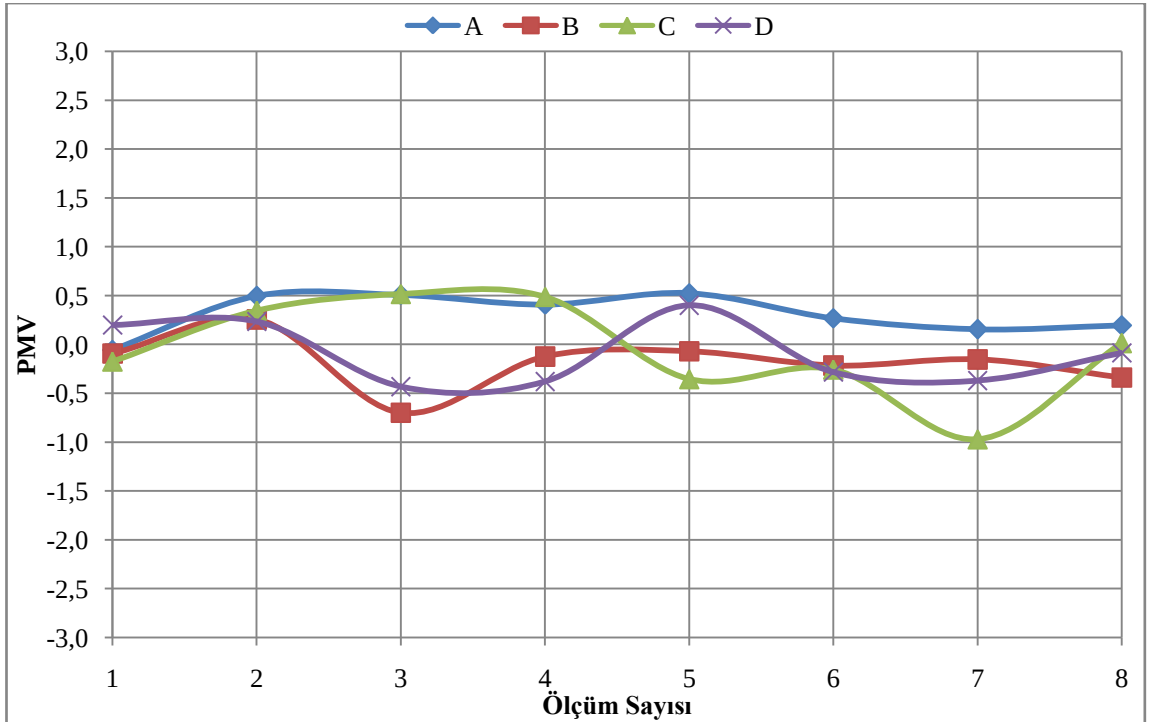
Şekil 4.58. Ofisler ve dış ortamda alınan CO₂ verileri

Şekil 4.59’da ofislere ait hava akış hızı verileri grafik yardımı ile gösterilmektedir. Bütün ofislerde hava akış hızı ortalama 0,07-0,1 aralığındadır. Ofislerde hava akışı hızı açısından tolere edilebilir ve konforlu bir ortam mevcuttur. Ölçümlerde meydana gelen artışların, ölçüm sırasında kullanıcı aktivitelerinden kaynaklandığı düşünülmektedir.



Şekil 4.59. Ofislerden alınan hava akış hızı verileri

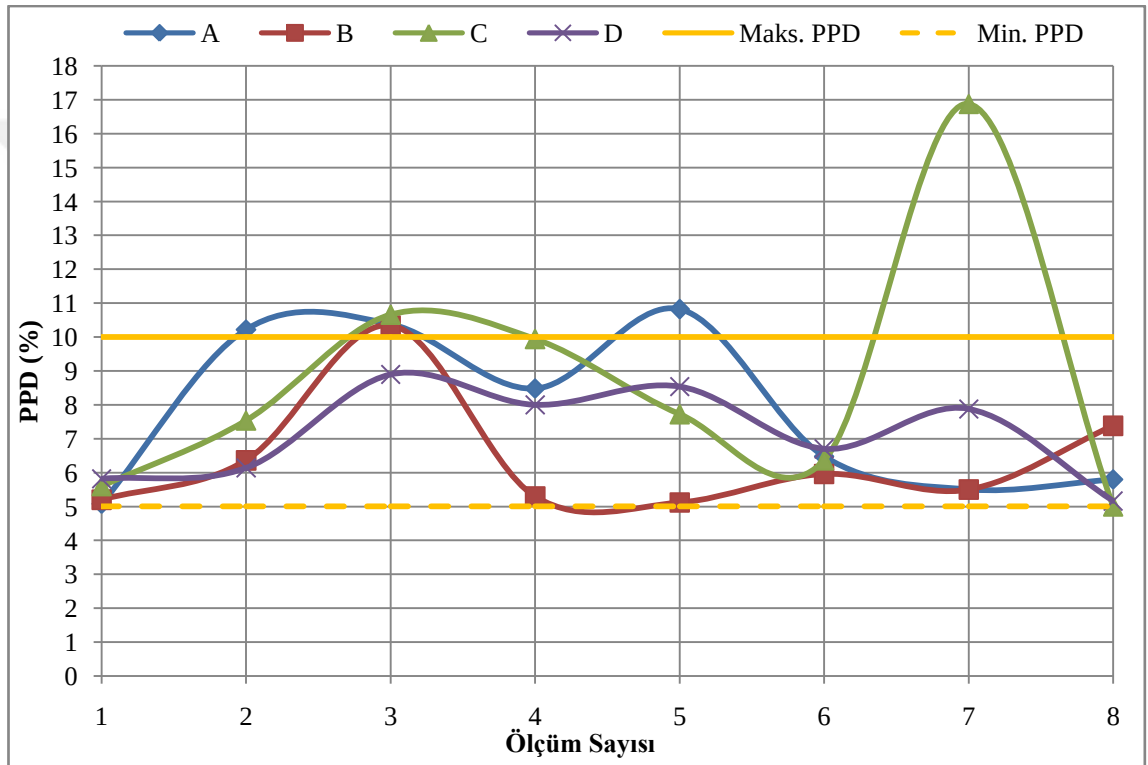
4 ofis biriminde PMV ölçeği, -1 ve +1 aralığındadır ve bu ortamlar hafif serin, nötr ve hafif ılık olarak tarif edilebilmektedir. Şekil 4.60’da bütün ofislerin konfor aralığı içinde olduğu görülebilmektedir.



Şekil 4.60. Ofislerde yapılan ölçümlerden alınan PMV değerleri ve karşılaştırılması

Şekil 4.61’de ofislerde yapılan ölçümler doğrultusunda PPD memnuniyetsizlik yüzdeleri karşılaştırılmaktadır. 4 ofis içinde PPD değerleri çoğunlukla %5-11 arasındadır. Bazı ölçümlerde ortam sıcaklıklarının değişimine bağlı olarak PPD değerleri limit değerleri aşmaktadır.

Özellikle A, B ve C ofislerinde genellikle limit değer aralığından seyrederken bazı ölçümlerde limit değerleri aşmaktadır. D ofisinde ise PPD değerleri %5-10 limit değerleri arasında bir değişim izlenmektedir (Şekil 4.61).



Şekil 4.61. Ofislerde yapılan ölçümlerden alınan PPD değerleri ve karşılaştırılması

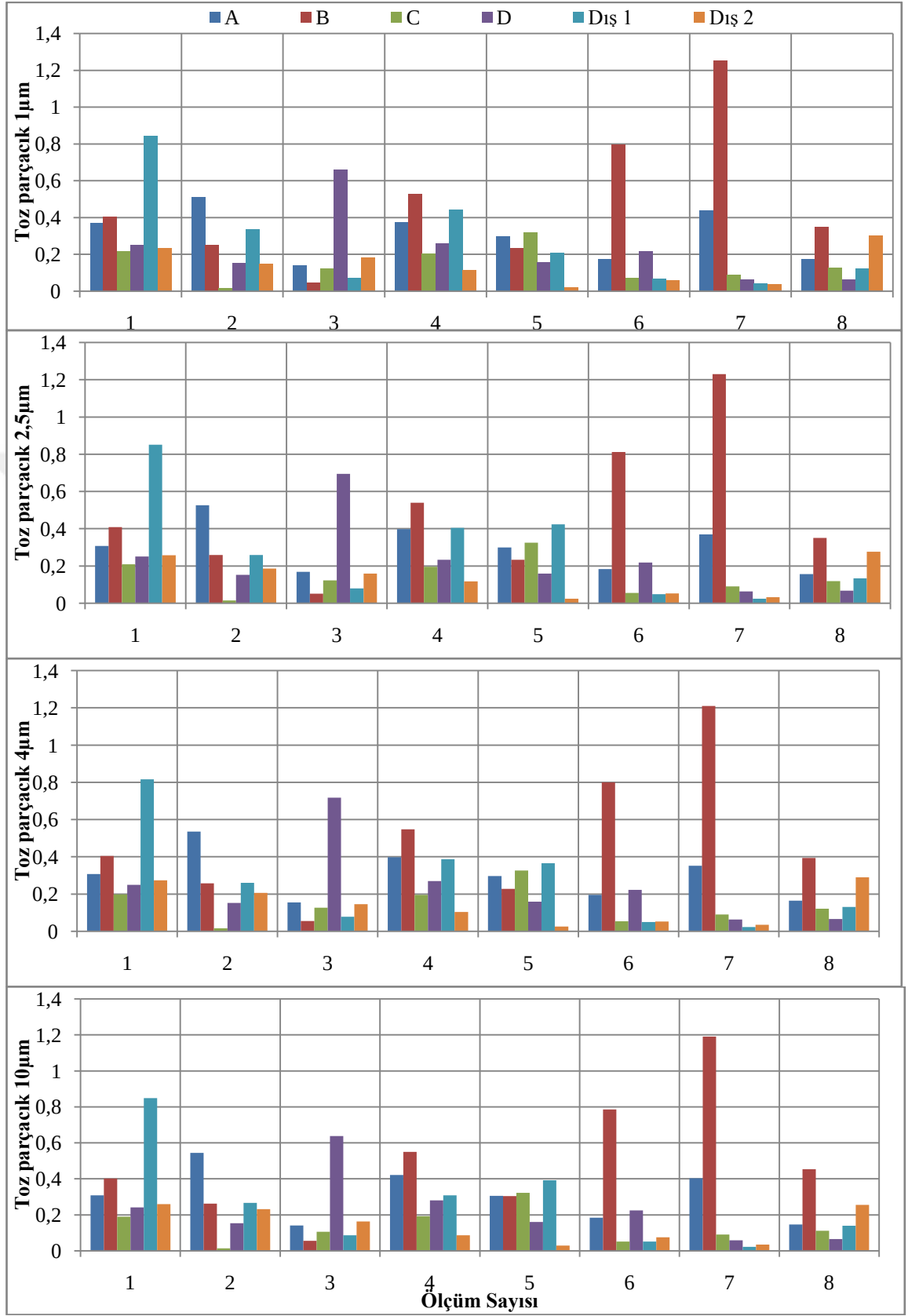
Pm ölçümleri ise Tablo 4.21’de verilmektedir. Elde edilen ölçüm sonuçlarından dört farklı büyüklük için ortalama toz parçacık miktarını ele aldığımızda ofislerdeki PM miktarları 0,1-0,14 mg/m³ aralığında değişmektedir. Ortalama partikül madde miktarı en yüksek B ofisinde çıkarken C ofisinde en düşüktür.

Tablo 4.21. Alınan PM ölçüm sonuçları

Parçacık Boyutu	Ölçümler	1	2	3	4	5	6	7	8	Ort.
1 µm	A	0,369	0,51	0,14	0,373	0,297	0,172	0,439	0,175	0,31
	B	0,404	0,249	0,048	0,528	0,232	0,797	1,25	0,346	0,48
	C	0,214	0,017	0,124	0,202	0,317	0,073	0,088	0,127	0,15
	D	0,25	0,153	0,659	0,26	0,158	0,217	0,064	0,064	0,23
	Dış 1	0,843	0,336	0,069	0,44	0,209	0,067	0,043	0,123	0,843
	Dış 2	0,234	0,148	0,184	0,115	0,019	0,059	0,037	0,302	0,234
2,5 µm	A	0,307	0,526	0,169	0,398	0,299	0,184	0,369	0,157	0,30
	B	0,408	0,259	0,051	0,54	0,233	0,812	1,23	0,351	0,49
	C	0,209	0,015	0,123	0,195	0,325	0,055	0,09	0,119	0,14
	D	0,251	0,153	0,694	0,233	0,159	0,219	0,064	0,068	0,23
	Dış 1	0,851	0,259	0,079	0,405	0,423	0,049	0,024	0,133	0,851
	Dış 2	0,257	0,186	0,159	0,118	0,024	0,052	0,033	0,276	0,257
4 µm	A	0,307	0,535	0,155	0,398	0,297	0,195	0,352	0,165	0,30
	B	0,404	0,258	0,055	0,547	0,228	0,8	1,21	0,394	0,49
	C	0,198	0,016	0,127	0,195	0,326	0,054	0,091	0,122	0,14
	D	0,25	0,153	0,718	0,27	0,159	0,223	0,063	0,066	0,24
	Dış 1	0,816	0,26	0,078	0,387	0,366	0,05	0,023	0,131	0,816
	Dış 2	0,274	0,206	0,146	0,104	0,025	0,052	0,035	0,29	0,274
10 µm	A	0,309	0,544	0,141	0,421	0,305	0,184	0,403	0,146	0,31
	B	0,402	0,262	0,056	0,55	0,304	0,786	1,19	0,453	0,50
	C	0,19	0,014	0,106	0,193	0,323	0,051	0,091	0,111	0,13
	D	0,241	0,154	0,638	0,28	0,161	0,225	0,059	0,066	0,23
	Dış 1	0,848	0,266	0,086	0,309	0,392	0,051	0,023	0,139	0,848
	Dış 2	0,26	0,232	0,163	0,086	0,03	0,076	0,035	0,255	0,26

Kapalı ortam havası çoğunlukla dış ortam havasından daha kirli olmaktadır. Bu çalışmada bunu doğrular nitelikte olup iç ortamdan alınan ölçümlerdeki PM miktarı, dış ortamdan alınan ölçümlerden genellikle fazla çıkmaktadır. Özellikle A ve B ofislerinde sigara yasağına uyulmaması sonucu etrafa yerleşen parçacıklar ve yoğun mobilya ile donanımdan ortama verilen ya da bunların bünyelerinde tuttıkları toz ve akarlar etkili olmaktadır (Şekil 4.62). B ofisinde buna ek olarak küçük alana sahip oluşu, duvar kâğıdı ile kaplı yüzeylerin toz tutma özelliği ve soğuk havalardaki yetersiz havalandırmanın etkili olduğu düşünülmektedir. B ofisi ile benzer fiziksel özelliklere sahip olan C ofisinde sigara tüketiminin olmayışı ve genellikle sabah saatlerinde yapılan havalandırma etkisiyle PM miktarı daha az çıkmaktadır (Şekil 4.62).

Ölçümlerde görülen PM miktarındaki artışlara yeterli havalandırılmanın yapılamayışı sebep olmaktadır. Isıtma sistemlerinin yoğun çalışması ve yapılan günlük aktiviteler sonucu yerdeki tozlar yükselmektedir. Yetersiz havalandırma ile birlikte ofisteki mevcut tozların miktarının yüksek çıktığı düşünülmektedir (Şekil 4.62). 4 farklı büyüklükteki partikül madde miktarını gösteren grafikler benzer ve yakın değerlerde çıktığı görülmektedir.



Şekil 4.62.Ofislerden ve dış ortamdan alınan PM miktarlarının parçacık boyutuna göre kıyaslanması

BÖLÜM 5

SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

İnsanoğlu için hava biyolojik açıdan en büyük ihtiyaç olup bu durum ‘hava niteliği’ kavramını ortaya çıkarmaktadır. Kapalı ortam havasının önemi ilk bölümde detaylı olarak anlatılmıştır. Günümüz insanının zamanın çoğunu kapalı mekânlarda geçirdiği düşünüldüğünde kapalı ortamda konfor koşullarına verilen önemde artmakta ve iç ortam hava kirleticilerinin düzeyinin belirlenmesi önem kazanmaktadır.

Bu tez kapsamında dört farklı yöne bakan ofis yapılarında iç mekân konforu ve iç hava kalitesi konusu incelenmiştir. Edirne ilinde bulunan Ulusoy Plaza ofis binasında alınan ölçümler, 2015 Aralık-2016 Ocak aylarında 4 farklı ofiste ve her ofis için toplam 8 ölçüm olarak düzenlenmiştir. Çalışma saatleri baz alınarak 9.00-17.00 saatleri arasında ölçüm yapılmış ve her ofis için her saat aralığında dakikada bir olmak üzere 50 dk süreyle ölçüm olacak şekilde düzenlenmiştir. Ayrıca ölçüm alınan her gün için dış ortam koşullarında da ölçümler alınmıştır. Isıl konfor parametreleri, memnuniyet durumu, partikül madde konsantrasyonları ve elemanların yüzey sıcaklıkları ölçülerek, tablo ve grafikler yardımıyla karşılaştırılmıştır. Sonuçlar Testo ve TrackPro arayüzleri kullanılarak elde edilen veriler Microsoft Excel programı ile oluşturulan grafiklerle istatistiksel olarak irdelenmiştir. Ayrıca alınan ölçümlerde; sıcaklık, hava hızı, nem, ışıyım sıcaklığı gibi ısı konfor parametrelerinin etkileri ayrı ayrı değerlendirilmiş, her birinin önemine dikkat çekilmiştir. Kullanıcı sayısına rağmen çıkan sonuçlar PMV ve PPD ölçeklerine göre ayrı ayrı incelenmiştir. Ölçüm sonuçlarının ASHRAE 55 standardındaki limit değerler ile karşılaştırma yapılmıştır.

Beklendiği gibi dış ortam havası, çoğunlukla iç ortam havasından daha sağlıklı olduğu görülmektedir. İç ortamda 17-25°C arasında değişen sıcaklık değerleri, dış ortam sıcaklıklarından yüksek çıkmaktadır. Dış ortamdaki hava akış hızı 0,1 m/sn ile 0,9 m/sn arasında değişim göstermektedir.

10 µm, 4 µm, 2,5 µm ve 1 µm çapındaki toz partiküllerinin grafikleri benzer eğriler oluşturmakta ve yakın değerlerde çıkmaktadır. Yapının mevcut konumu

düşünüldüğünde sanayi bölgesine çok yakın konumda olduğu ve yakınında pek çok yapı bulunduğu için mevcut kirlilikten de etkilenmektedir. Isınma amaçlı fosil yakıt tüketimi öğleden sonra artmakta ve bu saatlerde trafik yoğunluğu görülmektedir. Bu nedenle egzoz gazlarından çıkan kirleticilerin etkisi olabileceği de düşünülmektedir.

Sıcaklıklar A, B ve D ofislerinde, standardın maksimum değerine çok yakın olmakla beraber genellikle üzerindedir. C ofisinin sıcaklık aralığı; 17-25 °C arasında olup, en düşük sıcaklıkların görüldüğü ofistir. C ofisi, ASHRAE 55 standardının belirlemiş olduğu minimum ve maksimum değerleri genellikle aşmaktadır.

A, B ve D ofislerinde, radyan sıcaklığın, çoğunlukla ortam sıcaklığından daha yüksekken C ofisinde ise ortam sıcaklıkları radyan sıcaklıklardan yüksek çıkmaktadır. A ofisinin diğer ofislere oranla daha büyük m²'ye sahip olması, kişi sayısının fazla oluşu, mevcut mobilya, elektronik eşya ve donanımın daha çok oluşu dikkate alındığında etrafta depolanan ısıнын daha fazla olması beklenen durumdur. D ofisi %17 ile en yüksek pencere/hacim oranına sahip olmakla beraber GB yönünde olması sebebiyle sıcaklıklar yüksektir. C ofisi, B ofisi ile yaklaşık aynı m²'ye sahip olmasına karşın, kuzey türevli yönde konumlanması, daha az mobilya ve elektronik cihaz bulunması ve mekânların tam zamanlı ısıtılmaması gibi nedenlerle daha düşük sıcaklıklara sahiptir.

Ayrıca en büyük alana sahip olan A ve D ofislerinde ısıtma için daha fazla enerjiye ihtiyaç duyulacaktır. Mobilya ve donanımın yüzeylerinde ısı depolayabildiği bilinmekte olup ofislerdeki mobilya ve donanım değerlendirilirse D ofisi en çok ofis eşyasına sahiptir. Ayrıca aydınlatma elemanlarından da ortama belirli bir oranda ısı girdisi olduğu düşünülürse gömme spot aydınlatma sistemi kullanılan A ofisinde 55 adet gömme spot lambanın da mekânın ısınmasında katkısı olduğu düşünülmektedir. Bütün etkiler bir arada düşünüldüğünde ortam sıcaklıklarının güneşlenme yönü, mevcut mobilya yoğunluğu, kullanıcı sayısı, mekânın düzenli ısıtılıp-ısıtılmaması ve havalandırmadan etkilendiği görülmektedir.

Tüm ofislerde bağıl nem değerleri genellikle standartta belirlenen alt limit değere yakın sonuçlar vermekte hatta özellikle C ofisinde alt limitin altına düştüğü de görülmektedir. Ayrıca C ofisinde çalışanlar; düşük sıcaklık ile bağıl nemden ve iç ortam sıcaklığının pay ölçerde ayarlanan değerlere çıkılamadığından şikâyet etmektedirler. Ofis yapısının dış cephesinde uygulanan alüminyum doğramalı silikonlu cam giydirme

sistemindeki ısı kaybından dolayı istenen sıcaklığın sağlanamadığı düşünülmektedir. C ofisinde dış cepheden zaman zaman içeriye su sızıntısı olduğu ve soğuk günlerde içeriye giren suyun buz tuttuğu da belirtilmektedir.

Hava akış hızı ofislerde birbirine yakın değerlerde çıkmakta olup havalandırma ya da kullanıcı aktivitelerine bağlı olarak farklılık göstermektedir. Çoğunlukla standartta belirtilen sınır değerler içerisinde olup konfor açısından uygundur.

CO₂ açısından değerlendirildiğinde ofisler standartta belirtilen üst limite yakın değerlerde çıkmaktadır. Özellikle B ofisinin küçük alanlı oluşu, yoğun sigara kullanımı ve yetersiz havalandırmadan dolayı CO₂ seviyesi maksimum limiti aşmaktadır. C ofisinde CO₂ miktarının en az çıkmasında kişi sayısının diğerlerine oranla daha az oluşu, sigara kullanımının olmaması ve yeterli havalandırma yapılışı etkili olmaktadır. Bu durum ofislerde, ölçüm sırasında sigara kullanımı olmasa bile sigara tüketimi sırasında ortaya çıkan partikül ve gazların havada asılı kaldığını göstermektedir.

Ofislerin PMV değerleri; -1 ile +1 arasında değişmekte olup konfor açısından uygun veya tolere edilebilir bir ortamdır. A, B ve D ofisleri birbirine yakın PPD değerlerine sahipken C ofisi sahip olduğu olumsuz koşullardan dolayı en yüksek PPD yüzdesine sahiptir. Çıkan sonuçlar kullanıcıların şikâyetlerini doğrular niteliktedir. Sıcaklık değişimine paralel olarak PPD oranı da etkilenmekte, yüksek sıcaklıkta kişiler daha fazla memnuniyetsiz hissetmektedir. Aynı şekilde C ofisinde görüldüğü gibi olumsuz koşullarda ve değişken sıcaklıklarda PPD yüzdesi daha yüksek çıkmaktadır.

Ofisler arasında en fazla PM miktarı B ofisinde olup A ve D ofisi takip etmektedir. Ölçümlerden elde edilen sonuçlar bir ortamdaki gerek CO₂ ve PM miktarının azaltılması gerekse gerekli temiz hava için, havalandırmanın önemini açıkça ortaya koymaktadır. C ofisinin olumsuz koşullara rağmen en az PM miktarına sahip olmasında; sigara kullanılmaması, kişi sayısının az oluşu sebebiyle kullanıcı aktiviteleri sonucu oluşan biyolojik kirliliğin az olması gibi etkenlerle daha olumlu sonuçlar ortaya çıkmaktadır. Ayrıca en büyük etkiye sahip olan yeterli havalandırmanın da etkisi açıkça görülmektedir. Sadece B ofisinde belirli duvarlara uygulanan dekoratif amaçlı duvar kâğıtlarının da ortamdaki tozu tutma eğiliminde olduğu düşünülmektedir. Mobilyaların ve elektronik cihazların da toz tutma özellikleri sebebiyle ortamdaki PM miktarını arttırdığı bilinmektedir.

Tez çalışması kapsamında seçilen ofisler arasında ölçülen parametreler karşılaştırılmış, bu parametrelerin konfor koşulları ve iç hava kalitesi üzerindeki etkisi incelenmiştir. Yapı kabuğu, kullanılan iklimlendirme cihazları, mevcut mobilya ve donanımlar, kişi sayısı, kullanıcı aktiviteleri vb. faktörlerin ısı konfor ve iç ortam hava kalitesi üzerinde önemli bir etkisinin olduğu görülmüştür.

İnsan bedeni içinde bulunduğu ortama kolaylıkla adapte olabilmektedir. Ancak doğadan korunmak için oluşturduğumuz yapay çevre koşulları insan sağlığını etkilemektedir. Hipotalamus, vücut ısıyı ayarlayan yerleşik ısı düzenleyici merkez olarak devamlı çalışsa da, sağlıkla ilgili problemleri minimuma indirmek için yapıların uluslararası ısı konfor standartlarına göre düzenlenip tasarlanması gerekmektedir. Yapı tasarımında mevcut standartlara uyulması, ısı konforu sağlayacak ve sorun teşkil edebilecek ısı ve nem sorunlarına çözüm getirecektir. Isı konfor parametreleri ve iç ortam havasının kullanıcı üzerindeki psikolojik ve fiziksel etkileri de göz ardı edilmemelidir. Çalışanların verimli olmasında ofis ortamının ergonomik, konfor koşullarına uygun olması ve yeterli oranda iklimlendirilmiş olmasının büyük etkisi vardır. Dolayısıyla kaliteli bir ortam; kullanıcılar üzerinde bedensel ve zihinsel olarak bir verim artışı sağlayacaktır.

Günümüzde toplam enerjinin 1/3'ünü binalar harcamaktadır. Bu enerji yükünü azaltmak adına iç ortam için gerekli konfor şartları yerine getirilirken enerji de verimli bir biçimde kullanılmalıdır. Yapıda tasarlanacak pasif havalandırma sistemleri sayesinde kullanılan enerji miktarı azaltılabilmektedir. Sızdırmaz hale gelen yapılar için oluşturulacak kaliteli bir hava, kişilerde oluşabilecek sağlık sorunlarını da önleyecektir. İç ortam hava kalitesinin iyileştirilmesi ile insan sağlığı korunmakta, rahatsızlıklardan kaynaklanan iş kaybı azalmakta ve tıbbi tedaviler nedeniyle ortaya çıkan ekonomik kayıplar da en aza indirilebilmektedir.

Doğal havalandırmanın yetersiz olduğu durumlarda iklimlendirme sistemleri ile desteklenerek ortamların konfor düzeyi korunmalıdır. Düşük nemin kullanıcılar üzerindeki olumsuz etkileri göz önünde bulundurulduğunda ortamın nem dengesini sağlayacak tipte ve büyüklükte nem tutucular gibi ek cihazlar kullanılmalıdır. Enerji tüketimini azaltmak, ekonomik fayda sağlayabilmek, doğayla uyumlu olmak ve sağlık problemlerini en aza indirebilmek için ortamlar mümkün olduğunca pasif sistemlerle havalandırılmalıdır. Özellikle sigara ve tütün gibi maddelerin kullanılması sonucunda

ortama zararlı partiküller yayılmaktadır. Bu yüzden kapalı alanlarda sigara içilmesi konusundaki yasal düzenlemelerin uygulanması ve denetlenmesi önem kazanmaktadır. Ayrıca her standart kendi iklim ve sosyo-toplumsal koşullarına göre limit değerler belirlemektedir. Her ülkenin kendine ait limit değerleri olmalı, bunun için gerekli çalışmalara destek verilmelidir. Türkiye için konfor koşulları ve iç hava kalitesi ile ilgili standartların geliştirilmesi ve parametrelerin uzun ve kısa vadede maruz kalma durumlarına göre sınır değerlerinin belirlenmesi gerekmektedir. Mevcut yönetmeliklerde sadece atmosfer kirliliği ile ilgili sınırlamalar yer almaktadır. İç ortam havasının çoğunlukla dış ortamdan çok daha fazla kirli olması ve insanların günlerinin büyük bir kısmını kapalı ortamlarda geçirmesi nedeniyle iç ortamdaki kirlleticilerinin ve miktarlarının kontrolü ve denetiminin sağlanması da önemlidir. Bölgesel ya da illere ait hava kalitesi haritaları oluşturulmalıdır.

Bu tez çalışması, aynı ofis yapısında seçilen 4 ofis biriminde iç ortam konfor koşullarını ve iç hava kalitesini araştırmaktadır. Çalışma, sonraki çalışmalara altlık oluşturabilmekte; ısı konfor parametreleri ve partikül madde ölçümlerine ek olarak UOB ölçümleri de alınarak daha kapsamlı bir araştırmaya ışık tutabilecektir. Farklı özellikteki ofis birimleri yerine aynı özellikte ofisler kullanılarak ya da programlar yardımıyla simülasyon odaları oluşturularak daha farklı sonuçlar elde edilebilecektir. Tezdeki veriler; az sayıdaki kullanıcının aksine daha fazla kişi sayısına sahip yapılarda alınacak ölçümler ile kıyaslama olanağı sunmaktadır. Özellikle kişi yoğunluğu fazla olan ofislerde kullanıcılara yapılacak anket çalışması ile ayrıca desteklenebilir. Ayrıca alüminyum giydirme sistemi uygulanan yapı ile farklı yapı kabuğundaki mekânlarda alınacak ölçüm değerleri ile karşılaştırma yapılabilir. Merkezi sistem olup pay ölçersiz eşit ısıtılan mekânlar da tercih edilebilir.

Elde edilen sonuçlar doğrultusunda iç hava kalitesinin korunması için alınabilecek önlemler aşağıda sıralanmıştır;

✓ Geçirimsiz hale gelen yapıların yeterli ve düzenli bir şekilde havalandırılması şarttır.

✓ Doğal havalandırmanın yetersiz olduğu koşullarda mekanik havalandırma ile ortam için gerekli hava sirkülasyonu sağlanmalıdır. Kullanılacak iklimlendirme cihazlarının gücü, odadaki yeri, açısı, hava akış hızı ve havanın çarptığı

yüzeyin özellikleri göz önünde bulundurulmalıdır. Ayrıca uygun hava filtreleri kullanılmalı ve cihazların bakımı-temizliği periyodik olarak yapılmalıdır.

✓ Hava temizleyici cihazlar iç ortamlarda etkili olduğu gibi nem tutucu cihazlar da düşük nemden korunmak için kullanılmalıdır.

✓ Sağlıksız ve kimyasal yapı malzemesi kullanımı azaltılmalı, standartlara uygun özellikte malzeme tercihi yapılmalıdır. Özellikle bitirme malzemelerinin seçimine dikkat edilmeli, kurşun içeren boya ve asbestli yalıtım malzemelerinden kaçınılmalıdır.

✓ Mekânlarda bünyesinde kir ve toz biriktiren halı, mobilya, duvar kâğıdı kullanımından mümkün olduğunca kaçınılmalı, mevcutların ise belli aralıklarda temizliğinin yapılması gerekmektedir.

✓ Yapı elemanlarında kullanılan malzemelerin radyoaktivite analizleri yapılmalı, sınır değerler içerisinde olan malzemeler tercih edilmeli ve radon gazı geçişi en aza indirilmelidir.

✓ Çalışma alanlarında sigara yasağına uyulmalıdır.

✓ Fotokopi ve yazıcı gibi elektronik cihazlar için ayrı ortamlar oluşturulmalı ve her altı ayda bir donanım temizleyicileri ile temizlenmelidir.

✓ Kişi sağlığını korumak ve çalışma verimini artırmak için toplum konfor koşulları ve İHK hakkında bilgilendirilmelidir.

KAYNAKLAR

- [1] H. Bulut, *Isıtma Sezonunda Ofislerde İç Hava Kalitesinin Araştırılması*, MMOB Makina Mühendisleri Odası, Tesisat Mühendisliği Dergisi, Sayı No:105, Sayfa No:28-37 (2008).
- [2] A. Akman, *İnsan Sağlığı, Sağlıklı Yapı ve Yapı Biyolojisi*, Yapı Dergisi, Sayı No:279, Sayfa No:89, Şubat (2005).
- [3] <https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq/office-building-occupants-guide-indoor-air-quality-printable-version> (Son Erişim Tarihi:16.3.2016).
- [4] L. Michael, A.H.S. Chan, *Control and Management of Hospital Indoor Air Quality*, Medical Science Monitor Journal, Volume:12(3), SR17-23 (2006).
- [5] D.M. Hreha, *The Influence of Indoor Air Quality (IAQ) on Student Test Performance*, Seton Hall University Dissertations and Theses (ETDs), PhD Thesis, Paper 1621 (2007).
- [6] S.L. Miller, N. Facciola, D. Toohey, J. Zhai, *Identification, Classification and Correlation of Ultrafine Indoor Airborne Particulate Matter with Outdoor Values*, Department of Mechanical Engineering, University of Colorado, ASHRAE Research Project 1281-RP Final Report, March (2008).
- [7] M.D. Sanders, *Assessment of Indoor Air Quality in Texas Elementary Schools*, The University of Texas at Austin, PhD Thesis, December (2008).
- [8] H.P. Shan, *An Indoor Air Quality Monitoring and Assessment Protocol for Air-Conditioned Offices in Subtropical Climates*, The Hong Kong Polytechnic University Department of Building Services Engineering, PhD Thesis, November (2008).
- [9] D. Rim, *Evaluation of Human Exposure to Indoor Airborne Pollutants: Transport and Fate of Particulate and Gaseous Pollutants*, The University of Texas at Austin, PhD Thesis, May (2009).
- [10] L.R. Torres, *Determinacion de Material Particulado Fino en Escuelas Publicas Elementales del Distrito de CAGUAS II*, Universidad de Puerto Rico, Tesis de Maestría, Diciembre (2008).
- [11] H.Destaillats, WJ. Fisk. MG. Apte, *Are Ventilation Filters Degrading Indoor Air Quality In California Classrooms?*, Environmental Energy Technologies Division

Indoor Environment Department, Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley, CEC-500-2009-054, October (2008).

[12] W.C. Sing, *A New Engineering Approach for Indoor Air Quality Management in Building*, The Hong Kong Polytechnic University Department of Building Services Engineering, PhD Thesis, December (2007).

[13] W.C. Li, *A Study of Ultrafine Particle Exposure in Indoor Environments*, The Hong Kong University of Science and Technology Department of Mechanical Engineering, PhD Thesis, May (2012).

[14] I. Senitkova, *Impact of Indoor Surface Material on Perceived Air Quality*, Materials Science and Engineering Journal, Sayı No:36, Sayfa No:1-61 Ocak (2013).

[15] T. Sharmin, M. Gül, X. Li, V. Ganey, I. Nikolaidis, M. Al-Hussein, *Monitoring Building Energy Consumption, Thermal Performance and Indoor Air Quality in Cold Climate Region*, Sustainable Cities and Society Journal, Sayı No:13, Sayfa No:54-68 Nisan (2014).

[16] H. Oh, I. Nam, H. Yun, J. Kim, J. Yang, J. Sohn, *Characterization of Indoor Air Quality and Efficiency of Air Purifier in Childcare Centers Korea*, Building and Environment Journal, Sayı No:82, Sayfa No:203-214 Ağustos (2014).

[17] Y. Köksal, *Hasta Bina Sendromu (Sick Building Syndrome) Sebepleri ve Muhtemel Çözüm Önerileri*, Termodinamik Dergisi, Sayı No:18, Şubat (1994).

[18] H. Bulgurcu, *Evlerde İç Hava Kalitesi ile İlgili Bir Araştırma*, Termodinamik Dergisi, Sayı No:162, Sayfa No:68-76, Şubat (2006).

[19] H. Bulgurcu, N. İlten, A. Coşgun, *Okullarda İç Hava Kalitesi Problemleri ve Çözümler*, VII. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi/TESKON, İzmir, Sayfa No:601-616, Kasım (2005).

[20] M. Kuş, *Şanlıurfa İlindeki Yükseköğretim Kurumları Dersliklerinde İç Hava Kalitesinin İncelenmesi ve Modellenmesi*, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Eylül (2007).

[21] S.T. Yıldırım, *Eğitim Yapılarında Isı ve Ses Konforu Sorunlarını Değerlendirilmesi*, İzolasyon Dünyası Dergisi, Sayı No:72, Sayfa No:70-74, Temmuz-Ağustos (2008).

- [22] C. Kocahakimoğlu, D. Turan, F. Özeren, A.S. ofuoğlu, S.C. Sofuoğlu, ***İlköğretim Okullarında Binan İçi Hava Ozon Derişimleri***, IX. Ulusal Tesisat Mühendisleri Kongresi ve Sergisi/TESKON, İzmir, Sayfa No:697-703, Mayıs (2009).
- [23] G. Aslan, A. Sofuoğlu, F. İnal, M. Odabaşı, S.C. Sofuoğlu, ***İlköğretim Okullarında Bina-İçi Hava Uçucu Organik Madde Derişimleri: Derslikler ile Anasınıflarının Karşılaştırılması***, IX. Ulusal Tesisat Mühendisleri Kongresi ve Sergisi/TESKON, İzmir, Sayfa No:683-690, Mayıs (2009).
- [24] B. Öztürk, G. Düzovalı, ***Okullarda Hava Kirliliği ve Sağlık Etkileri***, X. Ulusal Tesisat Mühendisleri Kongresi ve Sergisi/TESKON, İzmir, Sayfa No:1715-1723, Nisan (2011).
- [25] S.S. Keskin, D. Ekmekcioğlu, ***Okul Binalarında İç Ortam Havası Pm Kütle Konsantrasyonlarına Trafik Yükünün Etkileri***, X. Ulusal Tesisat Mühendisleri Kongresi ve Sergisi/TESKON, İzmir, Sayfa No:1737-1747, Nisan (2011).
- [26] U. Berberoğlu, D. Motör, ***Edirne’de Bir Dokuma-Konfeksiyon İşletmesinde İç Ortam Hava Kalitesinin Değerlendirilmesi–2010***, X. Ulusal Tesisat Mühendisleri Kongresi ve Sergisi/TESKON, İzmir, Sayfa No:1793-1798, Nisan (2011).
- [27] A. Coşgun, ***Antalya İlinde Farklı Ortamlarda İç Hava Kalitesinin Araştırılması ve Modellenmesi***, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Ağustos (2012).
- [28] D. Akal, ***İç Ortam Hava Kirliliği ve Çalışanlara Olumsuz Etkileri***, ÇSBG/Çalışma Dünyası Dergisi, Cilt No:1, Sayı No:1 Sayfa No:112-119, Temmuz-Eylül (2013).
- [29] L.H. Teçer, N. İlten, A.T. Seliçi, ***Balıkesir İl Merkezinde Konutlarda İç/Dış Ortam Partikül Madde Konsantrasyonlarının Değerlendirilmesi***, Hava Kirliliği Araştırma Dergisi, Cilt No:2 Sayı No:3, Sayfa No:74-102, Temmuz (2013)
- [30] İ. Atmaca, A. Yiğit, ***Isıl Konfor ile İlgili Mevcut Standartlar ve Konfor Parametrelerinin Çeşitli Modeller ile İncelenmesi***, IX. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İzmir, Sayfa No: 543-555, Mayıs (2009).
- [31] Ö. Kaynaklı, A. Yiğit, ***İnsan Vücudu İçin Isı Dengesi ve Isıl Konfor Şartları***, DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi, Cilt No:5, Sayı No:2, Sayfa No:9-17, Mayıs (2003).

- [32] F. Bauman, T. Webster, **Outlook for Underfloor Air Distribution**, ASHRAE Journal, Volume: 43(6), Pp. :18-27, June (2001).
- [33] M. Sözen, **Yapı Kabuğunda Isı ve Ses Yönünden Denetim-Konfor İlişkisi**, YTÜ Mimarlık Fakültesi Yapı Fiziği Bilim Dalı, Tesisat Mühendisliği, Şubat (2001).
- [34] S.C. Sekhar, **Thermal Comfort in Air-Conditioned Buildings in Hot and Humid Climates – Why Are We Not Getting it Right?**, Indoor Air, Volume:26, Issue:1, Page:138-152, February (2016).
- [35] A.Ceylan, **İklimlendirme Sistemlerinin Yapı İçi Hava Niteliği Üzerindeki Olumsuz Etkileri**, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul (2011).
- [36] İ. Atmaca, A. Yiğit, **İklimlendirilen Ortamlar İçin Isıl Konforun Geçici Rejim Enerji Dengesi Modeli ile Değerlendirilmesi**, Tesisat Mühendisliği Dergisi, Sayı No:88, Sayfa No:61-71, Temmuz-Ağustos (2005).
- [37] M. Toksoy, **Isıl Konfor**, I. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi Bildiriler Kitabı, İzmir, Cilt No:1, Sayfa No:591-640 Nisan (1993).
- [38]] K. Öngel, H. Mergen, **Isıl Konfor Parametrelerinin İnsan Vücudundaki Etkilerine Yönelik Literatür Taraması**, S.D.Ü. Tıp Fakültesi Dergisi, Sayı No: 16(1), Sayfa No: 21-25 (2009).
- [39]<http://www.jumo.ae/attachments/JUMO/attachmentdownload?id=8265&filename=t90.7000tr.pdf> (Son Erişim Tarihi:7.4.2016).
- [40] Ö. Akyazı. A. Usta. A.S. Akpınar, **Kapalı Ortam Sıcaklık ve Nem Denetiminin Farklı Bulanık Üyelik Fonksiyonları Kullanılarak Gerçekleştirilmesi**, 6th International Advanced Technologies Symposium (IATS'11), Elazığ, Sayfa No:16-18, Mayıs (2011).
- [41] S. Uğuz, A.H. Işık, Ö. Aydoğan, **Yaşam Alanlarında Isıl Konfora Bağlı Enerji Verimliliği Uygulamaları**, III. Elektrik Tesisat Ulusal Kongresi Kapsamında Güç ve Enerji Sistemleri Sempozyumu, İzmir, Kasım (2013).
- [42] S. Çilingiroğlu, **İç Hava Kalitesi**, TMMOB Makine Mühendisleri Odası, Sayfa No:23-42 (2010)/
http://www.mmo.org.tr/resimler/dosya_ekler/7f2a4ea3bedd425_ek.pdf?dergi=966 (Son Erişim Tarihi:08.04.2016).

- [43] M. Arıcı, M. Seçilmiş, ***Kapalı Yüzme Havuzlarının Nem Kontrolü ve Ekonomik Olarak İklimlendirilmesi***, VII. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İzmir, Cilt No:1, Sayfa No:477-492, Kasım (2005).
- [44] J.D. Spengler, J.F. McCarthy, J.M. Samet, ***Indoor Air Quality Handbook***, New York, United States, Jan (2001).
- [45] K.E. Charles, ***Fanger's Thermal Comfort and Draught Models***, Institute for Research in Construction, National Research Council of Canada, IRC Research Report RR-162, Ottawa, Canada, 10 October (2003) <http://irc.nrc-cnrc.gc.ca/ircpubs> (Son Erişim Tarihi:28.05.2017).
- [46] P.O. Fanger, J. Toftum, ***Extension of The PMV Model to Non-Air-Conditioned Buildings in Warm Climates***, Energy and Buildings, Volume:34, Issue:6, Pages 533–536, July, (2002)
- [47] İ. Atmaca, S. Koçak, ***İşletmelerde Farklı Metabolik Aktivite Düzeylerinde Çalışanlar İçin Isıl Konfor Bölgelerinin Tespiti***, Mühendis ve Makine, Cilt No:54, Sayı No:638, Sayfa No:26-32, Mart (2013).
- [48] G. Ye, C. Yang, Y. Chen, Y. Li, ***A New Approach For Measuring Predicted Mean Vote (PMV) And Standard Effective Temperature (SET)***, Building and Environment, Volume: 38, Pages: 33–44 (2003)
- [49] S. Wei, M. Li, W. Lin, Y. Sun, ***Parametric studies and evaluations of indoor thermal environment in wet season using a field survey and PMV–PPD method***, Energy and Buildings, Volume:42, Pages:799–806 (2010)
- [50] J.V. Hoof, ***Forty Years Of Fangers Model Of Thermal Comfort: Comfort For All?***, INDOOR AIR, Singapore (2008)
- [51] R. Kosonen, F. Tan, ***Assessment Of Productivity Loss In Air-Conditioned Buildings Using PMV Index***, Energy and Buildings, Volume:36, Pages: 987–993, (2004)
- [52] M.A. Humphreys, J.F. Nicol, ***The Validity of ISO-PMV For Predicting Comfort Votes in Every-Day Thermal Environments Oxford Centre For Sustainable Development***, Oxford Brookes University, Energy and Buildings, Volume 34, Issue 6, Pages 667-684, July, (2002)

- [53] M.S. Jang, C.D. Koh, I.S. Moon, **Review of Thermal Comfort Design Based on PMV/ PPD in Cabins of Korean Maritime Patrol Vessels**, Building And Environment, Volume: 42, Pages: 55–61 (2007)
- [54] Joost van Hoof¹, Mitja Mazej², Jan L.M. Hensen³, **Thermal Comfort: Research And Practice**, Frontiers in Bioscience, 15(2), 765-788.
- [55] C., Ekici, **PMV Metodu İle Isıl Konfor Ölçümü ve Hesaplanması**, VIII. Ulusal Ölçümbilim Kongresi, Gebze-KOCAELİ, Sayfa No:1-5, 26-28 Eylül (2013)
- [56] M.Z. Yakut, R. Selbaş, G. Yakut, **Ofis Ortamında İklimlendirmenin Çalışanlara Etkisi**, S.D.Ü. Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, Büro Yönetimi Özel Sayısı, Sayı No:1, Sayfa No: 97-106, (2013).
- [57] A. Marmaralı, S. Dönmez Kretzschmar, N. Özdil, N. Gülsevin Oğlakcıoğlu, **Giysilerde Isıl Konforu Etkileyen Parametreler**, Tekstil ve Konfeksiyon Dergisi, Sayı No:4, Sayfa No:241-246, Ekim-Aralık (2006).
- [58] A.Yiğit, İ. Atmaca, **Dünya’da ve Türkiye’de Isıl Konfor Çalışmaları**, VIII. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi Sempozyum Bildirisi, İzmir, Sayfa No:305-315, Ekim (2007).
- [59] S. Korur, E.H. Oğuzalp, S.Z. Korkmaz, **Yapı Biyolojisi ve Elektroiklimsel Kirlilik**, e-Journal of New World Sciences Academy, Volume:6, Number:4, pp:882-899, (2011).
- [60] http://www.erengezgin.net/_xcelik/mimarligin_biyolojik_sorunlari.html (Son Erişim Tarihi:08.04.2016).
- [61] Sağlık Bakanlığı, Türk Toraks Derneği, **Hava Kalitesi ve Sağlık**, Anıl Matbaacılık, Türkiye Kronik Hava Yolu Hastalıklarını Önleme ve Kontrol Programı, Ankara (2012).
- [62] E. Yurtseven, **İki Farklı Coğrafi Bölgedeki İlköğretim Okullarında İç Ortam Havasının İnsan Sağlığına Etkileri Yönünden Değerlendirilmesi**, İstanbul Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Halk Sağlığı Anabilim Dalı, Doktora Tezi, İstanbul (2007).
- [63] Y. Sun, P. Wang, Q. Zhang, H. Ma, J. Hou, X. Kong, **Indoor Air Pollution and Human Perception in Public Buildings in Tianjin, China**, Procedia Engineering Voluma:121, Page: 552-557, July (2015).

- [64] E. Can, Ö. Üzmez, T. Döğeroğlu, E. O. Gaga, **Indoor Air Quality Assessment in Painting and Printmaking Department of A Fine Arts Faculty Building**, Atmospheric Pollution Research Volum:6/6, Page: 1035-1045, November (2015)
- [65] <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:bpe1DZ1zBeoJ:www.bionano.com.tr/kapali-ortamdaki-hava+&cd=1&hl=tr&ct=clnk&gl=tr> (Son Erişim Tarihi:08.04.2016).
- [66] B. Kurutaş, **Bir Metal Endüstrisindeki Çalışma Ortamlarının İç Hava Kalitesinin Belirlenmesi**, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, Yüksek Lisans Tezi, Şubat (2009).
- [67] E. Tatlı, **Indoor Air Quality Assessment: Biological, Gases and Particulate Matter Pollution Indicators**, Fatih Üniversitesi Çevre Mühendisliği, İstanbul, Yüksek Lisans Tezi, February (2011).
- [68] O. Alptekin, **Binalarda İç Hava Kalitesi Toz Partiküllerinin İç Mekân Hava Kalitesi Üzerindeki Etkilerinin İncelenmesi**, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Yüksek Lisans Tezi, Şubat (2007).
- [69] P. Gülerüz, Yapı **Biyolojisi Kapsamında Sağlıklı Yapı, Mekânsal Nitelikler ve Malzeme Seçimi**, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İç Mimarlık Anabilim Dalı, İstanbul, Yüksek Lisans Tezi, Ağustos (2014).
- [70] T. Salthammer, **Very Volatile Organic Compounds: An Understudied Class of Indoor Air Pollutants**, Indoor Air, Volume:26, Issue:1, Page:25-38, February (2016).
- [71] M. Tözün, A. Ünsal, **Benzene and its Health Effects**, TAF Preventive Medicine Bulletin, Sayı No:7(6): Sayfa No:541-546, (2008) .
- [72] A. Szczurek, M. Maciejewska, R. Połoczan´ski, M. Teuerle, A. Wyłoman´ska, **Dynamics of Carbon Dioxide Concentration in Indoor Air**, Stochastic Environmental Research and Risk Assessment, Volume:29, Page: 2193–2199 (2015).
- [73] A. Gerber, A. V Hofen-Hohloch, J. Schulze, D. A Groneberg, **Tobacco Smoke Particles and Indoor Air Quality (ToPIQ-II) – A Modified Study Protocol and First Results**, Gerber et al. Journal of Occupational Medicine and Toxicology Volume:10, Issue:5, February (2015).
- [74] O. Elbek, Ş. Börekçi, **Polivinil Klorüre Bağlı Akciğer Hastalıkları**, Klinik Gelişim Dergisi Cilt No:23, Sayı No:4, Sayfa No:64-70 (2010).

- [75] T. Temuge, R. Stringer, *Petkim'in Karanlık Yüzü:PVC*, Greenpeace Mediterranean Raporu, Ağustos (2000).
- [76] M. Gültekin, E. Hacıkamiloğlu, *Radon Gazı, Granit ve Kanser*, Türkiye Halk Sağlığı Kurumu Kanser Daire Başkanlığı Kanser Değerlendirme Raporları, Eylül (2013).
- [77] A. Balanlı, S.M. Vural, G.T. Taygun, *Yapı Ürünlerindeki Radonun Yapı Biyolojisi Açısından İrdelenmesi*, 2. Ulusal Yapı Malzemesi Kongresi ve Sergisi, İstanbul, Sayfa No:378-386, Ekim (2004).
- [78] M.A. Kobeissi, O. El Samad, K. Zahraman, I. Rachidi, *Assessment of Indoor and Outdoor Radon Levels in South Lebanon*, International Journal of Disaster Risk Science, Volume.5, Page.214-226, (2014).
- [79] C. Lee¹, D. Lee, *Review of Domestic and International Methods of Measuring Radon in Residential Buildings*, Annals of Occupational and Environmental Medicine, Volume:28 Issue:14, (2016).
- [80] B. Sonsuz, A.F. Kargioğlu, *Adapazarı İlçesindeki Endüstriyel Kaynaklı Emisyonların Envanterlenmesi*, Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği, Bitirme Tezi, Mayıs (2011).
- [81] <http://www.airnow.gov> (Son Erişim Tarihi:08.04.2016).
- [82] *ANSI/ASHRAE Standard 55-Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy* (2013).
- [83] *ANSI/ASHRAE Standard 62.1-Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality* (2013).
- [84] *Indoor Air Quality Book*, Alarko Carrier Teknik Geliştirme Programı, Ekim (2001).
- [85] <http://standards.cen.eu/dyn/www/f?p=204:105:0:::>(Son Erişim Tarihi:08.04.2016).
- [86] <http://pasifikmakina.com/jis-standartlari-nedir> (Son Erişim Tarihi:08.04.2016).
- [87] <https://www.iso.org/obp/ui/#search> (Son Erişim Tarihi:08.04.2016).
- [88] R. Tuna, *Bina Sertifika Sistemleri*, Ege Mimarlık Dergisi, Cilt No:1, Sayı No:83, Sayfa No:20-23, Nisan (2013).
- [89] *Yeşil Bina Sertifika Kılavuzu*, Çevre Dostu Yeşil Binalar Derneği (ÇEDBİK), Eylül (2013)/ <http://www.cedbik.org/imagess/yesilkonutsertifikasi.pdf> (Son Erişim Tarihi:08.04.2016).

- [90] A. Yener, F. Uyan, F. Şener, *Binaların Sürdürülebilirliklerinin Belirlenmesinde Aydınlatma Sistemlerinin Değerlendirilmesi*, 5. Ulusal Aydınlatma Sempozyumu, İzmir, Mayıs (2009).
- [91] S.B. Erdede, S. Bektaş, *Ekolojik Açıdan Sürdürülebilir Taşınmaz Geliştirme ve Yeşil Bina Sertifika Sistemleri*, Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi, Cilt No:6, Sayı No:1-12 (2014).
- [92] M. Anbarcı, Ö. Giran, İ.H Demir, *Uluslararası Yeşil Bina Sertifika Sistemleri ile Türkiye'deki Bina Enerji Verimliliği Uygulaması*, e-Journal of New World Sciences Academy, Volume:7, Number:1, Page:368-383, January (2012).
- [93] D. Erten, *Yeşil Bina Değerlendirme Sistemlerine Güncel Bakış*, Eko Yapı Dergisi, Sayı No: 1, Sayfa No:34-39, Temmuz (2010).
- [94] <http://www.dalsan.com.tr/belgeler/tr/greenguardsertifikasi.pdf> (Son Erişim Tarihi:08.04.2016).
- [95] *Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği*, Sayı:19269, Kasım (1986).
- [96] <http://www.frmtr.com/cografya-uzay-bilimleri/762008-dunya-ve-turkiyede-hava-kalite-kontrolu.html> (Son Erişim Tarihi:08.04.2016).
- [97] <http://www.tetrainc.com.tr/pcd-tetra-hava-kalitesi-olcum-sistemleri.olcum-96.html> (Son Erişim Tarihi:08.04.2016).
- [98] *Sanayi/ Endüstri Tesislerinden Kaynaklanan Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği*, Sayı: 27277, Temmuz (2009).
- [99] *Isınmadan Kaynaklanan Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği*, Sayı: 25699, Ocak (2005).
- [100] *Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği*, Sayı: 26898, Haziran (2008).
- [101] *Türk Standardları Enstitüsü Kuruluş Kanunu*, Sayı No:10661, Kasım (1960)
- [102] https://tr.wikipedia.org/wiki/T%C3%BCrk_Standardlar%C4%B1_Enstit%C3%BCs%C3%BC (Son Erişim Tarihi:08.04.2016).
- [103] <https://intweb.tse.org.tr/standard/standard/standardara.aspx> (Son Erişim Tarihi:08.04.2016).
- [104] T. Çimen, *Teknolojik Gelişmelerin Sonucunda Değişen Üretim İlişkilerinin, Ofis Yapılarına Etkisi ve Ofis Mekânları*, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri

Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, Mimari Tasarım Programı, Yüksek Lisans Tezi, Kasım (2008).

[105] E. Varlı, **Büro Tasarımında Kullanıcı Standartları ve Teknoloji Kullanımının Değerlendirilmesi**, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Edirne (2004).

[106] N. Canbay, **Yeşil Bir Ofiste Çalışmak mı?**, İkibin50 Sürdürülebilir Gelecek Dergisi, 6 Eylül (2012).

[107] N. Eldem, **İdari ve Ticari Büro Binaları**, İTÜ Mimarlık Fakültesi, İTÜ Yayınevi, İstanbul (1950).

[108] M.K. Demirci, K. Armağan, **Bürolarda Fiziksel Ortamın Düzenlenmesi ve Olumsuz Çevresel Faktörlerin Çalışanlar Üzerindeki Etkisi**, Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, Sayı No:7, Sayfa No:179-192 (2002).

[109] M. Altınöz, R. Göral, **Örgütsel Verimliliğin Geliştirilmesinin Açık Plan Çalışma Alanı Tasarımı ile (Açık Büro) İlişkilendirilmesi**, Sosyal ve Ekonomik Araştırma Dergisi, Sayı No:16, Sayfa No:430-440, (2009).

[110] A. Bayazıt Hayta, **Çalışma Ortamı Koşullarının İşletme Verimliliği Üzerine Etkisi**, Ticaret ve Turizm Eğitim Fakültesi Dergisi, Sayı No:1, (2007).

[111] A.B. Bayazıt Yıldırım, U. Renklibay, **Fiziksel ve Davranışsal Ofis Ortamının Verimlilik Üzerine Etkilerinin İncelenmesi**, 8. Ulusal Yazılım Mühendisliği Sempozyumu/UYMS, Ankara, Eylül (2014)

[112] İ. Çelik, **Büro Çalışanlarının Maruz Kaldığı Risklerin ve Alınması Gereken Önlemlerin Belirlenmesi**, Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü, Uzmanlık Tezi, Ankara (2007).

[113] A. Er Akan, S. Arslan Selçuk, **Ofislerin Aydınlatmaları Üzerine Bir İnceleme: A Tasarım Mimarlık Ofisi Örneği**, 3.Ulusal Aydınlatma Sempozyumu, Ankara, Sayfa No:23-25, Kasım (2005).

[114] H.F. Ulucan, S. Zeyrek, **Ofislerde İş Sağlığı ve Güvenliği**, İş Sağlığı ve Güvenliği Enstitüsü Müdürlüğü, Ankara (2012)/

<http://www.isgum.gov.tr/Default.aspx?lnk=222> (Son Erişim Tarihi:08.04.2016).

[115]<http://www.biriyilik.com/odevler-kaynaklar/iktisat-isletme-ve-ekonomi/demotivasyon-isde-monotonlugun-onlenmesi-30838.html#.Vja1FbfhDIU> (Son Erişim Tarihi:08.04.2016).

- [116] İ. Yüksek, T. Esin, *Yapılarda Enerji Etkinliği Bağlamında Doğal Havalandırma Yöntemlerinin Önemi*, Tesisat Mühendisliği Dergisi, Sayı No:125, Sayfa No:63-77, Eylül/Ekim (2011).
- [117] A. Arısoy, G. Çilek, *Doğal Havalandırma Yapabilen Örnek Bir Ofis Binasında Klima Sistem Tasarımı*, Tesisat Mühendisliği Dergisi, Sayı No:96, Sayfa No:5-10, (2006).
- [118] G.M. Yılmaz, M. Korkmaz, *Ofislerdeki Çalışma İstasyonlarının Tasarımını Etkileyen Ergonomi Faktörünün İncelenmesi ve Uygulanması*, Uluslararası Hakemli Beşeri ve Akademik Bilimler Dergisi/UHBAB, Cilt No:1, Sayı No:2, Sayfa No:16-36, Ekim/Kasım/Aralık Sonbahar Dönemi (2012).
- [119] H. Bulut, O. Büyükalaca, T. Yılmaz, *Türkiye İçin Isıtma ve Soğutma Derece-Gün Bölgeleri*, ULIBTK'07 16. Ulusal Isı Bilimi ve Tekniği Kongresi Bildiriler Kitabı, Cilt No:2, Sayfa NO:867-872, Kayseri, Mayıs-Haziran (2007).
- [120] <http://www.cografya.gen.tr/tr/edirne/iklim.html> (Son Erişim Tarihi:08.04.2016).
- [121] <http://m.uyduharita.org/tag/edirne-haritasi> (Son Erişim Tarihi:08.04.2016).
- [122] Edirne Valiliği Meteoroloji Müdürlüğü'nden alınmıştır.
- [123] <http://www.eie.gov.tr/MyCalculator/pages/22.aspx> (Son Erişim Tarihi:08.04.2016).
- [124] <https://www.google.com.tr/maps/place/Ulusoy+Plaza/@41.6633873,26.5711704,16.75z/data=!4m2!3m1!1s0x14b32f88a753c5ef:0x9d817886760e45e8?hl=tr> (Son Erişim Tarihi:08.04.2016).
- [125] Google Earth Programından temin edilmiştir.
- [126] Kraft Mimarlık arşivinden alınmıştır.
- [127] Melek ÖZDAMAR arşivinden alınmıştır.
- [128] https://www.testo.com.tr/resources/82/22/e1399bef7043-_testo-480.pdf (Son Erişim Tarihi:08.04.2016.).
- [129] <http://pentaotomasyon.com.tr/sayfalar.asp?LanguageID=1&cid=3&id=1549&b=d> etay (Son Erişim Tarihi:08.04.2016).

ÖZGEÇMİŞ

1991 yılı Erzincan doğumlu olup ilk, orta ve lise öğrenimini Gümüşhane’de tamamladı. 2010-2014 yılları arasında lisans eğitimini Trakya Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümünde derece ile tamamladı. Yüksek lisans eğitimini T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı’nda 2017 yılında tamamladı. Halen Edirne’de yaşamakta olup Trakya Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü Yapı Bilgisi Anabilim Dalı’nda Araştırma Görevlisi olarak görev yapmaktadır.

Adı Soyadı	: Melek ÖZDAMAR			
Doğum Tarihi ve Yeri	: 07.10.1991 Erzincan			
Mail Adresi	: ozdamarmelek@gmail.com : ozdamarmelek@trakya.edu.tr			
Unvanı	: Yüksek Mimar			
Öğrenim Durumu				
Derece	Alan	Üniversite	Yıl	
Yüksek Lisans	Mimarlık/ Yapı Bilgisi	Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü	2014-2017	
Lisans	Mimarlık	Trakya Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü	2010-2014	
Lise	Öğretmen Lisesi	Gümüşhane Mareşal Çakmak Anadolu Öğretmen Lisesi	2006-2010	
İş Tecrübesi				
Yıl	Firma/Kurum		Görevi	
2017-Devam Ediyor	Trakya Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü Yapı Bilgisi Anabilim Dalı (Edirne)		Araştırma Görevlisi	
2016-2017	Melek Özdamar Mimarlık Ofisi (Uzunköprü/Edirne)		Mimar	
2015-2016	Nisan Yapı Denetim (Edirne)		Kontrol Elemanı	
2014-2015	Adnan Ergen İnşaat Bürosu (Uzunköprü/Edirne)		Mimar	
2010-2014	Bir Yapı Mühendislik Bürosu (Merkez/Gümüşhane)		Stajyer Mimar	