

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**AZERBAYCAN ÜLKESİ BAKÜ ŞEHİRİNDE OKULLARDA İÇ HAVA
KALİTESİNİN ARAŞTIRILMASI**

Vasif POLADOV

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS

HAZİRAN 2024

ANTALYA

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**AZERBAYCAN ÜLKESİ BAKÜ ŞEHİRİNDE OKULLARDA İÇ HAVA
KALİTESİNİN ARAŞTIRILMASI**

Vasif POLADOV

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS

HAZİRAN 2024

ANTALYA

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

AZERBAYCAN ÜLKESİ BAKÜ ŞEHİRİNDE OKULLARDA İÇ HAVA
KALİTESİNİN ARAŞTIRILMASI

Vasif POLADOV
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS

Haziran, 2024

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

AZERBAYCAN ÜLKESİ BAKÜ ŞEHİRİNDE OKULLARDA İÇ HAVA
KALİTESİNİN ARAŞTIRILMASI

Vasif POLADOV
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS

Bu tez 04/06/2024 tarihinde jüri tarafından Oybirliği / Oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Dr.Öğr. Üyesi. Ahmet ÇOŞGUN (Danışman)

Prof. Dr. Afşin GÜNGÖR

Doç. Dr. Tansel KOYUN

ÖZET
AZERBAIJAN ÜLKESİ BAKÜ ŞEHİRİNDE OKULLARDA İÇ HAVA
KALİTESİNİN ARAŞTIRILMASI

Vasif POLADOV

Yüksek Lisans, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi. Ahmet Çoşgun

Haziran 2024; 80 sayfa

Günümüzde insanlar yaşama alanlarını daha konforlu hale getirmek için iç ortamlarda hava kalitesini daha sağlıklı bir hale getirmek için çalışmalar yapıyorlar. İç ortamlarda hava kalitesinin iyileştirilmesinin temel nedenleri günümüzün büyük bir kısmı kapalı alanlarda geçiyor ve bu konfor sağlanmazsa eğer bu insan sağlığına ve verimliliğine kötü yansır. Son zamanlarda iç hava kalitesi, ısı konfor, iklimlendirme gibi konular üzerinde çalışmalar ve araştırmalar ivme kazanmaktadır. Son zamanlarda bu konuyla ilgili çalışmaların artama sebeplerinden en önemlisi günümüzün büyük bir problemi olan küresel ısınmadır. İç hava kalitesi kavramı iklimlendirme sistemleri ile bir başa ilişkili olduğu için mekanik sistemde konunun önemli bir parametresidir. İç hava kalitesi sıcaklık, karbondioksit, bağıl nem, oda sıcaklığı, toz partiküller maddeler gibi birçok parametreler değerlendiriliyor. Yaptığım tez çalışmasında Azerbaycan'ın Bakü ilinde sınıf odalarında toz partiküller maddeler, bağıl nem ve oda sıcaklığı parametreleri ele alınmıştır. Ölçümler elle taşınır cihazla yapılmıştır. Çalışmada yapılmış olan deneysel çalışmalar kış döneminde yapılmıştır. Çalışma verileri IBM SPSS Statistics 26.0 (IBM, Armonk, NY, USA) programına aktararak analizler tamamlanmıştır. Veriler değerlendirilirken sayısal değişkenler için tanımlayıcı istatistikler (ortalama, standart sapma, medyan) verilmiştir. Uygulanacak analizlere karar verebilmek için öncelikle tüm ölçümlere normal dağılım varsayımı için Kolmogorow Smirnov Testi ($n>30$) uygulanmıştır. Test sonucunda nem, partikül maddeler ve CO₂ ölçümlerinin normal dağılım varsayımını sağlamadığı görülmüş iken sıcaklık °C ölçüsünün ise normal dağılım varsayımını sağladığı görülmüştür. Bu nedenle karşılaştırmalarda hem parametrik testler hem de nonparametrik testler kullanılmıştır. İki den fazla bağımsız grup arasında ölçümlere göre farklılık olup olmadığı Tek Yönlü Varyans Analizi (ANOVA), ve Kruskal Wallis Analizi ile incelenmiş olup hangi gruplar arasında farklılık olduğuna ise Tukey Testi ve Bonferroni Testi ile bakılmıştır. Son olarak ölçümler yapıldıktan sonra toplanan değerler farklı ülkelerin standartları ile karşılaştırılmıştır.

ANAHTAR KELİMELEER: Bağıl Nem, İç Hava Kalitesi, Karbondioksit, Toz Partikül Madde.

JÜRİ: Dr. Öğr. Üyesi. Ahmet ÇOŞGUN

Prof. Dr. Afşin GÜNGÖR

Doç. Dr. Tansel. KOYUN



ABSTRACT

INVESTIGATION OF INDOOR AIR QUALITY IN SCHOOLS IN BAKU CITY, AZERBAIJAN COUNTRY

Vasif POLADOV

Master's Degree, Department of Mechanical Engineering

Supervisor: Asst.Prof. Dr. Ahmet ÇOŞGUN

June, 2024; 80 pages

Nowadays, people are working to improve indoor air quality in order to make their living spaces more comfortable. The main reasons for improving air quality in indoor environments are that most of our day is spent in closed spaces and if this comfort is not provided, this will have a bad impact on human health and productivity. Recently, studies and research on issues such as indoor air quality, thermal comfort and air conditioning have been gaining momentum. The most important reason for the increase in studies on this subject recently is global warming, which is a big problem of today. Since the concept of indoor air quality is directly related to air conditioning systems, it is an important parameter of the subject in the mechanical system. Many parameters of indoor air quality such as temperature, carbon dioxide, relative humidity, room temperature, dust particles and substances are evaluated. In my thesis study, dust particles, relative humidity and room temperature parameters in classroom rooms in Baku, Azerbaijan were discussed. Measurements were made with a handheld device. The experimental studies carried out in the study were carried out in the winter period. Analyzes were completed by transferring the study data to IBM SPSS Statistics 26.0 (IBM, Armonk, NY, USA). While evaluating the data, descriptive statistics (mean, standard deviation, median) were given for numerical variables. In order to decide on the analyzes to be applied, Kolmogorow Smirnov Test ($n>30$) was applied to all measurements for the assumption of normal distribution. As a result of the test, it was seen that humidity, particulate matter and CO₂ measurements did not meet the assumption of normal distribution, while the temperature °C measurement met the assumption of normal distribution. For this reason, both parametric tests and nonparametric tests were used in comparisons. Whether there were differences in measurements between more than two independent groups was examined with One-Way Analysis of Variance (ANOVA) and Kruskal Wallis Analysis, and which groups differed between them was examined with Tukey Test and Bonferroni Test. Finally, after the measurements were made, the collected values were compared with the standards of different countries.

KEYWORDS: Relative Humidity, Carbon Dioxide, Indoor Air Quality, Dust Particulate Matter.

COMMITTEE: Asst. Prof.Dr. Ahmet OŞGÜN

Prof. Dr. Afşin GÜNGÖR

Assoc. Prof. Dr. Tansel. KOYUN



ÖNSÖZ

Önsöz herhangi bir eser okunmadan önce çalışmayı yapan kişinin duygu ve düşüncelerini çalışmadan bağımsız olarak okuyuculara aktarabildiği kısımdır.

Bu yüksek lisans çalışması, Tüm dünyayı saran “Covid 19” isimli küresel salgın ile bir kez daha iç ortam hava kalitesinin önemi karşısında alınması gerekli önlemler, tespitler belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla Azarbeycan Ülkesinde Bakü Şehrinde 2 adet Milli Eğitim Bakanlığında İç hava kalitesi ölçümleri yapılarak, dünyada İç hava kalitesi verilerinin yaygınlaşması ile her bir ülkede farklı standardartların oluşmasının önlenmesi bu çalışmada amaçlanmıştır.

İç hava kalitesi konusunda halen ülke bazında çalışmalar çok az düzeydedir. Bu çalışmada Azerbaycan Ülkesinde yapmış olduğum araştırmada iç hava kalitesi üzerine bir çalışmanın olmadığı tespit edilmiştir. Bir çok ülkede İç hava kalitesi çalışmaları belli bir seviyeye kadar geldiği literatür çalışmalarından belirlenmiştir. Özellikle Türkiyede ki çalışmalar son 10 yıl içerisinde giderek artmaktadır. Bu konuda Özellikle Türkiyede üniversitelerin Makine Mühendisliği bölümü, Mimarlık bölümü ile Çevre Mühendisliği bölümlerinde birçok çalışma bulunmaktadır.

Bu çalışmada özellikle verilerin Azerbaycan Ülkesinde alınması için ilgili okul yöneticilerinden gerekli izinler alınmıştır. İlk aşamada okul izinlerinde iç hava kalitesinin ne amaçla alındığı konusunda zorluklar çekildiğini belirtmek isterim. Çalışma da özellikle son yıllarda önemi ortaya çıkan makina öğrenmesi, yapay sinir ağları gibi yöntemlerin çalışmalarda kullanılmasını önermekteyim.

Tüm okul hayatımda desteklerini yanımda hissettiğim aileme, Yüksek lisans çalışmalarında emekleri büyük olan Prof. Dr. Afşin GÜNGÖR’e, Danışmanım Dr. Öğr. Üyesi. Ahmet ÇOŞGUN’a, jüri üyesi Doç. Dr. Tansel KOYUN’a teşekkürleri bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	iii
ÖNSÖZ.....	v
AKADEMİK BEYAN	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	xii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK TARAMASI.....	4
2.1. Yurtdışında Konu İle İlgili İç Hava Kalitesi Üzerine Yapılmış Olan Çalışmalar .	4
2.2. Türkiye’de İç Hava Kalitesi Üzerine Yapılmış Olan Çalışmalar.....	11
2.3. Türkiye’de Yapılan Lisansüstü Tezler	18
2.4. İç Hava Kalitesi.....	23
2.4.1. İç hava kalitesi tarihçesi ve gelişimi	23
2.4.2. İç ortam hava kalitesini belirleyen özellikler	26
2.4.3. İç ortam hava kirlleticileri ve kaynakları	29
2.5. Binalarda İç Hava Kalitesi Kaynaklı Hastalıklar	43
2.5.1. Okullarda iç ortam hava kirliliği	45
3. MATERYAL VE METOT.....	48
3.1. Materyal.....	48
3.2. Ölçüm Yapılan Deney Yerleri	48
3.3. İç Hava Kalitesi Ölçümleri	49
3.3.1. Karbondioksit ölçüm cihazı	49
3.3.2. Karbondioksit ‘in ölçüm şekilli.....	50
3.3.3. Karbondioksit ‘in değerlendirme şekilli	50

3.3.4. Toz partikül ölçüm cihazı.....	50
3.3.5. Toz partikül maddelerin ölçüm şekilli	51
3.3.6. Toz partikül maddelerin değerlendirme şekilli.....	51
4.BULGULAR VE TARTIŞMA.....	52
5. SONUÇLAR.....	63
6. KAYNAKLAR	65
ÖZGEÇMİŞ	



AKADEMİK BEYAN

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “**Azerbaycan Ülkəsi Bakü Şəhərində Okullarda İç Hava Kalitesinin Araştırılması**” adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

28/05/2024

Vasif POLADOV



SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

ppm :	Bir milyon toplam hacimdeki gaz hacmi	
ppb :	Bir milyar toplam hacimdeki gaz hacmi	
HC :	Hidrokarbonlar	
SO _x :	Kükürtoksitler	
H ₂ S :	Hidrojen sülfür	
NO _x :	Azot oksitler	
CO :	Karbonmonoksit	
CO ₂ :	Karbondioksit	
NO ₂ :	Azotdioksit	
SO ₂ :	Kükürtdioksit	
SO ₃ :	Kükürttrioksit	
Bqm ⁻³ :	Bir metreküpteki aktivite değeri	
C ₆ H ₅ CH ₃ :	Metilbenzen	
²²⁶ Ra :	226 tipli radyum	
PM _{0,3} :	0,3 mikron çaplı partikül madde	μ
PM _{0,5} :	0,5 mikron çaplı partikül madde	μ
PM _{1,0} :	1,0 mikron çaplı partikül madde	μ
PM _{10,0} :	10,0 mikron çaplı partikül madde	μ
F :	Frekans	
p :	Önem seviyesi	

Kısaltmalar

ACS	Amerika Kanser Topluluğu (American Cancer Society)
AH	Mutlak Nem
AQI	Hava Kalitesi İndeksi(Air Quality Indeks)
ASHRAE	Amerikan Isıtma, Soğutma ve İklimlendirme Mühendisleri Derneği (The American Society of Heating, Refrigerating and AirConditioning Engineers)
CDC	Hastalık Kontrol ve Korunma Merkezleri (Centers for Disease Control and Prevention)
CFD	Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (Computational Fluid Dynamics)
COVID-19	Koronavirüs Hastalığı
US EPA	Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı (US Environmental Protection Agency)
ETS	Çevresel Tütün Dumanı (Environmental Tobacco Smoke)
HHS	Sağlık ve İnsan Hizmetleri Departmanı (Health and Human Services)
HKDYY	Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği
HVAC	Isıtma, Havalandırma ve İklimlendirme
IAQ	İç Hava Kalitesi (Indoor Air Quality)
IARC	Uluslararası Kanser Araştırmaları Ajansı (The International Agency for Research on Cancer)
IOM	Uluslararası Göç Örgütü (International Organization for Migration)
KOAH	Kronik obstruktif akciğer hastalığı
MERS	Orta Doğu solunum sendromu
NHMRC	Ulusal Sağlık ve Tıbbi Araştırma Konseyi (National Health and Medical Research Council)
NIOSH	Ulusal İş Sağlığı ve Güvenliği Enstitüsü (National Institute for Occupational Safety and Health)
NRC	Ulusal Araştırma Konseyi (National Research Council)

OSHA	İş Güvenliği ve Sağlığı İdaresi (Occupational Safety and Health Administration)
PAH	Pulmoner Arteriyel Hipertansiyon
REHVA	Avrupa Isıtma, Havalandırma ve İklimlendirme Dernekleri Federasyonu
RH	Bağıl Nem
SARS	Şiddetli Akut Solunum Sendromu
SBS	Hasta Bina Sendromu (Sick Building Syndrome)
SPSS	Hasta Bina Sendromu (Sick Building Syndrome)
sVOC	Hasta Bina Sendromu (Sick Building Syndrome)
THHP	Temiz Hava Hakkı Platformu
TUOB	Toplam Uçucu Organik Bileşikler
TÜİK	Toplam Uçucu Organik Bileşikler
VOC	Uçucu Organik Bileşik
vVOC	Çok Uçucu Organik Bileşik
WHO	Dünya Sağlık Örgütü (World Health Organization)

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. CO ₂ konsantrasyonunun neden olduğu hastalıklar	39
Şekil 2.2. Partikül çapı 0.1µm, 1µm, 2.5µm, 10µm olan kirleticilerin vücutta yayılması	40
Şekil 3.1. Abşeron ilçesinde deney yapılan ilkokul	48
Şekil 3.2. Hazar İlçesinde deney yapılan ortaokullar	49
Şekil 3.3. Testo 535 model CO ₂ Analizörü ölçüm cihazı görünümü.	49
Şekil 3.4. JD-3003 tipli toz partikül ölçüm cihazı görünümü	50
Şekil 4.1. Azerbaycan'daki CO ₂ Ölçüm Ortalamasının Ükelere Göre Karşılaştırılması.....	58
Şekil 4.2. Azerbaycan'daki PM _{2,5} Ölçüm Ortalamasının Ükelere Göre Karşılaştırılması.....	59
Şekil 4.3. Azerbaycan'daki PM ₁₀ Ölçüm Ortalamasının Ükelere Göre Karşılaştırılması.....	60
Şekil 4.4. Azerbaycan'daki Bağıl Nem (%) Ölçüm Ortalamasının Ükelere Göre Karşılaştırılması.....	61
Şekil 4.5. Azerbaycan'daki Sıcaklık (°C) Ölçüm Ortalamasının Ükelere Göre Karşılaştırılması.....	62

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Termal konfor parametreleri belirlenen limit değerleri.....	28
Çizelge 2.2. Farklı ülkelerin iç ortam standartları.....	42
Çizelge 2.3. Türkiye Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği'ne göre belirlenen limit değerleri	43
Çizelge 2.4. Okullarda bulunabilen bazı tehlikeli maddeler	46
Çizelge 2.5. Okullardaki ölçülen CO ₂ konsantrasyonu ve havalandırma miktarı.....	46
Çizelge 2.6. Okullardaki iç mekan ve dış mekan, PM _{2.5} ve PM ₁₀ değerleri	47
Çizelge 4.1. Ölçümlerin Ortalama ve Standart Sapma Değerleri ile Normal Dağılım Varsayımının İncelenmesi	52
Çizelge 4.2. Ölçümlere Göre Sınıflar Arasındaki Farklılıkların İncelenmesi.....	54
Çizelge 4.3. Azerbaycan'daki CO ₂ , Bağıl Nem ve Sıcaklık Ölçümlerinin Ülkelere Göre Karşılaştırılması.....	57

1.GİRİŞ

İç hava kalitesi kapalı alanlarda havanın temizliğini belirler. Günümüzde insaları zamanın büyük bir kısmı kapalı alanlarda geçiyor. Gelişmekte olan ülkelerde yaşayan insanların zamanlarının büyük bir kısmı kapalı alanlarda geçiyor. İnsanların zamanlarının nerdeyse %90'nı kapalı mekanlarda geçiyor. İnsanların zamanların böyle bir büyük kısmını iç mekanlarda geçirdiği için iç mekan kalitesi hayati önem taşıyor.

Çocuklar için eğitim şarttır. Eğitim, dünyanın birçok ülkesinde tüm çocuklar için zorunludur ve çocukların okullarda birkaç saat geçirmesini gerektirir. Öğrencilerin öğrenmesini, sağlığını ve refahını neyin etkileyebileceğini bilmek için okul ortamını araştırmak önemlidir. Öğrenci sağlığı, optimal öğrenme ve kişisel gelişim için hayati önem taşıyan öğrencilerin fiziksel, zihinsel ve duygusal refahını kapsarken, akademik performansını da etkilemektedir.

Okulun başlıca amacı çocukların sağlıklı ortamlarda öğrenmeleri ve gelişmeleri için en uygun ortamı sağlamaktır. Öğrencilerin ikinci evi olarak bilinen okullarda zamanların neredeyse %12'si sınıflarda geçirmektedirler.

Okullar öğrencilerin sosyal hayatında önemli kritere sahiptir. Bunun için öğrenciler için en sağlıklı ortamı yaratmak gerekmektedir. Sınıflar diğer kapalı alanlardan özellikle binalardan dört kat daha yoğun yerlerdir.

Çocuklar günün önemli bir bölümünü okullarda geçirmektedir. Bu nedenle okul binasının iç hava kalitesi sağlıkları açısından önemlidir. Çocuklar, düşük bağışıklık ve solunum sistemleri, düşük vücut kitle indeksi ve solunum düzeni nedeniyle havadaki kirleticilerin etkilerine yetişkinlere göre daha duyarlıdır.

Sınıflarda, sağlıklı iç mekân hava kalitesi (IAQ) önemlidir. Öğrencilerin ve öğretmenlerin sağlığını, performansını, uyanıklığını, algılama yeteneğini ve konforunu etkileyebilir. Sınıflarda olumsuz iç mekân koşullarının öğrencilerin sağlığı, konforu ve akademik performansı üzerindeki olumsuz etkiler yaratmaktadır. Çocukların gelişim aşamasında böyle sağlıklı ortama maruz kalması onların ileride sağlık durumlarında büyük olumsuzluklara yola açmaktadır. Çocukların gelişim döneminde oldukları için bu tip maruziyetlere karşı daha duyarlı olmaktadır. Bu durum ileride solunum yolu hastalıklar ve diğer hastalıkların ortaya çıkmasını tetiklemektedir. Sınıf ortamında hastalık bulaşma riski diğer kapalı alanlara göre daha yüksek olduğu bilinmektedir.

Yapılan araştırmaların çoğu gösteriyor ki okullardaki iç mekân hava kalitesi ofis ve konutlardan daha kötü bir durumdadır. Böyle bir sağlıklı koşullarda öğrencilerin eğitim hayatına devam etmesin onların hem eğitim hayatına hem de sağlık durumlarını kötü etkilemektedir. Öğrencilerin eğitim ve sağlık performansı sınıf sıcaklığı, hava kalitesi, aydınlatma ve akustik gibi birçok parametreden etkilenir.

Bu nedenle, çocuklar okul ortamındaki çeşitli hava kirleticilerine maruz kalmaktan ciddi şekilde etkilenilmektedir. Öğretmenler için de okul onların günlük çalışma ortamını temsil ettiğinden iç mekân havasının kalitesi öğretmenler yönünden de önemlidir. Bu nedenle öğretmenlerde zamanlarının çoğunu sınıflar da geçirmektedir. Öğretmenler sınıf ortamında karakteristik olarak seslerini sürekli kullanmayı gerektirir ve

psikososyal açıdan zahmetli bir iştir. Tüm bu faktörler öğretmenlerde ve öğrencilerde semptomların ve rahatsızlığın algılanmasına katkıda bulunur. Öğretmenler için sınıf ortamında güvenli ve rahat bir çalışma ortamının sağlanması, hastalık izinlerinin azaltılması sadece kişisel sağlık ve refah açısından değil, aynı zamanda eğitim, ekonomi ve çocuklar açısından da önemlidir.

Bu sebepten dolayı okullarda iç mekân hava kalitesini incelemek, iç mekân kirleticilerini belirleyip belgelemek ve kritik maruziyeti etkileyen anlamlı faktörleri belirlemek ile ortaya çıkmaktadır.

Okullardaki iç hava kalitesiyle yapılan çalışmaların büyük bir kısmı anketler kullanılarak belirlenen algılanan iç hava kalitesine ya da aşağıda bildirilen faktörlere dayalı yapılmıştır. Bunlar karbondioksit, konfor parametreler, kimyasal madde emisyonları ve toz parçacıklar veya mikrobiyolojik kirleticilerdir. Birçok çalışma, aşırı karbondioksit konsantrasyonunun nefes alma güçlüklerine, baş ağrılarına, uyuşukluğa, hiporefleksi ve yorgunluğa neden olabileceğini göstermiştir. Ayrıca, sınıf ortamlarında yüksek karbondioksit seviyeleri öğrencilerin bilişsel performansını düşürdüğü ve öğrenme verimliliklerini azalttığı yönündedir.

Dünya Sağlık Örgütü'ne (WHO) göre, düşük iç hava kalitesine sahip binalar; İnsanların sağlığında özellikle gözlerde, burunda ve boğazda iltihaplanma, mukoza ve cilt kuruluğu, zihinsel yorgunluk, dikkatsizlik, baş ağrısı, mide bulantısı ve mide bulantısı gibi çok çeşitli hoş olmayan yan etkilere neden olduğu bilinmektedir.

Okullarda bulunan yüksek derecede karbondioksit gazı, toz parçacıkları, sıcaklık ve nem değerleri öğrencilerin sağlık durumlarını, öğrenim performansını aynı zamanda dikkatini olumsuz yönde etkilemektedir. Bu sorunlar ilk başta öğrencilerde küçük sorunlar yaratsa da ilerleyen zamanda ciddi nörolojik, hastalıklar bunun yanında kalıcı zatürre, bronşit ve kanser sorunlarına neden olabilmektedir.

Okullarda güvenli ve sağlıklı bir iç ortam havasını sağlamak için gerekli olan en önemli unsurlardan biri havalandırma sistemidir. Bu havalandırma sistemi sınıflarda sağlıklı ve termal konforu sağlamamıza büyük ölçekte yardım etmektedir. Maalesef Azerbaycan Ülkesinde Bakü Şehrinde bulunan okulların büyük bir kısmı hala havalandırma sistemleri bulunmamaktadır. Benzer durum Türkiye de Milli Eğitim Bakanlığı tarafından yapılan tip okullar da aynıdır.

Azerbaycan Ülkesinde Bakü şehrinde mevcut okul binalarında, iç mekân hava kalitesinin ve termal konforun kontrol edilmesinde genellikle doğal havalandırma yöntemi kullanılmaktadır. Ancak çok sayıda çalışma sınıfların yeterince havalandırılmadığını ve iç mekân çevre kalitesi sorunlarına yol açtığını da ortaya koymaktadır. Okul binalarının çoğunda HVAC sistemleri bulunmadığından ve yalnızca geleneksel ısıtma sistemlerine sahip olduğundan, iç hava kalitesinin eksikliği kaçınılmazdır. Kış aylarında sınıflarda doğal havalandırma yapıldığı zamanda sınıfların termal değerleri çok düşük olmaktadır. Bu da aynı zamanda ısı kaybına neden olmaktadır. Buradan da kaybolan enerji yanında maliyet artımına da neden olmaktadır.

Bu çalışmanın temel amacı, Azerbaycan'da yeni bir kavram olan iç hava kalitesini kamuoyuna sunmak, insanların yoğun olduğu kapalı alanlarda özellikle okullarda iç hava

kalitesini sağlamak ve insanların rahat çalışmasını sağlamak amaçlanmıştır. Bu çalışmada iç hava kalitesini belirlemek için Azerbaycan Ülkesi, Bakü şehrinde iç hava kalitesine direk etki eden toz partikül değerleri(PM) , karbondioksit (CO₂) değerleri, sıcaklık(°C) ve bağıl nem (%) değerleri İstatistiksel Analiz Programı olan IBM SPSS Statistics 26.0 (Armonk, NY: IBM Corp.) analiz edilmiş, Dünyadaki standart değerler ile karşılaştırmalar yapılmıştır.



2. LİTERATÜR TARAMASI

2.1. Yurtdışında Konu İle İlgili İç Hava Kalitesi Üzerine Yapılmış Olan Çalışmalar

Vinh Van Tran ve diğerleri “İç Mekân Hava Kirliliği, İlgili İnsan Hastalıkları ve İç Mekân Hava Kalitesinin Kontrolü ve İyileştirilmesinde Son Eğilimler” isimli yapmış olduğu makale çalışmasında, İç mekân hava kirliliğinin her yıl fazla ölüme sebep olduğunu ve bu önlemek için sensörler iç mekân hava kirliliğini takipte tutup bunun karşısını almayı amaçlamışlar. Yaptıkları çalışmada çok sayıda kirleticini iç mekan hava kirliliği (İAP) ile sonuçlana bileceğine; bu nedenle bunların ana kaynakların; belirlemek ve onlara karşı bir strateji geliştirmeyi amaçlamışlar. Yaptıkları çalışmada kirletici konsantrasyonlarının kontrolü ve azaltılmasına yönelik stratejiler ve yaklaşımlara dikkat çekilmek ve iç hava kalitesinin çözülmesi ve iyileştirilmesine yönelik çabalardaki son eğilimler, ilgili avantajları ve potansiyelleri belirlemişlerdir. Sensörlerin iç hava kalitesinin izlemesine, akıllı evlerde kullanılacak yapı malzemelerinin daha sağlıklı olmasına yardımcı olacağına, iç mekân hava kalitesinin kontrolü ve geliştirilmesi için umut verici bir strateji olduğunu öngörmüşler, çalışmada insan sağlığını etkileyen iç mekân hava ortamında kirleticilerin insan sağlığına etkileri Ozon, radon, ağır metaller, aerosoller, pestisitler, biyolojik alerjenler, mikroorganizmalar ve PM, VOC'ler, CO, CO₂ dâhil çok sayıda iç mekan hava kirleticisinin insan sağlığında açtığı sorunları belirlemişlerdir. IAP'nin etkilerini azaltmak için birçok yaklaşım ve strateji benimsenmiştir. İç hava kalitesi izleme sistemlerinin, akıllı evler için yapılmış malzemelerin geliştirilmesinde sensörlerin etkili olacağı fikrine ortaya koymuşlardır(Vinh vd. 2020).

H.E. Burroughs , Shirley J. Hansen`nin İç Mekan Hava Kalitesinin Yönetimi kitabının da, iç mekan hava kalitesi sorunları ele alınmış ve ilk etapta maliyetli iç hava kalitesi sorunlarının ortaya çıkmasının önlemek için yapılması gerekenler sıralanmıştır. İç mekan kalitesinin kötü olmasının insan sağlığına zararlarında belirtilmiştir (Burroughs ve Hansen 2020).

Teresa M.Mata ve diğerleri (2022) yaptıkları “İç Mekan Hava Kalitesi: Temizlik Teknolojilerine Bir Bakış” adlı çalışmalarında fizikokimyasal teknolojiler (örneğin, filtreleme, adsorpsiyon, UV-foto katalitik oksidasyon, ultraviyole dezenfeksiyon ve iyonizasyon) ve biyolojik teknolojiler (örneğin, bitki saflaştırma) dahil olmak üzere çeşitli hava arıtma teknolojileri kullanılabilirliği araştırılmıştır. Çözüm olarak örneğin nanoteknolojinin kullanılması yoluyla yeni malzemelerin geliştirilmesi, uygulama kapsamını genişletmek için teknolojilerin bir kombinasyonunun kullanılmasını söylenebilir olduğu vurgulanmıştır. Çalışmada kirletici maddeleri kontrol etmek için çeşitli hava arıtma teknolojileri kullanılabilir ve bunlar arasında fizikokimyasal teknolojiler (örneğin, filtreleme, adsorpsiyon, UV-fotokatalitik oksidasyon, ultraviyole dezenfeksiyon ve iyonizasyon) ve biyolojik teknolojiler (örneğin, bitki saflaştırma yöntemleri ve mikroalg bazı yöntemler) kullanılmıştır. Filtrelerin parçacıkları etkili bir şekilde giderebildiği ancak organik ve inorganik kimyasal kirleticiler için etkili olmadığı belirtilmiştir.

Nanolifler, farklı VOC'leri verimli bir şekilde adsorbe edebilen etkili adsorban malzemeler oluşturmak için nano malzemelerle değiştirilebilir. Nano teknolojinin gelişmesiyle birlikte bu alanda çok büyük bir araştırma potansiyeli ortaya çıkacağı tespit

edilmiştir. İnsanların temiz havanın da saf su kadar öneminin farkına varmaları çok önemlidir. İyi bir iç hava kalitesi sağlamak için ana vektörler olan kaynak kontrolünü ve havalandırmayı geliştirecek iç hava kalitesi denetimlerinin geliştirilmesinin önemli olacağı vurgulanmıştır.

İç mekan havası ve oksijen üretimindeki ince parçacıkların ($PM_{2,5}$) giderilmesi için mikroalg bazlı bir hava temizleyicinin kullanımını araştırmışlar, Mikroalg hava temizleme teknolojisi, 5 günlük kullanım sırasında değerlendirilen, yüksek yoğunlukta mikroalg eklenmiş $40,1 \text{ gm}^{-2}$ mikroalg biyokütlesi kuru ağırlığı) değiştirilebilir bir filminden (pamuklu kanvas) oluşur. *Chlorella pyrenoidosa*, yerel bir göl kenarında (Nanchang, Çin) toplanan bir mikrobiyal konsorsiyumdan izole edilen, bu hava temizleyici için seçilen mikroalg türüdür. Bu mikroalg hava temizleyicinin yenilikçi yönleri, yüksek hücre yoğunluklu mikroalg filmi (büyük hacimli sıvı mikroalg ortamı yerine), mikroalg ortamını korumak için enerji tüketimini azaltmak, kullanıcılar tarafından kolay film değişimi ve ince PM'nin eş zamanlı olarak uzaklaştırılmasıdır. Sonuç olarak, mikroalg bazlı hava temizleyicinin amaçlanan amaç için iyi performans göstermesine bakmayarak, O_2 ve $PM_{2,5}$ giderim verimliliğinde (%60'lık bir azalma) azalmanın çok büyük oranda azaldığını göstermiştir.

Mehzabeen Mannan Ve Sami G. Al-Gham yaptıkları” Binalarda İç Hava Kalitesi: Konut ve Ticari Yapılarda Hava Kirliliğini Etkileyen Faktörler Üzerine Kapsamlı Bir İnceleme” makalesinde, iç hava kalitesi ile yoğunlukla konut ve birkaç ticari binadan oluşan bina ortamları arasındaki etkileşimi anlamak için iç hava kalitesi sektörünü farklı yönlerden incelemeyi amaçlamış, İnsanlar zamanlarının %85-90'ını farklı binalarda geçirdiğinden, farklı bina türlerinin iç hava kalitesi insan sağlığı üzerinde büyük bir etkiye sahip olduğunu belirtmişlerdir. Makalede farklı konut ve ticari binaların iç hava kalitesi ile ilgili mevcut teknoloji ve bilgi birikimi üzerine bir inceleme yapmıştır. Ayrıca dünya çapında IAQ araştırmalarındaki ilerlemeyi anlamak için farklı ülkelerdeki çalışmalar gözden geçirmişler. Bölgeye/lokasyona özel inceleme aynı zamanda her lokasyondaki, uzun vadeli çözümler için ele alınması gereken başlıca iç mekan hava kirlleticilerinin belirlenmesinde de yararlı olabileceği kanaatine varmışlardır (Mehzabeen ve Sami 2021).

Nehul Agarwal vd. (2021) yaptıkları COVID-19 salgınında iç mekan hava kalitesinin iyileştirilmesi: İnceleme adlı makalelerinde bina sakinlerin termal konforunu göz önünde bulundurarak tüm iyileştirme sistemlerine göz atılmış ve aşağıdaki önerilerde bulunmuşlardır.

- İç hava kalitesi (IAQ), halkın kendi bölgesindeki kirlilik seviyesinden haberdar olması ve buna göre hareket etmesi açısından büyük avantaj sağladığı, IAQ parametreleri olan PM_{10} , NO_2 , O_3 , CO ve SO_2 olmak üzere 5 parametre dikkate alınmıştır. Özellikle havadaki az sayıdaki toksik bileşik de muhtemelen kritik sorunlara yol açabildiği belirlenmiştir. Sonuç olarak, IAQ'yi tahmin ederken toksik bileşiklerin dikkate alınması gerekmektedir.
- Hava kirleticileri ile COVID-19 bulaşması arasındaki pozitif bağlantı olduğu, hava kalitesi endeksinin dengelenmesinin sağlanması gerektiği sonucuna ulaşılmıştır.
- Yapılan çalışmada yüz maskelerinin dış mekânlarda veya kalabalık yerlerde faydalı olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Ancak iç mekânlarda uzun süre kullanılması, özellikle hassas gruplarda hiperkapni ve hipoksiye neden

olabilirliğine değinilmiştir. Yüz siperlikleri, daha iyi hava akışı sağlaması ve tekrar kullanılabilme özelliği sayesinde tıbbi atığı azalttığı için odaklanılabilecek

Nan, Ma ve diğerleri “Doğru faktörleri ölçmek: Isıl konfor ve iç hava kalitesine ilişkin değişkenlerin ve modellerin incelenmesi” adlı makalesinde amaç analitik modelleri gözden geçirmek ve karşılık gelen girdi değişkenlerini tanımlayarak bunların yapay sinir ağlarına (YSA) ve pekiştirmeli öğrenmeye (RL) dayalı modellerdeki uygulamalarını tartışılmıştır. Bu iki model belirsiz dinamiklere sahip doğrusal olmayan sistemleri doğru bir şekilde tanımlamamaya ve tahmine dayalı ve uyarlanabilir kontrol stratejileri sağlamaktadır. Yaptıkları çalışmanın ilk kısmında temel olarak kararlı durum ve uyarlanabilir modellerle ilgili olan en yaygın termal konfor modellerine ve bunların değişkenlerine odaklanmışlardır. Çalışmanın ikinci kısmında ise iç mekan hava kalitesinin belirlenmesine yönelik tipik modellere bakılmış ve bu modellerin havalandırma gereksinimleri ve sağlık etkileri ile ilişkilerini gözden geçirmişlerdir (Nan vd. 2021).

Sasan, Sadrizadeh, Runming, Yao ve diğerlerinin yaptığı “Okullarda iç hava kalitesi ve sağlık” adlı makalede iç hava kalitesinin sağlığına ve öğretim hayatına nasıl etki ettiğini araştırmışlar. Çalışmada elli yıllık sınıf hava kalitesi üzere yapılmış araştırmaların kapsamlı şekilde incelemesi sunulmuştur. Dünya çapında çoğu okulda temel doğal havalandırma sistemleri bulunmaktadır; ancak verimsiz performans, kullanıcılarının ihtiyaçlarını karşılamada yetersizdir. Yeni okulların tasarımı, iyi hava kalitesi elde etmek ve havadaki parçacıklara ve VOC'lere maruz kalmaya karşı koruma sağlamak için belirli türde etkili bir havalandırma sistemi gerekmektedir. Mevcut okulları yenilerken zorluk, mevcut altyapı göz önüne alındığında CAQ gerekliliklerini karşılayacak uygun bir çözüm bulmaktan kaynaklanmaktadır. Verimli bir hava dağıtım sistemiyle birleştirilmiş talep kontrollü havalandırma, mekanik havalandırma için gereken enerji kullanımını azaltabilir ve okullardaki çocukların sağlığını ve refahını güvence altına alırken en büyük tasarrufu tetikleyebilir. Muhtemelen termal konforla ilgili mevcut literatürden elde edilen tek genel sonuç, okul öğrencilerinin, yetişkinlerin termal olarak tarafsız hissettikleri ortamlardan (örneğin ofisler) genellikle daha soğuk olan iç mekân iklimlerinde kendilerini rahat hissetme eğiliminde olduklarıdır. Öğrencilerin rahat buldukları sınıf sıcaklığı, diğerlerinin yanı sıra, öğrencilerin iklim koşulları ve önceden klimaya maruz kalma durumları da dâhil olmak üzere birçok faktöre bağlıdır. Uygun sıcaklık-performans modelini doğrulamak için sınıf içi termal koşullar ile öğrenci performansı arasındaki doğrudan ilişkiler üzerine daha fazla çalışmaya ihtiyaç vardır. Öğrencilerin öğrenme performansı açısından, daha önceki çalışmalar sürekli olarak sınıftaki hava kalitesinin azalmasının öğrencilerin bilişsel performansında bir azalmaya neden olacağını ve bunun da kısa süreli hastalık izinlerini artırırken ilerleyen öğrenme açısından olumsuz sonuçlara yol açacağını göstermektedir. Yayınlanan çalışmaların çoğu okul çalışmalarının performansı ile ilgilidir; CO₂ konsantrasyon ölçümleri sınıf havalandırması ve hava kalitesinin temsilcisidir. Belirli kirleticilerin etkilerine ilişkin çok az veri mevcuttur ve bu tür çalışmalara çok ihtiyaç vardır. Mevcut kanıtlar, sınıftaki CO₂ seviyelerini 900 ppm'nin (mutlak seviye) altında tutmanın üzerindeki olumsuz etkiyi azalttığını, ancak daha düşük seviyelerin bile daha faydalı olabileceğini göstermektedir. Çocuklar ayrıca etkili öğrenme için daha serin bir ortamı tercih etmektedirler. Okul binalarında çeşitli hava kirleticilerine maruz kalma, yetişkinlere göre vücut ağırlıklarına karşılık gelen daha fazla miktarda hava soludukları

için öğrencilerin sağlığına ciddi zarar verme riski taşımaktadır. VOC kirleticileri, çocuklar ve yetişkinler için ciddi sağlık sorunlarına neden olan önde gelen iç mekan hava kirleticileri arasındadır. Öte yandan birçok okul, parçacık madde kirliliğini iç mekân hava kirliliğinin ana kaynağı olarak tanımlanmıştır. Ayrıca *Penicillium*, *Cladosporium*, *Aspergillus* ve *Alternaria* okul iç ortamlarında en yaygın olarak bulunan mantarlardır ve bunların yaygınlığı kırsal veya kentsel iklime ve konuma bağlı olarak değişmektedir. Çevre sağlığına maruz kalma, öğrenci sağlığı ve sağlıklı yaşam sonuçları, iç mekan memnuniyeti ve bilişsel performans konusunda kapalı okul çevre kalitesini artırmaya yönelik stratejilerin karakterizasyonunu içeren, prospektif kohort çalışmaları da dahil olmak üzere daha büyük örneklem boyutlarına sahip daha önemli çalışmalara büyük bir ihtiyaç vardır. Sınıf hava kalitesini etkileyen hem ekolojik hem de davranışsal faktörler, iç mekan çevre kontrollerinin enerji tüketimi üzerindeki etkileriyle birlikte karakterize edilmelidir kanaatine gelmişler (Sadriyadeh vd. 2022)

He. Zahang ve Ravi Srinivasan yaptıkları olduğu “İç Kalitesi Yönetimine Yönelik Hava Kalitesi Sensörleri, Kılavuzları ve Ölçüm Çalışmalarının Sistematiği” adlı makale çalışmasında, çeşitli uluslararası kuruluşlar, uygun iç mekan hava kalitesi yönetimi gerekliliklerini karşılamak için sürekli olarak niceliksel hava kalitesi kılavuzları ve standartları geliştirmektedirler. Bu makale, iç mekan hava kirleticileri ve bunların sağlık üzerindeki etkileriyle ilgili mevcut temel standartların ve yönergelerin daha iyi anlaşılmasını sağlamak amaçlanmıştır. Belirlenen kirleticiler için farklı sınırlama aralıkları, uygulama seviyeleri, ilgili kişiler ve her birinin çalışma prosedürleri gözden geçirilmiştir. Hava kalitesi yönetiminin geniş ölçekli uygulanması için bu çalışma, hava kalitesinin gerçek zamanlı olarak mekânsal ve zamansal veri çözünürlüklerinde izlenmesinin öneminin hafife alınamayacağını göstermektedir. Ayrıca bu belgede mevcut LCAQS teknolojileri de gözden geçirildi ve tipik algılama aralığı, ölçüm toleransı veya tekrarlı bilirlilik, veri çözünürlüğü, yanıt süresi, besleme akımı ve piyasa fiyatı gibi ilgili özellikler tartışılmıştır. LCAQS, iç mekan hava kirliliği izleme paradigmasını değiştirdi ve faydalı bilgiler sağlayabilir. Sonuç olarak, bu sistematiği inceleme, bina sakinlerinin sağlığını korumak ve optimum iç mekan çevre kalitesine ulaşmak için gelecekteki araştırma ve tasarım uygulamalarının gerekliliklerine vurgu yapılmıştır. Bu belge öncelikle, Ortam Hava Kalitesi Standartları (NAAQS); Dünya Sağlık Örgütü (WHO); Mesleki Güvenlik ve Sağlık İdaresi (OSHA); Amerika Devlet Endüstriyel Hijyen Uzmanları Konferansı (ACGIH); Amerikan Isıtma, Soğutma ve İklimlendirme Mühendisleri Derneği (ASHRAE); Ulusal Mesleki Güvenlik ve Sağlık Enstitüsü (NIOSH); ve Kaliforniya ortam hava kalitesi standartları (CAAQS). Daha sonra mevcut Düşük Maliyetli Hava Kalitesi Sensörü (LCAQS) teknolojilerinin son teknoloji incelemesini sunarak buna katkıda bulunur ve tipik algılama aralığı, ölçüm toleransı veya tekrarlı bilirlilik, veri çözünürlüğü, yanıt gibi ilgili spesifikasyonları analiz edilmektedir. Aynı anda zaman, arz akımı ve piyasa fiyatı değerlerde analiz edilmiştir. Son olarak, teknik ölçüm özelliklerine ve bunların veri analizi yaklaşımlarına odaklanan bir dizi saha ölçüm çalışması (dizisi) kısaca gözden geçirilmiştir. Hava kalitesi sensör teknolojisi, zamanla çözülen hava kirliliği ölçümlerinin uygulanabilirliğini, güvenilirliğini ve maliyet etkinliğini iyileştirme konusunda temel potansiyele sahip, hızla büyüyen bir alan olduğu kanaatine gelmişlerdir. Son yıllarda LCAQS teknolojisi, hava konsantrasyon seviyelerinin izlenmesi için gerçek zamanlı, mekânsal ve zamansal veri çözünürlüğünü desteklemek amacıyla kullanılabildiğinden, pratik uygulama için çeşitli laboratuvarlarda ortaya çıkmıştır (Zahang ve Srinivasan 2020).

Florentina Villanueva ve arkadaşları Covid-19 sonrası İspanyanın Orta-Güneyinde yerleşen 7 farklı okulda 19 farklı sınıfta iç hava kalitesiyle ilgili araştırma yapmışlar. Sınıflarda karbon dioksit ve toz partikül değerleri ölçümü yapılmış ve değerlerin çok yüksek olduğu görülmüştür. Yapılan araştırmalar sonucunda sınıfların %26'sında CO₂ konsantrasyonları 700ppm olduğu tesbit edilmiştir. Değerlendirmeler zamanın iç mekan hava kalitesini iyi tutmak amacıyla sınıf pencerelerinin açık tutulması gibi önerilerde bulunmuşlar. Yaptıkları araştırma sonucunda yeterli havalandırma ve hava filtreleme seviyelerini sağlamaya yönelik stratejilerin gözden geçmesini bildirmişler (Florentina vd. 2021).

Giulia Torriani ve arkadaşları yaptıkları olduğu “Okullarda algılanan kontrolün termal konfor ve iç mekan hava kalitesi algısı üzerindeki etkisinin araştırılması” adlı çalışmasında, 26 İtalya sınıfında termal konfor ve iç hava kalitesi üzerine deneyler yapmışlar. Kış aylarında öğrencilerin çalışma sıcaklığı 21.7 °C ve 22.3 °C olduğu tesbit edilmiştir. Tercih edilen sıcaklıklar ise 22.7 °C ve 23.4 °C olduğu vurgulanmıştır. İç mekan konforunun iç mekan sıcaklığına bağlı olduğu belirtilmiştir. Kış aylarında bu değerlerdeki iyileşme azalmaktadır (Giulia vd. 2023).

Wonho Yang ve arkadaşlarının yaptığı araştırma Kore'deki okulların iç hava kalitesi konusu üzerinedir. Bu çalışmada 55 farklı okulun bir derslik, bir laboratuvar ve bir bilgisayar sınıfı bulunmaktadır. Deneyim aparılan okullar içerisinde 1960'lı ve 1970'li yıllardan kalan binalarda bulunmaktadır. Bu deneyde yaz aylarında karbon monoksit (CO), karbondioksit (CO₂), partikül madde (PM_{10,0}), toplam mikrobiyal sayım (TBC), toplam uçucu organik bileşikler (TVOC'ler) ve formaldehit (HCHO) iç ve dış hava örnekleri alınmıştır. Okulların seçilmeleri inşaat yıllarına göre yapılmış. Okullarda iç mekan hava kirliliğine neden olan sorunlar, yapı malzemeleri veya mobilyalardan yayılan kimyasallar ve yetersiz havalandırma oranlarıydı. Yapılan deneyler sonrası okullardaki CO₂ konsantrasyonları 1347ppm ve 1270 ppm çıkmı olduğu tespit edilmiştir. Buda sınıflarda çok düşük hava değişim hızının olduğunu göstermektedir. Bu nedenle okullarda mekanik havalandırma sistemleri ve düşük emisyonlu mobilyaların kullanmasını önermişlerdir (Wonho vd. 2007).

Máté Szabados ve arkadaşları yaptıkları çalışmada Orta Avrupa'da beş farklı ülkede ve altmış dört ilkokul binasında iç hava kalitesini araştırmışlardır. Okullarda PM_{2.5} kütlesini, karbon dioksitin ve radon konsantrasyonu ölçmüşler, Yapılan araştırmalarda ülkelerde iç hava kalitesi değerleri farklılıklar olduğu belirlenmiştir. İç hava kalitesinin sağlık ve konfor algısı açısından geniş bir analiz yapılmıştır. Yapılan araştırma sonucunda binaların %31'de yüksek değerler ortaya çıkmıştır. Kanseri riski değerleri, radon ve formaldehit durumunda kabul edilen 1×10^{-6} değerini aşmıştır. PM_{2.5} kütle konsantrasyon değerleri %56 ve %85'inde Dünya Sağlık Örgütü tarafından belirlenen 24 saatlik ve yıllık kılavuz değerlerinden yüksek rakamlar ortaya çıkmıştır. Karbondioksit konsantrasyon değerleri %80'de önerilen 1000ppm değerinin üzerin de bir değer alınmıştır (Szabados vd. 2021).

A. Synnefa ve arkadaşlarının yapmış olduğu Atina'daki “On beş Okul Binasında İç Mekan Hava Kalitesinin Deneyisel Olarak İncelenmesi” çalışmasında 15 farklı okulda deneyler yapmışlardır. Okullarda CO, CO₂, TVOC, HCHO ve radon gibi çeşitli iç mekan kirlleticilerin konsantrasyon değerleri ölçülmüştür. Araştırmada sınıflardaki hava hızı, bağıl nem ve sıcaklık gibi çevresel parametrelerde ölçülmüş, izleyici gaz tekniği

kullanılarak hava değişikliklerinin tahmin edilmesi yoluyla incelenmiştir. Ölçülen CO, HCHO, TVOC ve radon değerleri sınırı aşmamış ama CO konsantrasyon değerleri önerilen limitin üstünde bir değer almıştır (Synnefa vd. 2016).

Yuefei Hou ve diğerleri yaptıkları araştırmada Çin'deki iki ilkokul sınıflarını iç mekan kalite değerleri analiz edilmiştir. CO₂, PM_{2.5} ve havalandırma oranları değerlerine bakılmıştır. Doğal olarak havalandırma bu sınıflarda havalandırma oranı 1 l/s/p'den az olmuş ve ders sırasında CO₂ konsantrasyon değeri bir sınıf içinde 2500 ppm'nin üzerinde sonuçlanmıştır. Pencerelelerin ve kapının kapatılması dış mekan PM_{2.5} değerinin içeriye girmesi kısmen önlenmiştir ve iç mekan PM_{2.5} konsantrasyon değeri dış mekanın %60-70'i kadar bir değer almıştır. Sınıflarda iç mekan kalitesinin iyileştirilmesi için mekanik havalandırma cihazların ihtiyaç duyulduğu kanaatine gelmişler (Yuefei vd. 2015).

V.S. Chithra ve SM Shiva Nagendra yaptıkları çalışmada Hindistan'ın Chennai şehrinde kentsel bir yola yakın konumda bulunan, doğal olarak havalandırılan bir okul binasının da iç mekan hava kalitesi değerlerini araştırmışlar. Araştırmanı 2011 yılının 34 kış günü ve 26 yaz günün de yapmışlar. PM₁₀, PM_{2.5}, PM₁ ve CO konsantrasyon değerleri sırasıyla 149 ± 69, 61 ± 29, 43 ± 24, 0,10 ± 0,18 ve 95 ± 61, 32 ± 16, 18 ± 9 µg/m³ , 0,11 ± 0,14 ppm olarak bulunmuştur. PM₁₀, PM_{2.5}, Değerleri Ulusal Ortam Hava Kalitesi Standartlarını (NAAQS) aşmıştır. Sınıf doluluğunun, konfor parametrelerinin, dış mekan trafiğinin ve meteorolojik parametrelerin iç mekan kirletici konsantrasyonları üzerindeki etkisi de araştırılmış. Sonuçlar PM ile konfor ve dış mekan meteorolojik parametreleri arasında bir bağlantı olduğunu analiz edilmiştir (Chithra ve Nagendra 2012).

Zhen Peng ve arkadaşları Kuzey Çin'deki ilköğretim oklundaki sınıflarda. PM₁₀, PM_{2.5}, CO₂ ve sıcaklık değerlerini analiz etmişler. Bu değerlerin yanı sıra iç mekan hava kalitesinin insan değerlerine etkisine de vurgu yapmışlar. Sonuçta iç hava kalitesinin insanlar üzerinde bir etkiye sahip olduğu kararına varmışlardır. Kış aylarında karbon dioksitin değerleri 1000ppm üzerine çıkmış buna neden olarak soğuk zamanlarda sınıfların kapılar ve pencerelerin kapalı olmasını göstermişler. Aynı zamanda PM₁₀, PM_{2.5}, CO₂ değerleride önerilen standartların üzerine çıkmıştır. İç hava temizliği için sınıflarda mekanik havalandırma sistemi kullanılması kanaatine gelmişler. Ölçümler Çin'in kuzeyindeki Tai'an şehrinde bulunan ilkokullarda aparılmıştır. Özetle, bu ampirik araştırma, doğal olarak havalandırılan okul binalarında hava sızdırmazlığının arttırılmasının, dış hava kirleticilerinin nüfuzunu azaltmanın bir yolu olabileceğini göstermiştir. Hava temizleme fonksiyonuna sahip mekanik havalandırma da bazı ciddi derecede kirli günlerde bir seğenek olabileceği kararına gelmişler (Zhen vd. 2017).

Lazović Ivan M ve diğerleri, Sırbistan'daki 4 farklı okluda iç mekan hava kalitesi üzerine bir çalışma yapmışlar. Bu dört farklı okul ayrı ayrı bir mimariye sahip ve dört farklı bölgede yerleşmiştir. Bu ölçümler kış ve ilkbahar boyunca devam ettirilmişti. Tam doluluk sırasında sınıflarda ortalama karbondioksit konsantrasyonunun değeri 1500ppm üzerinde olmuştur. Bu çalışmada aynı zamanda iç hava sıcaklığı, bağıl nem ve karbondioksit konsantrasyonu arsında ilişkiye de değinilmiştir. Araştırmada vurgulanan bir değer hususta ders aralarındaki molanın kısa olması ve bu kısa zamanda CO₂ konsantrasyon değerlerinin açık hava değerlerine kadar inmemesine yetmemesidir. Doğal olarak havalandırılan bu sınıflara yeteri kadar kaliteli hava sağlanılmadığıda belirtilmiştir (Lazović vd. 2016).

Sepide Sedat Korsavi ve arkadaşları Birleşik Krallıkta bulunan doğal havalandırma yoluyla havalandırılan 29 ilköğretim okulunda araştırma yapmışlar. Çalışma, bina sakinlerinin adaptif davranışları, doluluk kalıpları, bina sakinlerinin CO₂ üretim oranı ve doluluk yoğunluğu dâhil olmak üzere iç hava kalitesini etkileyen bina sakinleriyle ilgili faktörleri araştırılmış. Bu yanı sıra okullardaki pencere tasarımının iç hava kalitesine etkilerine değinilmiştir. Isıtma olmayan dönemlerde CO₂ değerlerinin %29.1'de bu değerlerin 800ppm altında, %20.1'de 800ppm üzerinde, %27.5'de 1000ppm'den büyük ve %23.2'de ise 1400ppm düşük değer aldığı görülmüştür. Çalışma sonucunda CO₂ değerlerinin 1000ppm altında tutmak için minimum doluluk yoğunluğunun 2,3 minimum doluluk yoğunluğunun 2,3 m/p ve 7,6 m/p olduğunu önermişlerdir (Sepide vd. 2020).

Chaorui Cai ve arkadaşları Pekindeki okulların iç hava kalitesini araştırmışlar. PM_{2.5} konsantrasyonları, CO₂ konsantrasyonları, Hava döviz kurları(AER) ve İç hava sıcaklığı ve nemi ölçmüşler. Sonuç olarak bu değerler çok yüksek çıkmış. İncelenen okulun üç de birinde NAI saflaştırma modülü kullanmışlar. Bu anyon saflaştırma teknolojisinin ciddi PM kirliliği olan bölgelerdeki sağlık üzerindeki etkilerinin daha fazla araştırılması gerekmektedir (Chaorui vd. 2021),

Mcleod (2008) yaptığı araştırmasında okul binalarında havadan kaynaklı mantar spor yoğunluklarını, mevsimi iç hava kalitesini ve HVAC sistemlerini değerlendirmiştir. Yüksek lisans çalışmasında iç hava kalitesini araştırmıştır. 2002'den başlayarak, 2007'de son bulan bu çalışmada her üç ayda bir değer toplamıştır. Topladığı değerleri statik analiz yaparak değerleri kıyaslamıştır. Alınan değerlerin toplam hava kaynaklı mantar spor yoğunluğuna etki etişinin kanaatine gelmiştir. Alınan değerleri aynı zamanda mevsimsel olarak kıyaslamış ve sıcaklık dışında önemli değişiklikler göstermediğini belirlemiştir. İstatiksel açıdan hava kaynaklı toplam mantar spor yoğunluğunda da mevsimler arasında değer farkları tespit edilmiştir.

Bastani (2008) yaptığı çalışmasında ticari hava temizleyicilerinin deneysel çalışmasını yürütmüştür. Bu çalışmada gaz filtrelerinin yok etme performansını değerlendirmek için bir yöntem kullanmıştır. Kullandığı yöntemde birçok deneyler yapmıştır. Bu deneyler sayesinde kullanılmış olan yöntemin önemli ölçüde etkilemiştir. Kömür ve Hindistan cevizi kabuğundan olan parçacıklı filtreler karbonu etkinleştirildiği analiz edilmiştir.

Granül aktiviteli karbon (GAC), emdirik GAC ve parçalanmış alüminayı deneylerde kullanmıştır. Bu filtreler Tolüeni yok etmede etkili sonuçlar göstermiştir. Sonuç olarak Hindistan cevizi kabuğundan olan GAC'nın kömürde olandan daha etkili olduğu ortaya çıkmıştır.

2.2. Türkiye'de İç Hava Kalitesi Üzerine Yapılmış Olan Çalışmalar

Köksal yaptığı çalışmasında, Hasta bina sendromu (HBS) nedir ve sebepleri nelerdir sıralamış ve çözüm önermiştir. Yapış olduğu makalede Almanya'da yapılmış olan makaleye de atıfta bulunmuştur. Hava dağıtım sistemlerinde ve klima sistemlerinde alınacak önlemlere açıklık getirmiştir (Bulgurcu vd. 2010).

Bulgurcu ve İlten yapmış oldukları çalışmada, Evlerin iç mekan hava kalitesini araştırmış ve kirleticilerin neden kaynaklandığını vurgulamışlar. Kullanılan yerel ısıtma cihazları ve iç mekan kalitesi arasında ilişkiye de değinilmiştir (İlten ve Bulgurcu 2006).

Bulgurcu ve arkadaşlarının yayınladığı okullarda iç hava kalitesi ve çözümleri adlı bildirilerinde, Antalya ve Balıkesir ilinde bulunan birkaç okulda; bağıl nem, sıcaklık ve karbon dioksit ölçümleri yapmışlar. Ölçümler kış döneminde dersliklerde gerçekleştirilmiştir. Toplanan veriler aylara göre grafik halinde şemalandırılmıştır. Yaptıkları çalışmaya göre iç hava kirliliğinin dış hava sıcaklığı ile direk ilgili olduğu kanaatine gelmişler. Dış sıcaklığın yüksek olduğu günlerde iç mekan kirliliği yüksek değerler aldığı tespit edilmiştir (Bulgurcu vd. 2005).

Çobanoğlu ve Kiper yaptıkları araştırmada hava kirliliğinin yüzyılımızın en büyük sorunu olduğunu belirtmişler. Bu kirliliğin akciğerlerin gelişimine, doğum sonrasında ve devam eden çocukluk döneminde büyüklerle kıyaslamada daha çok etki ettiğini belirtmişler. Çocukların zamanlarının büyük bir kısmını kapalı alanlarda geçirdikleri için dış ve iç hava kirliliğinin onların sağlığındaki etkilere vurgu yapmışlar. İç mekan kirliliğinin çocuklarda astım eksazerbasyon, akciğer gelişimi ve kanser gibi immünolojik, nörolojik hastalıklara neden olduğunu belirtmişler (Çobanoğlu ve Kiper 2006).

Güllü ve Menteşe yayınladığı bildirilerinde, Ankara'da evlerin, salonların, kreşlerin, okulların ve bunun gibi birçok kapalı alanın biyoaersol örneklerini alarak deney yapmışlar. Deneylerin sonucunda iç açan değerler ortaya çıkmamış ve böyle kapalı alanlarda sağlık sorunlarının ortaya çıkabileceğini tespit etmişler (Güllü ve Menteşe 2007).

Çelebi hazırladığı bildiri çalışmasın da, iç mekân kalitesinin radonla ilişkisini açıklamıştır. Radon değerlerin kapalı alanlarda insan sağlığında oluşturacak problemlere değinmiş ve bu riskleri ortadan kaldırmak için yapılması gerekenleri detaylı bir şekilde bildirisinde belirtmiştir (Çelebi 2007).

Bulut araştırmasında, Şanlı Urfa ilinde yerleşen bir konutta iç mekân hava kalitesi ölçümü yapmıştır. Bu konutta merkezi kalorifer sistemi ile ısıtma ve doğal havalandırma yapılmıştır. İç mekan hava kalitesini belirlemek için, bağıl nem, karbondioksit, sıcaklık ve partikül madde ölçümü yapılmıştır. Toplanan veriler diğer ülkelerin yayınladığı iç hava kalitesi standartlarıyla karşılaştırılmıştır. Bunun yanı sıra konutta ısıl konforun iç ortam durumu değerlendirilmiştir (Bulut 2007).

Kapkın ve Uzal yapmış olduğu araştırmasında, otobüsün kabin içindeki iç hava kalitesini ölçmüş ve etki eden parametreleri araştırmışlar. Araştırmada bilgisayar destekli model ile parçacık yönetimi kullanarak kabinin iç mekân hava kalitesini değerlendirmişler (Kapkın ve Uzal 2007).

Onat ve Stakeeva çalışmalarında İstanbullun farklı bölgelerinde trafiğin yoğun olduğu saatlerde farklı araçlarda maruz kalınan 2,5 mikron partikül madde konsantrasyonunu değerlendirmişler. Ayrıca çalışmada 0,3-10ppm partikül sayımı da yapılmıştır (Onat ve Stakeeva 2009).

Arı Türkiye de Şanlıurfa şehir merkezinden 20 km uzaklıktaki Haran Üniversitesinin Osmanbey Kampüsüne yolculuk yapan kişinin yolculuk boyu karşılaşılabileceği partikül madde (PM) değerini analiz etmiştir. Bu çalışmada otobüs yolculuğu zamanı karşılaşılabilecek PM değerleri ölçülmüştür. $6.07 \pm 9.97 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (PM1); $130.76 \pm 175.54 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (PM2.5); $366.48 \pm 509.73 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (PM7); $494.31 \pm 643.07 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (PM10); $667.40 \pm 833.42 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (TSP) olarak analiz edilmiştir (Arı 2010).

Ersin yaptığı araştırmasında öğrencilerin sağlıklarını ve öğrenme performansını etkileyen sebepleri araştırmış ve bu konforlu alanı sağlamak için gerekli olan yalıtımın önemine ve vurgulanması gereken diğer koşulları da detaylı bir şekilde incelemiştir (Ersin 2007).

Kocahakimoğlu ve diğerleri, İzmir’de üç ilköğretim okulunda iç hava ozon derişimler değerlerini analiz etmişler. Ölçümler üç farklı dönemlerde kış, bahar ve güz döneminde yapılmıştır. Ölçümler her okulda seçilen koridorlarda sürekli izleme cihazıyla haftalık olarak her saat ortalama değer olarak yapılmıştır. Sonuçlara göre ölçümler gün içerisinde değişiklik göstermiş ve aynı zamanda hafta sonuyla kıyaslandığında hafta içi daha yüksek değerler alınmıştır (Kocahakimoğlu vd. 2009).

Ötken ve Asan yapmış oldukları çalışmada hastanelerin iç mekan kalitesinin mikrobiyal açıdan da incelenmesinin gerekli olduğunu bildirmişler. Buna neden olarak mikrofungal kronik bronşit astım, fungal alerji gibi benzeri hastalıkları yol açtığını belirtmişler (Ötken ve Asan 2009).

Sofuoğlu ve diğerleri, İzmir ilinde bulunan Yüksek Teknoloji Enstitüsü ve Dokuz Eylül Üniversitesi binalarında ve aynı zamanda o ilde yerleşe apartman binasında atmosferik partikül için kullanılan termal desorpsiyon yöntemi ile iç ortamlarda bulunan yatay yüzeylere çökelmiş partiküllerdeki uçucu organik bileşenleri denetlemişler. Denetlemede 15 numune alınmış ve uçucu organik bileşenlerin analizi yapılmıştır (Sofuoğlu vd. 2009).

Bulut ve arkadaşları, araştırmalarında Şanlı Urfa ilinde toz bulutlarının yaranma sebeplerini, toz bulutlarının iç ve dış mekân kalitesinin etkisi üzerine çalışma yapmışlar. Deneyleri toz bulutlarının olduğu gün ve toz bulutlarının olmadığı günlerde toz partikül madde değerlerinin ölçmüş ve analiz etmişler. Alınan sonuçlar onu göstermiş ki toz bulutlarının iç ve dış mekan hava kalitesine büyük oranda eksi tesir ettiği belirtilmiştir. Bu çalışmada toz bulutlarına karşı alınacak birkaç önemi vurgulamışlar (Bulut vd. 2008).

Onat ve diğerleri, İstanbul ilinde bulunan Taksim-4. Levent metro hattı ile Aksaray metro hattında toplam 6 kapalı metro durağında tren içi ve istasyon peronlarında PM_{10,0} ve PM_{2,5} değerleri analiz edilmiştir. Bu analizde MIE Data RAM 2000 cihazı kullanılmış ve cihazın çalışma iş prensibi ışık kırınımı prensibi ile çalıştığı belirtilmiştir (Onat vd. 2009).

Aslan ve diğerleri, İzmir ilinde bulunan 3 ilköğretim okullunda iç hava uçucu organik bileşenlerinin deneyimini yapmışlar. Deney sonucuna göre sınıflarla ve anasınıflar arasında karakter itibarıyla farklılık gösterildiği belirtilmiştir. Buna neden olarak döşeme ve dekorasyonda kullanılan malzemeler, nüfus yoğunluğu, mutfakla fiziki bağlantı gibi birkaç farklılıkları göstermekte olduğunu öne çıkarmışlar. Bu iki

alanın iç hava kalitesinin de farklı olacağı belirtilmiştir. Çalışmada iç mekan kirleticisi olan USB'lerinde analizi yapılmıştır (Aslan vd. 2009).

Sait C. Sofuoğlu yapmış olduğu “İç Hava Kirleticileri ve İnsan Sağlığına Etkisi” makalesinde iç mekan kirleticilerin türlerini ve insan sağlığına etkilerin belirtmiştir. Bu çalışmada okullarda iç hava kalitesinin düşmesine neden olan uçucu organik bileşenler, karbon dioksit, toz partikül madde, aldehytler gibi iç mekan kirleticiler araştırılmış ve onların öğrencilere sağlık ve öğrenme hızına nasıl etki ettiği belirtilmiştir. Aynı zamanda farklı ülkelerin çalışmalarına ve iç hava kalitesi standartlarına yer verilmiştir. Sonuç olarak makalede öğrencilerin sağlıklı ortamlarda eğitim hayatına devam etmeleri için önerilerde bulunmuştur (Sofuoğlu 2009).

Bulut yaptığı çalışmada Şanlı Urfa'da il merkezi konumunda olan merkezi kalorifer ısıtma sistemiyle ısıtılan ve doğal havalandırma yoluyla havalandırılan ofislerde iç mekan kalitesini analiz etmiştir. Analiz zamanı CO₂ miktarı, toz partikül değerleri (PM₁, PM_{2.5}, PM₇, PM₁₀ ve Toplam PM), dış ve iç sıcaklığı, bağıl nem değerleri ölçülmüştür. Bu analiz sonunda iç mekan kalitesi, iç kirleticiler ve dış ortam havası belirlenmiştir. Alınan değerler istatistiksel analiz edilmiş ve çeşitli standartlarla karşılaştırılmıştır (Bulut 2008).

Evcı ve arkadaşları, Ankara il merkezinde bulunan 46 kahvehanede formaldehit değerlerini ölçmüş ve ölçümü Formaldemetre 400 ölçüm cihazıyla gerçekleştirmişler. Bu kahvehanelerde yapay havalandırma bulunmakta olup formaldehitin düzey ortalama değeri 0,20 ppm'dir. Kahvehanelerde havalandırma yöntemi olarak aspiratör kullanılmış ve değerlerin %81'inde formaldehit düzeyi 0,10 ppm'in üzerinde bulunmuştur (Evcı vd. 2005).

Çakmanus ve Künar hazırladıkları “Ayasofya Topkapı ve Türk İslam Eserleri Müzeleri” adlı bildiride aslında tüm Türkiye'deki müzelerin iç kalitesini değerlendirmişler. Müzede bulunan tarihi eserlerde dolayı iç hava kalitesi belirli bir standartta olması gereklidir. Bunu için sıcaklık kış aylarında 20-22 °C, yaz aylarında 24-26 °C aralığında, bağıl nem ise %45-60 aralığında tutulması gerektiğini belirtmişler. Çalışmada yapılan incelemeler sonucu bulunan değerlerin standartlara uygun olmadığını göstermiştir. Müzelerde istenilen iç hava kalitesini sağlamak için HVAC tasarımlarının kullanılması için gereken hususlar analiz edilmiştir.

Müzelerde istenilen iç hava kalitesini sağlamak için kurulacak olan HVAC sistemi kurumun karşılaya bileceği bir maliyette olduğu belirtilmiştir. Kurulacak olan sistemin müze içerisinde iç hava kalitesini belirlenen standartta tuta bileceği belirtilmiştir. Müzelerde kurulacak olan HVAC sistemleri aşağıdaki kategorilere ayrılmıştır:

- a) Çevreye duyarlılık objeleri ve galerileri ihtiva eden
- b) Arşivleri ve kütüphaneleri bulunduran alanlar
- c) Kağıt temelli koleksiyonların kullanıldığı ve depolandığı alan
- d) Filim ve diğer medya unsurlarının bulunduğu alan

Bildiri sonucunda müzelerde HVAC sistemlerinin kullanılmasını gerekli olduğu belirtilmiştir (Çakmanus ve Künar 2011).

Darçın ve Balanlı yayınlamış oldukları, Yapılarda doğal havalandırmanın sağlanmasına yönelik ilkeler, adlı bildiride yapılarıdaki kirli havanın giderilmesi ve refah yaşamak için oda içerisinde gerekli olan oksijenin sağlanması iç en maliyetsiz çözümünün doğal havalandırma olduğunu belirtmişler. Bu havalandırma için en önemli unsur kullanılabilir hava içeriye alınmalı kirli hava dışarıya atılmalıdır. Oda içerisinde hava devinimi yapak için ısınan havanın yükselerek soğuk hava ile yer değişmesi gereklidir. Bunu için yapının konumu, biçimlendirilmesi, bacaların ve ya kulelerin, duvar ara boşluklarının hava devinimine engellemeyecek şekilde tasarlanması gereklidir. Doğal havalandırma hiçbir maliyet artırmayan, enerji tüketimine gerek duymayan ve çevreyi kirletmeyen ve iç mekan kalitesini iyileştirmesini sağlayabilen havalandırma şekli olduğu kanaatine gelmişler. Çalışmada sonuç olarak doğal havalandırmanın alan içerisindeki kirli havanın dışarıya atılmasına ve insan yaşamı için gerekli oksijeni sağlayan öncelikli yöntem olduğu bildirilmiştir. Bunun için gerekli olan doğal havalandırma zamanı hava devinimini aksatmayacak şekilde tasarımcılar tarafından düzgün tasarlanmasıdır. Bu özellikler uygun yapıldığında hava kalitesi iyi ve konut içerisinde hava kirliliği oluşmayan, insan sağlığına zarar vermeyen, enerji tüketimine gerek olmayan, çevreyi kirletmeyen ve maliyeti artırmayan bir havalandırma sistemi sağlanmış olacağı sonucuna varmışlar (Darçın ve Balanlı 2011).

Bulut, yayınlamış olduğu havalandırma ve iç hava kalitesi açısından CO₂ miktarının analizi adlı bildirisinde, iç hava kalitesinin insan sağlığı ve verimliliği için çok önemli bir unsur olduğunun, CO₂ değerlerinin iç hava kalitesi için etkili bir değer olduğunu vurgulamıştır. Havalandırma ve iklimlendirme sistemleri kullanarak, lazım olan temiz havayı odaya sevk ederek ve enerji tasarrufu yapılarak kapalı alanlarda iç hava kalitesinin iyileştirmenin gerekli olduğunu vurguladığı bu çalışmada, CO₂ değerlerini analiz etmiştir. CO₂ değerlerinin yanı sıra alandaki kişi sayısını, bağıl nemi ve sıcaklık gibi unsurların değerlerini analiz etmiştir. Çalışma Haran Üniversitesinin mühendislik fakültesinin ofis ve sınıf odalarında yapılmıştır. Analiz yapılan odalarda doğal havalandırma ortamlarında ortaya çıkan hava sızıntısı da hesaplanmış, iç mekan kalitesini iyileştirmeye yeterli olup olmadığı tespit edilmiştir. CO₂ değerlerine göre ihtiyaç duyulan havalandırmada belirtilmiştir. Sınıf ve ofislerde karbon dioksit miktarının diğer iç mekan parametreleriyle ilişkisi analiz edilmiştir. Karbon dioksitin bağıl nem, partikül madde miktarı ve kişi sayı arasında bir ilişki bulunmuş ve aynı zaman CO₂ değerlerinin iç hava kalitesinin belirlenmesi için yeterli olduğu belirlenmiştir. Bu çalışmada doğal havalandırmanın yeterli olmadığı, sınıflarda kullanılan PVC pencerelerinin hava sızıntısını engellediğini ama oda içinde temiz hava sağlanma açısından iyi olmadığı tespit edilmiştir. Sınıflarda havalandırmanı CO₂ değerlerine göre yapılmasını uygun olacağı ve aynı zamanda kullanılan klasik havalandırma sistemlerinin kullanılması enerji israfına yol açacağı belirtilmiştir. Sonuç olarak sınıflarda havalandırma sistemleri CO₂ değerlerine uygun yapılması önerilmiş ve bu değerlere uygun yapılan havalandırma sistemleri enerji verimliliği açısından da iyi sonuçlar ortaya çıkacağı belirtilmiştir. Bunların yanı sıra havalandırma sistemlerinde filtrasyonun iyi yapılması da vurgulanmıştır (Bulut 2011).

Dolaş ve diğerleri, yaptıkları bu çalışmada PVC malzemelerinin antimikrobiyal üzerinde etkisini araştırmışlar. İç ortam hava kalitesi son yıllarda buna bağlı olarak çıkan sağlık sorunları nedeniyle daha bir değer kazanmıştır. Yapılan araştırmaların bir çoğunda iç mekan kalitesine etki eden biyoaerosoller olduğu belirtilmiştir. Bu organik tozlar enerji

maliyetinin yanı sıra insan sağlığına da olumsuz etki ediyor. Bu sepetten dolayı ortamda bulunan mikroorganizma konsantrasyonlarının azaltılmasına yönelik yapılan çalışmalar değer kazanmıştır. Bu çalışmada konu olarak seçilen gümüş iyonları mikro canlılar üzerinde büyük etkiye sahiptirler. İçerisinde gümüş iyonları bulunan PVC malzemeleri ortamda bulunan bakteri ve mantar türlerinin azaltılmasına göz görülür bir derecede etki ediyor. Bu sonuçların deneysel olarak da ortaya çıkartmak için de oda tipli bir model uygulanmıştır. Yapılan oda deneyleri sonucuna göre, 1m³ kapalı cam bir alanda belirli bir yüzey alana sahip içerisinde gümüş iyonu bulunduran PVC malzemesinin mikroorganizma konsantrasyonunu azaltmasına neden olmuş ve türüne göre de farklı değerler almıştır. Deney sırasında en az %12.17 en çok %31.54 etki etdiği görülmüştür. Analizde kullanılan B. Subtilis, E.Coli, S. Aureus, Aspergillus Niger 3 bakteri ve mantar değerleri için en düşük azalma etkisi analiz edilmiştir. 20 dakikada B. Subtilis üzerinde %15.45 giderme sağlamıştır. En yüksek değer E.Coli de % 50.58 giderme sağlamış ve bu değer 15 dakikalık sürede ortaya çıkmıştır. S. Aureus analizlerinde ilk 5 dakikada %36.47 azalmaya neden olduğu sonucu ortaya çıkmıştır (Dalaş vd. 2011).

Öztürk ve Düzovalı, tarafından yayınlanan bildiride, okullarda hava kirliliği ve sağlığa etkileri üzere araştırma yapmışlar. Okullarda iç hava kalitesine kötü etki eden tipik kirleticilerin, karbon dioksit, partikül madde, nem, karbon monoksit, sıcaklık, alerjenler ve uçucu organik bileşikler olduğu belirtilmiştir. Bunun üzerine Samsunda 5 farklı ilköğretim okulunda tabakalı örnekleme ile analiz edilmiş farklı bölgelerde iç mekan kalitesini analiz etmişler. Analiz zamanı sınıflardaki karbon dioksit, sıcaklık, nem, karbon monoksit, partikül madde (PM₁₀) değerleri alınmış ve ölçüm aparılan okullarda iç hava kalitesinin düşük olmasına neden olan unsurun sınıflarda gerekli havalandırmanın yapılmadığını belirtmişler. Bu ölçümler 2006 yılının Aralık ayından 2007 yılının Mayıs ayına kadar devam etmiştir. Alınan değerler Türk Standart Enstitüsü ve Amerika Isıtma Soğutma ve Klima Mühendisleri Birliği (ASHRAE) standartlarıyla karşılaştırılmıştır. Yapılan ölçümler sonrasında sınıflardaki CO₂ değerlerinin 800 ppm değerinin çok üzerinde bir değer almasını analiz etmişler. CO konsantrasyonları değerleri verilen ortalama standart değeri olan 25 ppm altıda olduğu tesbit edilmiştir. Toz partikül değeri PM₁₀ 100 mg/m³ değerini almış ve bu değer karşılaştırılan standartların ortalama değerinin altında olduğu tesbit edilmiştir. Ölçülen sıcaklık değeri TS 12281 standartında verilen değer aralığıyla üst üste düştüğü görülmüştür (18-24 °C). Bunların yanı sıra bildiride çocukların eğitim hayatlarında ilköğretimden üniversiteyi bitirene kadar birey başına 20.000 saat hava teneffüs etdiği hesaplanmış ve buda insan hayatının en az % 23'ne tekamül ediyor. Sınıflarda iç hava kalitesine etki eden diğer nedenlerde bildiride yayınlamıştır. Bunlara; sınıfların kalabalık oranı, sınıfların yeterince havalandırılmaması, ikili öğretim nedeniyle teneffüslerin kısa tutulması, tavanların yüksek olmaması, teneffüs zamanı sınıflarda havalandırmanın yapılmaması, mekanik havalandırmanın bulunmaması ve pencerelerin sızdırmaz oluşu gibi nedenlerde gösterilmiştir. Sınıflarda yeteri kadar iç mekan hava kalitesi sağlanmadığı zaman çocukların sağlığına ve ders öğrenim hızına etki etdiği belirtilmiştir. Bu gibi sorunlara karşı çözüm olarak okulların şehir merkezinden uzak tutulması , tavanları yeteri kadar yüksek tutmak, kolidorlara kanatlı havalandırma sistemleri eklemek, kişi başına düşecek alanı en az 1.2 m² olacak şekilde tasarlamak, sınıf doluluk oranlarını düşük tutmak ve ikili öğretimden tekil öğretime geçerek teneffüs zamanını uzatmak, sınıflarda kişi başına düşün taze havayı 8 litre olarak tasarlamak gerektiğini belirtmişler (Öztürk ve Düzovalı 2011).

Güney ve diğerleri tarafında yapılan bildiride ev, alışveriş merkezi, okul ve ofislerde organik bileşenlerin iç hava kalitesine etkisi ve insan sağlığında oluşturduğu sorunlar analiz edilmiştir. Uçucu Organik bileşikler (UOB) kapalı alanlarda iç mekan kalitesi açısından yüksek önem taşımaktadır. Bu bileşiklerin kapalı alanlarda yayılmasına neden olan kaynaklar tespit edilmiş, bunların insan sağlığında oluşturduğu kanser ve solunum yolu hastalığına neden olduğu belirtilmiştir. Kapalı alanlarda UOB'lerin yayılmasına neden olan, boya, cila, bazı yalıtım malzemeleri, yapay ahşap levhalar, mobilyalar ve temizlik için kullanılan ürünlerin sebep olduğu tesbit edilmiştir. Bu çalışmada farklı iç mekandan alınan hava örneklerinde benzen, ksilenler, Toulén, klorofom değerleri analiz edilmiştir. Alınan örnekler iç ve dış olarak karşılaştırılmıştır. Deneyler 2010 Haziran ve Aralık ayı arasında yapılmış aktif örnekleme yöntemi yapılarak SKC sampling cihazı kullanılmış ve deneyler tenax tüplerine toplanmıştır. Toplanan değerler Termal Desorbe- Gas Kromatografisi/ Kütle Spektrometres (TD-GC/MS) cihazı kullanılarak kantitatif değerlere ulaşılmıştır. Bildiride UOB'lerin derişim oranlarında analiz edilmiştir. Bu oranlar evlerde 0.78 ile 1.88, okullarda 1.26 ile 1.78, ofislerde 1.09 ile 3.52, AVM'lerde 0.49-1.51 aralığında değerler almıştır. Benzen 1.1-15.8, klorofom 6.5-371.6, Toluen 6.7-136.9 mg/m³ değerlerini analiz etmişler (Güney vd. 2011).

Keskin ve Ekmekcioğlunun, yayılamış olduğu bildiride PM kütle konsantrasyon değerlerinin trafik yükünden etkisi analiz edilmiştir. Çalışmalar Türkiyede bulaunan İstanbul'un Anadolu yakasında konumlanan beş ilköğretim okulunda PM konsantrasyonu değerleri analiz edilmiştir. Bu çalışmada ilköğretim okullarının nedeni iç hava kalitesindeki sorunları çocuklarda yarattığı büyük etkiler olmuştur. Bu okullardan dördü trafiğin yoğun olduğu alanlardan seçilmiştir. Bu dört okulda PM_{2.5} ve PM₁₀ kütle konsantrasyon değerleri Dünya Sağlık Örgütü'nün belirlediği değerlerden çok yüksek değerler aldığı analiz edilmiştir. Aynı zamanda PM'lerde zengileşme faktörü hesaplamaları yapılmış, arsenik, çinko ve brom değerleri toprakta bulunan değerlerden yüksek sonuç almıştır ve buna neden olarak insan faaliyetinden kaynağladığı belirtilmiştir. Trafik yoğunluğunun olduğu konumlarda bulunan bu dört okulda PM değerleri içinde bulunan yüksek zengileşme oranlarına sahip Sb, Br ve Zn elementlere neden olarak bu dört okul civarında trafikte sık sık dur klak tipi sürüşlerin çok olması ve çok sayıda dizel minibüs ve otobüsün aynı konumdan geçmesi gösterilmiştir. Trafiği yakın alanlarda bulunan okullarda PM₁₀ ve PM_{2.5} konsantrasyon değerleri Dünya Sağlık Örgütü'nün belirlediği değerlerin üzerinde bir rakam almıştır. Çocukların sağlığı için olumsuz etki yaratan As ve Sb gibi elementlerinde yüksek değer alması göze çarpmaktadır. Okullarda bu sorunu gidermek için çalışmada okullarda açık sirkülasyona sahip havalandırma sistemleri yerine filtreleme sistemlerine sahip mekanik havalandırma sisteminin kullanılması bu durumu önemli oranda iyileştirebileceği belirtilmiştir. Uzun vadeli çalışmada ise okulların trafikin yoğun olmadığı bölgelere taşınmasının gerekli olduğu belirtilmiştir (Keskin ve Ekmekcioğlunun 2011).

Tatlı ve diğerleri tarafında yapılmış araştırmada alışveriş merkezlerinde bulunan iç hava kirleticisi olan biyoaerosollere örnekleme yaparak patojen bakteri konsantrasyonları denetlenmiş ve bu değerlerin düşürülmesi için gereken tedbirler önerilmiştir. Çalışma İstanbul ilinde bulunan iki büyük AVM'de gerçekleştirilmiştir. Analiz zaman alışveriş merkezinin her bir katında değerler alınıp değerlendirilmiş, bu süreçte toplanan değerler Polimeraz Zincirleme Tepkimesi ((Polymerase Chain Reaction-

PCR) yöntemi kullanılarak değerler analiz edilmiş ve patojen bakteri türü ve miktarı denetlenmiştir. Alınan sonuçlar Türkiye ve Dünya ülkeleri standartlarıyla karşılaştırılmış ve bu kirleticilerin insan sağlığına etkileri de belirtilmiştir (Tatlı vd. 2011).

Onat ve arkadaşları tarafından yayınlanan bildiride, İstanbul'da farklı kapalı alanlarda iç ortamlarda bulunan PM_{2.5}, CO konsantrasyonları ölçümleri aparılmıştır. Günlük hayatta partikül maddesinin boyutunun etkisini bulmak amacıyla 0.3-10mm arasında beş farklı boyuta denetleme yapılmıştır. Aynı zamanda ölçümlerde PM_{2.5} konsantrasyon değerleri iç ve dış olmak üzere analiz edilmiş bunu yanı sıra deneyler devam ettiği süreçte iç ortam sıcaklığı ve nem değerlerde toplanmıştır. Alınan deneyler sonucunda evlerde PM_{2.5} konsantrasyonları değeri 32-57mg/m³ aralığında değer almış, evlerin dış ortamında bu değerler 67-98 mg/m³ aralığında bir değer tespit edilmiştir. Denetleme götürülen diğer kapalı alanlar olan alışveriş merkezinde bulunan değerler sırasıyla hafta içi 45mg/m³, hafta sonu 85 mg/m³, ofislerde ise 22-105 mg/m³ aralığında değer bulunmuştur. Deney yapılan tüm kapalı alanlarda CO konsantrasyon değeri 1.6-9.5 ppm aralığında bir değer analiz edilmiştir (Onat vd. 2011).

Berberoğlu ve Motrör tarafından yapılmış bildiride Edirne'de bir dokuma fabrikasında iç ortam hava kalitesi analiz edilmiş ve bun yanı sıra insanların büyük bir kısmını iş yerlerinde eforla geçirdiği için onların sağlığını etkileyen önemli bir parametre olduğunu vurgulamışlar.

Bu nedenle iş yerindeki iç hava kalitesinin analiz yaparak değerlendirilmesi, işçilerin sağlığını korumaya ve üretim kapasitesini artırmaya önemli bir katkı sağlayacağı belirtilmiştir. Araştırma zamanı, sıcaklık, bağıl nem, karbon monoksit, karbon dioksit, hidrojen sülfür gibi parametrelerin değerleri alınmış ve toplan değerleri analiz etmişler. Ölçümler Testo 635-2, Telaire 7001 ve Gas Alert Micro 5 cihazlar ile yapılmıştır. Fabrika içerisinde ölçümlerin yapılmış olduğu farklı alanlar bulunmaktadır, bunlar iplikhane, yıkama, kumaş hazırlama, boya- terbiye ayrıca bu bölümlerde sıcaklıklar çok yüksek değer almıştır, dokuma bu bölümde nem değerleri yüksen değerlerde olmuş, torna, yıkama ve kumaş hazırlama bölümleri vardır. Bu sıralanan son üç bölümde CO₂ değerleri yüksek çıkmıştır.

Fabrikada bazı alanlarda iç hava kalitesinin Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) ve Uluslararası Çalışma Örgütü (ILO) standartlarına göre iyileştirilmesi gerektiği belirtilmiştir. Bu alanlarda havalandırma sistemlerini performansın artırmanın hem işçilerin sağlığına hem de üretim performansının artırılmasına etki edeceği belirtilmiştir (Berberoğlu ve Motrör 2011).

Özkan ve diğerleri, yayınlamış olduğu Metal endüstrisinde iç ortam toz ve gaz konsantrasyonları adlı çalışmalarında, tesis içerisinde iç hava kalitesi, iç hava kalitesini düşüren kirleticiler ve bu kirleticiler iç hava refahı üzerinde etkilerine değinmişler. Bu kapalı alanda toz parçacık ve iç ortam gaz konsantrasyonları analizi yapılmıştır. Deneyler 27.11.1973 tarihli resmi gazetede yayınlanan tehlikeli ve zararlı maddelerle çalışılan işyerlerinde alınacak tedbirler, 26.12.2003 tarihinde yayınlanmış olan kimyasal maddelerle sağlık ve güvenliğin önlemi hakkında yönetmelik OSHA sınır değerleri kullanılmıştır (Özkan vd. 2011).

Azerbaycan Ülkesinde MilliEğitim Bakanlığına bağlı olan Üniversitelerdeki tez aramalar ile üniversite kütüphanlerinde tez aramalarında iç hava kalitesi üzerine yapılmış bir çalışmaya rastlanılmamıştır.

2.3. Türkiye’de Yapılan Lisansüstü Tezler

Alptekin tarafından hazırlanmış olan yüksek lisans tezinde, iç hava kalitesini bozan kirleticiler, iç hava kalitesinin insan sağlığına ve çalışma verimliliğine etkisinden bahsi etmiştir. Tez için ölçümler Kütahya ilinde yerleşen Dumlupınar Üniversitesinin sarı konak, rektörlük iktisadi idari bilimler fakültesi ve merkezi kafeterya binalarında analiz edilmiştir. Deney zamanı toz partikül konsantrasyonlarının analizi yapılmış ve iç hava kalitesinin yapı malzemelerinin kullanıcı sayından ve kullanım şeklinden etkilendiği vurgulanmıştır (Alptekin 2007).

Kuş tarafından hazırlanan doktora tezinde Şanlı Urfa’da Yüksek Öğretim Kurumu sınıflarında iç hava kalitesi analiz edilmiştir. Analiz zamanı parametre olarak sıcaklık, bağıl nem, karbondioksit ve farklı çaplarda PM ölçümü yapılmıştır. Alınan sonuçlar istatistiksel analiz yapılmış ve farklı ülkelerin standartlarıyla karşılaştırılmıştır. Kış döneminde yapılan deneyler zamanı sınıf odalarındaki bağıl nem ve sıcaklık değerlerini çok yüksek rakamlara çıktı görülmüş, yaz döneminde yapılan deneyler sonucunda da ortam sıcaklığının çok yüksek ve bağıl nem değerlerinin düşük olduğu belirtilmiştir. Kış aylarında aynı zamanda değer alınan bir diğer iç hava kalitesi parametresi olan karbondioksit de yüksek değerlere çıkmıştır, buna neden olarak sınıfların doluluk oranı gösterilmiştir. PM değerlerinin de iç ortam kaynaklı olduğu tespit edilmiştir. Bu sorunların giderilmesi için önerilerde bulunmuştur (Kuş 2007).

Yurtseven yaptığı doktora tezinde ilk okullarda iç mekan hava kalitesini araştırmış, iç hava kalitesinin insan sağlığına karşı olan yan etkilerinden ve çocuk ve yaşlıların birim kütle başına düşen havadan daha fazla etkilendiğini belirtmiştir. Bu hava kirleticilerin onların sağlığında akciğer hastalığına, kansere gibi hastalığına neden olduğunu vurgulamıştır. Deneyler İstanbul konumunda bulunan Fatih ve Silivri ilçelerindeki ilköğretim okulunda yapılmıştır. Çalışmada sıcaklık, nem, karbondioksit, karbon monoksit, ozon, kükürt dioksit ve uçucu organik bileşkerler gibi iç hava kalitesi parametreleri ölçümü yapılmıştır. Alınan sonuçlar USEPA VE WHO standartlarıyla karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonucunda Silivri ilçesin de bulunan 3 okulda VOC değerleri tüm okulların %95’inde CO₂ değerleri karşılaştırılan standartların çok üzerinde bir değer almıştır. Ölçüm yapılan diğer parametreler standartların aşağısında bir sonuç göstermiştir (Yurtseven 2007).

Çoşgun tarafından yapılan yüksek lisan tez çalışmasında iç hava kalitesi ve insan sağlığına etkisi üzere olmuştur. Deneyler zamanı sıcaklık, bağıl nem, karbondioksit, toz partikül madde ve radon değerleri analiz edilmiştir. Deneyler Antalya da bulunan il adalet binası ve farklı 3 adet okulda yapılmış ve altı ay devam etmiştir. Alınan değerler Minitab 13.2 bilgisayar programıyla analiz edilmiştir. Ayrıca iç hava kalitesinin hakimler, adalet personeli, öğretmenler ve öğrencilerin karar verme, öğrenme ve algılamaları üzerindeki etkileri de analiz edilmiştir (Çoşgun 2008).

Yücel tarafından yazılmış doktora tezi “Hasta Bina Sendromu” üzerine yapılmış bir çalışmadır. Bu çalışmada HBS’ye etki eden faktörler ve görülme sıklığı

analiz edilmiştir. Analizler Ankara’da Keçiören Belediyesinin ana hizmet binasında yapılmıştır. Çalışmaya %93.6’lık katılım sağlanmış (278 kişi) odalarda formaldehit değerleri analiz edilmiş ve Dünya Sağlık Örgütü tarafından yayınlanan en yüksek değer olan 0.05 ppm’in üstünde bir değer belirlenmiştir. Analizler zamanı çalışma odası formaldehit düzeyi ortalama değeri: $1,1 \text{ ppm} \pm 0,8 \text{ ppm}$ (min: 0 ppm, max: 3,0 ppm) değeri almıştır. Yapılan araştırmalar zamanı formaldehit ve oda sıcaklığı arasında zayıf düzeyde pozitif yönlü bir ilişki bulunmuştur ($r:0.26$). Diğer oda kirletici olan CO düzeyi değeri ortalaması $2,9 \pm 2,3 \text{ ppm}$ (min: 0 ppm, max: 8,4 ppm) olarak tespit edilmiştir. Bu çalışmayan katılanlar arasında H0BS semptomları yorgunluk(%69,0), baş ağrısı (%65.7) ve gözlerde yanma (%55.2) tespit edilmiştir. Katılımcıların %31,9’unda bu semptomların varlığı tespit edilmiştir. Denetlemenin sonucunda bina çalışanlarında HBS görülme sıklığı ve görülme durumu analiz edilmiştir (Yücel 2008).

Yılan yazmış olduğu doktora tezinde yapı malzemelerinin iç hava kirliliğine neden olması ve kullanım zamanı kullanıcılar sağlığı için bir risk olup olmadığı araştırılmıştır. Çalışma sonucunda yapı ürünlerinden oluşacak olan hava kirliliğinin yönetim modeli ile oluşacak riskleri yönetmek ve insan sağlığına olumsuz etki edecek azaltabilmek ve insanların yeniden sağlıklı ortamda çalışmaları amaçlanmıştır (Yılan 2008).

Darçın tarafında yazılan tezde iç hava kirliliğinin oluşumunu, kirliliğin neden olduğu sorunların giderilmesi ve doğal havalandırma yöntemi kullanarak iç refah sağlığı için nasıl tasarlanması gerektiği bu çalışmada bir amaç olmuştur. Doğal havalandırma sistemleri yapay havalandırma sistemleri gibi sonradan ekleme yapı bilinmediği için tasarım aşamasında bu ilkelere dikkat edilmesi gerektiği belirtilmiştir (Darçın 2008).

Bulduk yazmış olduğu yüksek lisan tez çalışmasında, İzmir’de konumlanan Bornova ilçesinde anaokullarında iç hava kalitesinden kaynaklı bazı alerjen mikrofungalın yalıtımı ve tanımı denetlemiştir. İlçede toplam 10 anaokulunda 6 ay boyunca aylık periyodlarla toplam 4 noktada analiz yapılmıştır. Analizler Merck MAS 100 hava örnekleme cihazıyla yapılmıştır. Sonuç olarak denetleme zamanı 240 adet petri kullanılmış 70,340 bakteri, 36,000 mikrofungal ve 1,580 maya kolonisi tespit edilmiştir. Bu ilçede en sık rastlanan mikrofungalar sıra sılla Cladosporium, Aspergillus, Penicillium, Steril miseller, Alternaria, Trichoderma, Neurospora ve Rhizopus genusları olduğu belirtilmiştir (Bulduk 2009).

Menteşe yazmış olduğu tez çalışmasında Ankara’nın farklı iç ortamlarında iç hava kalitesini araştırmıştır. Çalışmanın analiz kısmı iki yıl sürmüştür. Bu çalışmada ilk iki bölüm yaz ve kış mevsimlerinde aynı ortamlarda analiz edilmiş biyoaerosol değerleri alınmış ve bu değerlerin seviyeleri 100’ün üzerinde tespit edilmiştir. Diğer bölümlerde ev, iş yeri, kreş ve ilkokullarda iç ve dış biyoaerosol değerleri, UOB ve PM_{2.5} değerleri 09:00-17:00 arasında yaz ve kış mevsimlerinde analiz edilmiştir. Çalışma süresince sıcaklık, bağıl nem, CO ve CO₂ konsantrasyonları değerleri anlık olarak analiz edilmiştir. Çalışma sonucunda iç ortam kalitesini en kötü olduğu ortam ilkokullar ve kreşler olduğu belirtilmiştir, buna neden olarak bu alanlarda insan sayısını çok olması gösterilmiştir. Dış hava kalitesi ısı meteorolojik faktörlere bağlı olarak değişim göstermiştir (Menteşe 2009).

Yenidünya yazmış olduğu tez çalışmasında Antalya ilin de hava kalitesini incelemiş PM₁₀ ve SO₂ yıllara göre değerlerini analiz etmiştir. Bu çalışmada meteorolojik

değerlerle iç hava parametreleri arasında istatistiksel analiz yapılmıştır. Araştırma sonucunda PM₁₀ ve SO₂ değerleri yasal standartta uygun olmuştur, aynı zamanda kış aylarında SO₂ değerlerinde değişim olmadığı gibi, PM₁₀ değerlerinin de yükselme olduğu gözlemlenmiştir (Yenidünya 2010).

Yılmazcan yazmış olduğu yüksek lisan tezinde Sakarya ilinde havadan gelen PM'lerin boyutuna göre analizini yapmış, deneyler zamanı 96 örnek toplamıştır. Haziran 2009- Aralık 2009 ayları arasında yaptığı araştırmalar da Isleworth MRE 113 A tipli cihaz kullanmıştır 10mm ve 1 mm'lik kâğıtlar üzerine toplanan numunelere nitrik asit ve perklorik asit ile muamele edilmiş, 90°C'de ısıtılarak parçalanmış ve mavi bant süzgeç kâğıdı ile süzdürülmüştür. Araştırmada, Mn, Ni, Cu, Al ve V elementleri denetlenmiştir. Alınan sonuçlara göre Cu, Mn, Ni, PM₁ için $0,88 \pm 1,40 \mu\text{g m}^{-3}$, $11,03 \pm 0,45 \mu\text{g m}^{-3}$ ve $3,19 \pm 1,40 \mu\text{g m}^{-3}$ değerleri analiz edilmiş ve Kasım ayında en yüksek değeri Ozanlar alanında almış. PM₁₀ için Mn ve Ni değerleri $21,73 \pm 0,65 \mu\text{g m}^{-3}$ ve $6,07 \pm 4,55 \mu\text{g m}^{-3}$ değerlerini almış ve Kasım ayında en yüksek değer Kampüs 'de analiz edilmiştir. Haziran ayında Bakır için PM₁₀ değeri $2,09 \pm 6,45 \mu\text{g m}^{-3}$ değerini almıştır ve bu yüksek değer Kampüs bölgesinde belirlenmiştir (Yılmazcan 2010).

Uzun yapmış olduğu tez çalışmasında farklı mevsimlerde toplam askıda partikül madde de (TSP) bulunan ağır metal, suda çözünebilir inorganik iyonları ve toplam alfa- beta yayıcıları hesaplamıştır. TSP'ler gravimetri ile denetlenmiş, yıllık PM konsantrasyonu değerleri $62,50 \pm 62,50 \mu\text{g/m}^3$ olarak belirlenmiştir. Çalışmada ağır metal miktarları Fe> Pb> Cu> Ni> Cd büyükte küçüğe sıralanmış, ortalama iyon miktarı $\text{SO}_4^{2-} > \text{NO}_3^- > \text{Ca}_2^+ > \text{Cl}^- > \text{K}^+ > \text{Mg}_2^+ - \text{NH}_4$ şeklin de analiz edilmiştir. Toplam alfa- beta aktivelerinin ortalama değeri $1,08.10^{-4}$ ve $6,81.10^{-4} \text{ Bqm}^{-3}$ çalışmada bulunmuştur (Uzun 2011).

Tatlı yapmış olduğu tez çalışmasında kapalı iç hava kalitesi örnekleri toplayarak analiz yapmıştır. Çalışmada Karbondioksit, bağıl nem, sıcaklık, partikül madde ve bioaerosol gibi iç hava kirleticilerin değerleri analiz edilmiştir. Araştırmada istatistiksel olarak alınan değerlere korelasyon testi yapılmıştır. Deneyler zamanı PCR cihazıyla yalnız bir cins bakteriyel tespit edilmiştir. Bioaersolların artış nedeni olarak fiziksel aktiviteleri göstermişler ve bu alanda düşük iç hava kalitesi olduğunu da vurgulamışlar (Tatlı 2011).

Çoşgun tarafından yapılan doktora çalışmasında; Farklı ortamlarda iç hava kalitesinin araştırılması ve modellenmesi adlı doktora tezinde, Türkiyede Antalya ilinde Akdeniz Üniversitesi binalarında, Otobüslerde ve Hafif raylı metro sistemlerde iç hava kalitesini etki eden parametrelerden, sıcaklık, bağıl nem, CO₂, Toz partikül maddeleri, Radon ile Formaldehit değerleri ölçülmüş SPSS 19 da analizler yapılarak standartlar ile karşılaştırmalar yapılmış, sonucunda önerilerde bulunulmuştur (Çoşgun 2012).

Altaca tarafından yazılmış olan İlköğretim okullarında iç hava kalitesi yönetim uygulaması adlı tezinde, iç hava kalitesinin önemini vurgulamış ve iç hava kalitesinin kötü olduğu durumda insanlar üzerinde yarattığı hasarlara değinilmiştir. Bu çalışmada karbondioksit miktarına bağlı olarak iç hava kalitesi İlköğretim Okulları ve Anaokullarında analiz yapılmıştır. Çalışmada Sarıyer ilçesinde konumlanan anaokulu ve ilköğretim okulunda, Bakırköy ilçesinin bir anaokulunda sıcaklık değişimi, bağıl nem değişimi, CO₂ değişimi analiz edilmiştir. Araştırma zamanı üç okullun her birinde bağıl

nem değeri belirlenen standartın altında bir değeri almıştır. Okullardaki sıcaklık değeri ise hemen hemen standartlarla aynı değeri almıştır. Diğer kirlenici olan CO₂ konsantrasyonu değeri yüksek değeri almıştır. Bu nedenle okullarda mekanik havalandırılmanın bulunmasına vurgu yapılmıştır (Altaca 2015).

Parmaksız yazmış olduğu Bazı kuruluşların iç ortam hava kalitelerinin araştırılması adlı çalışmada, Şanlıurfa ilinde bulunan İş Kurumu il müdürlüğünün binasında toz ve gürültüye bağlı iç hava kirlenicilerini analiz etmiş. Dünya Sağlık Örgütü PM₁₀ sınır değerlerini 24 saat için 50 µg/m³ olarak, PM_{2.5} sınır değerlerini ise 24 saat için 25 µg/m³ olarak standartlaştırılmış. Analiz yapılan alanlarda ortalama PM₁₀ değeri 67.73 µg/m³; PM_{2.5} değeri ise 35.95 µg/m³ değeri analiz edilmiştir. Bu ortalama değeri sağlık açısından ciddi riskler taşıyabilir olduğu belirtilmiştir. Çevresel gürültünün değerlendirilmesi ve yönetimi yönetmeliğinde kamu kurum ve kuruluşlarının ofis türü alanlarında gürültü sınır değeri 45 – 55 dBA olarak belirlenmiştir. Ölçüm yapılan alanların büyük bir kısmında bu değeri 55 dBA üzerinde bir değeri çıkmıştır (Parmaksız 2017).

Dohal hazırlamış olduğu tez çalışmada iç hava kalitesine etki eden unsurlardan olan iç kaplama kriterine değinmiştir. Bu nedenle İstanbul’da bulunan lüks otellerde denetleme yapılmış, iç mekan kaplama için karar vermek için çok kriterli bir metod yöntemi önerilmiştir. Çalışmada aynı zamanda otel kaplamaları analiz edilmiş, duvar, tavan ve zemin için en uygun iç kaplama malzemesinin seçimi yapılmasını amaçlamışlar. Uygumalar da 85 adet zemin, 34 adet duvar ve 24 adet tavan analiz edilmiştir. Yapılan analiz sonuçlarını listelemişler:

- a) Zeminlerde farklı tür kaplama malzemesi kullanılmış. Bunlar fayans, taş, ahşap kaplamalarıyla dayanıklı zemin ve halı kaplamalarıyla yumuşak zemin kaplamaları bulunur. Duvar kaplamalarını alçı, ahşap paneller, duvar karoları ve esnek duvar kaplamaları kullanılmıştır, tavan için ise boya, sıva, alçıpan ve ahşap kullanmışlar.
- b) Yapılan anket sonuçlarına göre faktörlerin belirlenmesinde TOPSIS tekniği kullanılmıştır. Tablolardaki sonuçlar en iyiden (düşük değeri) en kötüye (yüksek değeri) doğru sıralanmıştır. Zeminler için farklı kaplama malzemeleri alternatiflerinin yaşam döngüsü maliyeti 1,25 ile 18,45 ABD Doları/ m² arasında değişmektedir. Ayrıca duvar alternatifleri 1,25 ile 20,012 USD/ m² arasında değişmektedir. Ayrıca tavan malzemelerinin yaşam döngüsü maliyeti 3.913 ila 20.012 ABD Doları/ m² arasında değişmektedir.
- c) Zeminlerde, tavanlarda ve duvarlarda kullanılan malzemelerin CO₂ değeri sırasıyla 667.14 ile 38.12 kg, 1.722 ile 25.598 kg, 1.392 ile 33.625 kg arasında değeri sahiptir.
- d) VOC emisyon değeri de zemin, duvar ve tavan için hesaplanmıştır alınan değeri sırasıyla 0.00 ile 7.732 µg m², 0.00 ile 6940 µg m², 1.050 ile 6940 µg m² arasında değişir.
- e) Zemin kaplama için laminat ahşap, beyaz kireç taş, seramik ve bambu fayanslar en iyi kaplama malzemeleridir. Duvarlar için su bazlı boya, doğal duvar kağıdı, ceviz ve meşe ahşap panelleri en ideal kaplama malzemesidir, tavan için ceviz ve meşe panelleri, sıvı alçı ve su bazlı boya ideal kaplama malzemesidir değeri vurgulanmıştır (Dohal 2023).

Başköy tarafından yazılan Partikül Madde Filtrasyonu İle İç Hava Kalitesinin İyileştirilmesi İçin İletken Nanomateryal Dekore Edilmiş Filtrelerin Kullanılması adlı yüksek lisans tezinde hava kirleticisi olan PM'lerin karşısını almak için etkili filtrasyon yöntemi araştırmıştır. Bu çalışmada iki farklı nanomalzeme kapalı naylon ağ filtrenin PM'ler üzerinde etkisini araştırmıştır. Çalışmada gümüş nanotel (Ag NW) ve iki boyutlu titanyum karbür ($Ti_3C_2T_x$) malzemeleri kullanılmış bu malzemelerin kullanılma nedenleri de elektriksel iletkenlikleri ve yüzey alanlarının yüksek özgül olmasıdır. Bu filtreler farklı hızlarda (0.45 m/s ve 1.02 m/s) ve farklı voltajlarda (2.5 V, 5 V, 7.5 V, 10 V) bu filtreler analiz edilmiştir. Analiz zamanının her iki filtre en yüksek PM giderme değerini 10 V ve 1.2 m/s hava hızına sahipken almıştır. Gümüş nanotel kapalı filtreler, $PM_{2.5}$ ve PM_{10} kütle konsantrasyonu için %90.98 ile % 96.11 giderme verimliliği tespit edilmiştir. Aynı PM değerleri için sayı konsantrasyon değerleri %70.98 ile %71.21 verimliliğe sahip olmuştur. İki boyutlu titanyum karbür filtreleri PM'ler için kütle ve sayı konsantrasyonlarına dayalı sırasıyla verilmiş %90.05 ile %95.44 ve %70.37 ile %70.58 giderme değerlerini almıştır. Alınan bu verilerden bu sonuca varmıştır, bu filtreler PM kirliliğini gidermek için kullanışlı bir filtrasyon yöntemidir ve daha da geliştirilmesi mümkündür (Başköy 2022).

Özkan yapmış olduğu tez çalışmasında Konya İl Halk Kütüphanesi'nde bulunan Gençlik Salonu, Fotokopi ve İnternet Salonu da iç hava kalitesi ve havalandırma sistemiz üzerine bir araştırma yapmıştır. 01.03.2020-12.03.2020 tarihleri arasında iç hava kalitesi analiz edilmiş ve çıkan sonuçlar yapılan anketlerle karşılaştırılmıştır. Analiz zamanı sıcaklık, bağıl nem, CO_2 , $PM_{2.5}$ değerleri toplanmış ve standartlarla karşılaştırılmıştır. Alına değerlerden sonra sıcaklığın standart değerleri ile üst üste düşmüş ama bağıl nem oranları çok düşük bir değer almıştır. Karbondioksit değerleri analiz yapılan her iki salonda yüksek değerle almış, $PM_{2.5}$ değerleri sınır değerlerini aşmamıştır. Doğal havalandırma yolu için bilgisayar programında yapılan analizler de doğal havalandırma hesaplamalı akışkanlar dinamiği yöntemiyle bir model oluşturulmuştur. Kütüphanenin iç hava kalitesinin iyileştirilmesi için öneriler de bulunmuştur (Özkan 2022).

İlgördü yazmış olduğu “Kütahya Sağlık Bilimleri Üniversitesi Ağız Ve Diş Sağlığı Uygulama Ve Araştırma Merkezi İç Hava Kalitesinin İncelenmesi” adlı tez çalışmasında Kütahya ilinde konumlanan Kütahya Sağlık Bilimleri Üniversitesi Ağız ve Diş Sağlığı Uygulama ve Araştırma Merkezi'nde iç hava kalitesini analiz etmiştir. 01.03.2023-01.05.2023 tarihler arsında hasta bekleme ve diş polikliniğın de 02.05.2023-01.07.2023 belirtilen tarihler arasında ise akademik ve idari ofiste karbondioksit (CO_2), parçacık madde ($PM_{2.5}$), bağıl nem (%), sıcaklık ($^{\circ}C$), hava kalitesi endeksi (IAQ) değerlerini analiz etmiştir. Yapılan araştırmalar sonucunda bağıl nem ve sıcaklık değerleri termal konfor da olup, kurumlar tarafından belirlenen standartlarla uyumluluk göstermiştir, karbondioksit ve toz partikül madde değerleri belirlenen standartların üzerin de bir değer alınmıştır (İlgördü 2024).

2.4. İç Hava Kalitesi

İnsanların yaşadığı, çalıştığı, dinlediği günlük zamanlarının nerdeyse tamamı geçirdikleri kapalı alanlarda, onların sağlıklarında kötü etki yaratan kirleticilerin (uçucu organik bileşkekeler, partikül maddeler, fiziki ve kimyasal bileşkekeler vs.) ortam havalarında bulunması iç hava kirliliği oluşturur. Bu kirleticilerin insan sağlığında yol açtığı sorunları gidermek için bilimsel alanda “ İç Hava Kalitesi” terimi kullanılmaktadır.(T.C. Sağlık Bakanlığı 2010)

İç hava kalitesi ve onun insanlar üzerinde yarattığı etki tam olarak anlaşıldığı söylenemez. Bu sorunların tümünü gidermek için iç mekan hava kalitesi standartı oluşturmak mümkün değil. Bunun için bilimsel alanda yeni bir terim kullanılmaya başlanılmıştır, “ kabul edilebilir iç mekan hava kalitesi” bu terim Amerikan Isıtma, Soğutma ve Havalandırma Mühendisleri Derneği (ASHRAE) 62-1999 Standardına göre bu terim böyle tanımlanır: “ Yetkililer tarafından belirlenen zararlı konsantrasyon değerleri, kirletici maddenin olmadığı, iç ortamda bulunan insanların önemli bir kısmının (%80 vey üstü) iç kapalı mekan hava kalitesi ile herhangi bir şikayetin bulunmadığı havadır” American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE 1999).

Bu tanımlamaya göre günlük yaşamımız boyunca bulunduğumuz kapalı alanlarda solunan havanın içerisinde belirlenen zararlı kirleticilerin bulunmaması ve bu havayı soluyan insanların % 80 den fazlası bu solunan havayla ilgili hiç bir şikayetde bulunmaması iç hava kalitesinin belirlenen standartlara uygun olduğunu belirler. İç hava kalitesi terimi bilime yeni dahil olmamıştır bu konuyla ilgili geçmişte de bir çok çalışma yapılmıştır. İç hava kalitesi verimliliği artan hastalıkların nedeniyle son otuz yılda daha da önem kazanmıştır. Son 30 yılda bu konuya ilgi çok artmış bilimsel makaleler ,tez yazılmış ve bildiriler yayınlanmıştır. Bu çalışmaların nerdeyse tümünde iç hava kalitesinin insan sağlığı üzerinde yarattığı kötü etkilere vurgu yapılmıştır. Bu çalışmaların artışına neden olan insanların günlük hayatlarının %90’ını kapalı alanlarda geçirmesidir (EPA 2023a; Klepeis vd. 2001; WHO 1988). Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı (EPA) yaptığı çalışmalarında bu sonuca varılmıştır: iç havada bulunan kirleticilerin dış havada bulunan kirleticilere göre iki ile beş kat arasında, hatta bazı durumlarda 100 kat daha fazla zararlı olacağı belirtilmiştir (EPA 2023a; Hess-Kosa 2019). Bu sonuçlara göre binalarda bulunan iç hava kalitesinin uzun vadede insan sağlığı üzerindeki zararlı etkilere neden olan gaz, buhar ve partikül maddeler vs. kirleticilerin oluşma kaynağını araştırmalı ve bu gibi sorunları giderilmesi lazım. İç hava kalitesini iyice anlaya bilmek için bu terimin geçmişiyle ve geleceğiyle anlamak gerekmektedir.

2.4.1. İç hava kalitesi tarihçesi ve gelişimi

Bilimsel bir terim olan iç hava bilimi (IAS) bir çok alanı kapsamaktadır, mühendislik, sağlık, tıp, kimya, mikrobiyoloji, ekonomi, mimari vs.

İç hava kalitesi geçmişten bu güne gelişmeler kat ederek gelmiştir. Geçmiş zamanlarda kullanılan ısıtma yöntemi olan merkezi açık alanda ateşlerden yayılan dumanın insan sağlığında zararlı etkiler olduğu görülmüş ve bunun insan ömrünü azalttığını anlaşılmaya başlanılmıştır. Bu sorunu etkilerin aradan kaldırmak için

bacalarda açdıkları deliklerden dumanı uzaklaştırmayı öğrenmiştir. İç hava sorunu insanı ateşi bulduğu günden sonra karşılaştığı bir sorundur (Hansen 2000).

Eski tarihlerde de insanlar kirli havanın insanda olumsuz etkiler yarattığını biliyorlardı. Eski Tarihi olan Yunanlılar ve Romalılar kalabalık şehirlerde ve madenlerde kirli havanın insan üzerinde yarattığı olumsuz etkileri farkına varmışlardır (Jouanna 2012). Bundan dolayı dumansız ısına bilmek için “hypocaust sistemi” yerden ısıtmayı keşfetmişler (Başaran 1997). İbn- Haldun, Mukkadime adlı eserinin 51. Bölümünde bir çok solunun veölümcül hastalığa neden ola bilecel hava kirliliğine vurgu yapmıştır ve bu eser 11. yüzyılda yazılmıştır. Bu eser de bu rahatsızlığın kalabalıkların ve binaların bitişik olduğu yerlerde daha fazla olacağını belirtmiştir (Bulgurcu 2015).

XVII. yüz yıla kadar hava kirliliği Londra’da büyük bir sorun olarak görülmüştür. Kral I. Charles İngiltere kralı 1631 yılında tavan yüksekliğinin 3 m’den uzun ve pencereleri büyük binalar inşa edirmiştir. Bu binaları inşa etirme nedenin dumanın daha hızlı ve kolay dışarıya çıkarması olduğunu söylemiştir (Janssen, Winslow ve Palmer 1923). Kral II Charles ve parlamentoyu Londra’da bulunan duman ve hava kirliliği ile mücadelenin gerektiğine ikna etmek için 1661’de John Evelyn bir kitapçık hazırlamıştır. Bu kitapçıkta dumanın olmuşa nedenleri, insan sağlığına ve çevreye verdiği zararlar araştırılmış ve çözümleri sunulmuştur (Evelyn 1661; Singh 1995).1733’te Kraliçe Anne’nin doktorluk görevi yaptığı John Arbuthnot (1733), yazmış olduğu kitabında havanın insanlar üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Yazılan bu kitapta o dönemlerde kalabalığın çok olduğu alanlarda sıcaklığı çok yüksek olduğu görülmüş ve bu rahatsızlığın sıcaklığa bağlı olduğu belirtilmiştir. Gauger bir odanın sıcaklığı eşitsizliğinin çok sayıda hastalığa neden olmadığını belirtmiş. Bu hastalıkların nedeni olarak “havalandırma sistemi” olduğunu belirtmiştir (Hansen 2000).

Lavosier’in karbondioksiti bulduğu 1781 yılına gelindiğinde, bulunan karbondioksit gazının hava kirliliği üzerinde etkileri araştırılmış ve tartışılmıştır. Havanın içerisinde de birçok gaz bulunmaktadır. İnsan doğası gereği solunum zamanı oksijen gazını solumakta ve karbondioksit gazını (CO₂) salınım yapar. Bu teorini kısmen de olsa Scheele, Priestley, ve Lavoisier tarafından açıklanmıştır (Sundell 2017). Devam eden yarım yüz yıl boyunca CO₂ konsantrasyonunun havanın temiz veya temiz olmadığı açısından bir değer olarak kullanılmıştır. Bu zamanlarda insanların kapalı alanlardaki rahatsızlığının aşırı sıcaktan ve CO₂ konsantrasyonundan olduğu belirtilmiştir(Sundell 2004; Winslow ve Palmer 1923).

1848 yılına gelindiğinde cerrah John H. Griscom (1848), taze havanın gerekliliğine vurgu yapmış, kapalı alanlardaki havalandırma sorunun insanlarda ölümcül etki yaratığını belirtmiştir. Pettenkofer tarafın 1950. yılın ortalarında Lavoisier’in teorisine önemli değişiklikler yapılması önerilmiştir. İnsanlarda oluşan sorunların yalnız karbondioksit, sıcaklık ve nemden olmadığına, akciğerde bulunan organik materyallerinde neden olduğunu vurgulamıştır (Hansen 2000). Günümüz de iç hava kalitesi analizi yapılırken karbondioksit değerleri de analiz ediliyor.

İsviçreli hijyen profesörü olan Elias Heyman Karolinska Enstitüsünde görev yaptığı zaman Stockholm’de farklı havalandırma sistemlerine sahip okullarda araştırma yapmıştır. Kuru hava şikayetlerine ek olarak mukozal problemler ve cilt problemlerini analiz etmiş, günümüzde kullandığımız HBS terimine yakın belirtiler vurgulanmıştır

(Hansen 2000). Bu dönemin araştırmacıları iyi bir iç hava için kaynak kontrolünün önemli değer olduğunu vurgulamışlar (Sundell 1999). 1887’de okullarda ve evlerde iç hava kalitesinin sağlıkta etkisi üzerine çalışma yapılmıştır. Bu çalışma İskoçya’da yapılmış, bu çalışmada CO₂, organik bileşikler (VOC) ve mikroba sahip odalarda insan sağlığında cilt hastalıkları, erken ölüme kadar problemlere yol açtığı belirtilmiştir (Carnelley vd. 1887).

Leonard Hill 1914 yılında yaptığı çalışmada sıcaklık ve nemi yanı sıra hava hareketinin de konfor değeri olduğunu belirtmiştir (Sundell 1999). 1915 yılında Winslow ve Palmer yaptığı araştırmada iyi havalandırma yapılmamış bir odada insan iştahının kaçtığını vurgulamışlar ama nedenini açıklaya bilmemişler (Sundell 2004; Hansen 2000). Yaglou ve arkadaşları, (1936) vücut kokusunun ventilasyon oranıyla ilişkisini araştırmış, hassas kişilerin bu tür hava kalitesine sahip odalarda oturması onların patolojik şekilde etkilendiğini belirtmişler. Devridaim yapılarak nemin alınması ve havanın nemlendirilmesi analizi yapılar, her iki analiz yapıldıktan sonra nem alma işleminde koku gücünün azaldığı ve koku kontrolü için taze hava tedarikinde azalmaya neden olduğu belirtilmiştir. Çalışmada ventilasyon için belirli standartlar kullanılmıştır.

1930 ve 1940. yıllarda yapılan araştırmalar dış hava kalitesi kızamık, şarbon, çiçek, suçiçeği gibi hastalıklara neden olduğu belirtilmiştir (Sundell 2017). 1930’lardan beri yapılan iç hava kalitesi araştırmalarında sağlık alanının çok az sayıda bilimsel araştırma bulunmaktadır. O yıllarda havalandırma sağlık için değil, konfor için analiz edilmiştir. Ama geçen yüzyılda yapılan araştırmalar iç hava kalitesinin yol açtığı sağlık problemlerine karşı olmuştur. Odada bulunan kokunun ziyaretçi tarafından binaya girerken veya bina sakinleri tarafından algılanıp algılanması esas değer olarak kabul görmüştür (Fanger 1988; Sundell 1999).

Ole P. Fanger yaptığı çalışmalarında, iç hava kalitesi değeri olarak yapı malzemeleri, halılar, bilgisayarlar, hava neminin değerlerinin yanı sıra duyuşal yüksekliğin kirliliğini etkisini analiz etmiştir. Fanger bu değerlerin insan sağlığına riskli olabileceğini belirtmiştir.

Birinci Dünya savaşından sonra inşaat malzemelerine gereksinim artmıştır. Bu malzeme ürünlerinde bulunan kirleticiler iç hava kalitesi kirliliğinin artmasına neden olmuştur (Hansen 2000). Bu kirliliğin artmasından dolayı çevre çalışmalara 1590’ye kadar bu konu üzerine yoğunlaşmıştır (Sundell 2004). Londra’daki 5 günlük Büyük Duman olayı baş verene kadar devam etmiştir. Bu olay 1952’de olmuştur, bu olaydan sonra bir haftada 4 bin, toplamda 12 bin kişi ölmüştür (Polivka 2018; Sundell 2017). Bu olay süresinde çeşitli endüstrilerdeki kirliliğinden kaynaklı sayısız çalışmalar yapılmış ve endüstriyel olmayan iç alan havasından uzaklaşmıştır (Sundell 2004). Dış alanda bulunan kötü havanın iç alana girmesini engellemek için söylendiğini yazan çalışmalar yayınlanmıştır (Sundell 2017).

1970’lerde popüler mimari olan büyük pencereli binalar sorunlara neden olmuştur. Yazın ısı yükü, kışın soğuk hava akımı sorunları ortaya çıkmıştır. Bu konu 1960 ve 1970’lerde çok büyük bir önem kazanmıştır. Bu sorunun iç kalitesinin bilinen ve bilinmeyen hastalıklara neden olduğunu belirtmişler. Bu sebepten dolayı çalışmalarda termal konfor üzere yapılmaya başlanılmış ve iç mekan iklim konulu 1878’de yapılan

konferansta bu konuya değinilmiştir. Hava kirletici konsantrasyonlarının değerler dış mekanda iç mekan göre daha yüksek olduğu belirtilmiştir (Sundell 2017).

Orta Doğu petrolüne 1973'te koyulan ambargo enerji kıtlığına ve fiyat yükselmesine sebep olmuştur. Bu durum, yapıların nasıl tasarlanmasına ve kullanılmasında öz etkisini göstermiştir. Bu sorunun yapılarda yol açtığı birkaç değişimler olmuştur. Bunlar binalarda yalıtım artırılıp, pencereler kontrol altına alınmış ve buhar bariyerleri binalara tasarlanmıştır. Bu yapılan değişimler sonrası yapıların içerisine giren taze havanın azalmasına ve iç kalitesinin düşmesine ve kirleticilerin artmasına neden olmuştur (Gammage ve Kaye 1984; Sundell 2017). Bu tasarımlar sonucunda Hasta Bina Sendromu ortaya çıkmıştır (Hess-Kosa 2019). Sentetik olan yapı malzemelerinde hayatımıza girmesine neden olmuştur (Hansen 2000).

İç mekan kirleticilerinden olan VOC'ler ve formaldehit konsantrasyonu ölçümleri yapılamaya başlanılmış bu ölçümler dış mekandaki değerlerden yüksek değer aldığı analiz edilmiştir. Bu kirleticilerin iç mekanda bulunması günlük yaşamımızın büyük kısmını kapalı alanda geçirdiğimiz için bu kirli havanın sağlığımızda kötü etki edeceği düşünülmeye başlanılmıştır (Sundell 2017). Zaman geçtikçe binalar karmaşık şekille geldikçe iç hava kalitesinin insanlar üzerinde etkisi de daha dikkate alınmıştır. İç hava kalitesi için bir kılavuza ihtiyaç duyulmuştur. Bu nedenle 1895 yılında oluşturulan ASHRAE, 1973 yılında ilk defa havalandırma standartı yayınlamış, bu Standart 62-73'yi yayınlamışlar (Hansen 2000).

1970'lerde iç mekan hava kirliliğinin oluşturduğu sağlık sorunları halkın farkındalığının artmasına sebep olmuştur. Bu farkındalığın artmasına neden olan kirleticiler: uçucu organik bileşik- formaldehit ve mineral asbestti (Gammage ve Kaye 1984; Hansen 2000). Endüstriyel iş yerlerinde bir sağlık sorunu olarak görünen asbest, 1980'lerde endüstriyel olamayan alanlarda bir sağlık problemi gibi görülmüştür (Hansen 2000). EPA 1983 yılında "Seviyesinden bağımsız olarak havadaki asbest maruziyeti, bazı sağlık risklerini içerir" adı adlıği altında açıklama yapmıştır.

Geçen yüz yılın ikinci bölümünde, konutlarda kullanılan bazı malzemelerin açtığı sağlık sorunlarına daha çok değinilmiştir. Bu dönemlerde araştırılan konular asbest, radon, çevresel tütün dumanı, uçucu organik bileşikler, formaldehit ve toz akarları olmuştur. Şimdiki yüz yıla gelindiğinde küf endişe duyulan yeni bir hava kirletici olmuştur. Bu kirliliğin insan sağlığında açtığı sorun olan alerjiler, "modern maruziyetler-modern hastalıklar" endişeleri karşımıza çıkmıştır. Aynı zamanda partikül madde, akışkanlar dinamiği (CFD) gibi konularda yer verilmiştir (Hess-Kosa 2019).

2.4.2. İç ortam hava kalitesini belirleyen özellikler

Atmosfer tabakası dünyamızı çevreleyen bir tabaka ve bu tabakada canlı yaşantımızı sürdürmekteyiz. Atmosfer yer çekimi kuvvetiyle dünyamızı çevreleyen, gaz ve buhar tabakasıdır. Atmosfer tabakası birçok gazlardan, su buharı ve kontaminatlardan oluşmuştur. Su buharı ve kirleticiler arındıklarında kuru hava alınmış olur. Kuru hava bileşimi genellikle sabit bir bileşimdir, ama bazen coğrafi konum, zaman ve yükseklik gibi farklılıklar kuru hava bileşiminde değişikliklere neden ola bilir. Kuru hava ve su buharı bileşimleri birlikte nem havayı oluşturur (ASHRAE 2017). Atmosfer tabakasında bulunan gazlar üç gruba ayrılmıştır:

- Azot, oksijen ve asal gazlar gibi daima havada bulunan ve miktarları sabit olan gazlar
- Karbondioksit, ozon ve su buharı gibi havada daima bulunan ve değerleri değişken gazlar
- Kirleticiler, her zaman havada bulunmayan gazlar.

Devamlı olarak havada bulunan ve değerlerinde değişiklik bulunmayan gazlar hayatımızı sürdürme bilmek için gerekli olan gazlardır. Devamlı olarak havada bulunan ve değerlerinde değişiklik gösteren gazlar ise iklime etki eden gazlardır. (ASHRAE 2019).

Yeryüzünde bulunan hava hacimsel olarak genellikle azot, oksijen, argon, karbondioksit ve su buharından oluşmaktadır. Bu gazların hacimsel değerleri sırasıyla, %78,084, %20,9476, % 0,934, % 0,0314 ve % 3,5 bu değerlere sahiptir. Bu gazlar dışında havada neon, kripton, ksenon ve helyum gibi asal gazlarda bulunmaktadır (ASHRAE 2019; Aslan 1997).

ASHRAE Standartı 55'e göre; 2013 yılında termal kalite "termal ortamla ilgili memnuniyeti ifade eden zihinsel durumdur" adı altında tanımlanmıştır (ASHRAE 2016). Havanın sıcaklığı, bağıl nem, ısıma sıcaklığı ve hava hızı gibi dört çevresel özellikler ve metabolik tarafından üretilen ısı, giysilerin sağladığı yalıtım insanın termal tepkisini oluşturan değerlerdir. Bu değer farklılıkları göstermektedir, bunun da nedeni bireysel farklılıklar ve giysiler türleridir, bu sebeplerden dolayı bu değerler kesin bir sınır değerine sahip değildir (Atmaca ve Yiğit 2009; Köksal 2001; Özdamar ve Umaroğulları 2018). Termal ortamın fiziksel parametreleri olan, hava hızı, bağıl nem, ısıma ve hava sıcaklığı doğrudan veya diğer değerlerden hesaplanabilmektedir (Spengler 2000). Açıklamış olduğumuz diğer değerlerin yanı sıra enerji dengesi ve termal duyum iç hava kalitesinin etkileyen unsurlardandır (Spengler vd. 2000). İç hava kalitesi kontrollü bulunan alanlarda kabul edilebilir sıcaklık değeri değişkenlik gösterilebilir. Bunun nedeni olarak, nem, mevsim, giydiğimiz giysiler ve günlük aktivite seviyelerimizdir. Binada bulunan ortam sıcaklığı bina sakinlerini % 80'ni tarafında sıcak kabul görüldüğünde, %20'si tarafından çok soğuk, çok sıcak veya çok kuru olduğu söylenebilir (Hess-Kosa 2019). Bir kapalı alanın termal konforu değerlendirilen zaman hava ve ısıma sıcaklığı değerleri de analiz edilmelidir. Isıma sıcaklığının ortalama değeri, hava sıcaklığının değerinde büyük değerlere farklılaşabilir ve bu değerlerin iç hava kalitesini değerlendirilirken hesaba katılması gereklidir. Isıma sıcaklığını hava sıcaklığına yakın bir değerde tutmak çok önemlidir, iyi yalıtılmış ve gölgeli bir kapalı alanda ısıma sıcaklığı iç hava sıcaklık değerlerine yakın bir değeri almış olur. Isıma ve iç hava sıcaklığının değerleri birlikte operatif sıcaklık değeri olarak adlandırılır (ASHRAE 2016). Kapalı alanda iç hava sıcaklığı yüksek bir değerde olduğunda insanlar üzerinde yorgunluk hissi nedeniyle olurken, soğuk olduğu zaman ise rahatsızlık ve dikkat dağınılığına sebep olur. İç hava sıcaklığı kapalı alanda bulunan insanların sağlığı için çok önemli bir parametredir. İç hava sıcaklığını çok yüksek olması kardiyovasküler hastalığa, şeker, parkinson, epilepsi ve alzheimer hastalığı bulunan insanlarda kötü etki yaratır (Kunkel ve Kontonasiou 2015).

Sıcaklıktan bağımsız olarak havadaki su buharının hacmine mutlak nem (AH), sıcaklığı bağılı olarak havada ne kadar su buharı içerilceğini ölçümü ise bağıl nem (RH) olarak adlandırılmıştır, bağıl nem 0 ile 100 yüz arasında yüzdelik değerlerle hesaplanır. Ortamdaki sıcaklık değerinin değişmesi bağıl nem değerinde değişmesine neden olur.

bilir. Bu sebepten dolayı bağıl nem değerlerini stabil tutmak istediğin zaman iç hava sıcaklığı değerlerinde stabil tutulmak zorundadır. İç hava konforu sağlana bilinmesi için bağıl nem değerleri % 60 altında bir değerde tutulması lazım, ideal olarak bu değerler % 30 ile %50 arasında bir değere sahip olmalıdır (EPA 2008). ASHRAE Standartına göre iç mekan bağıl nem değerleri %65 veya onun altında bir değerde olmalıdır (ASHRAE 2016). Aynı zamanda yüksek nem değerleri yapı malzemelerinde, mobilyalarda ve diğer malzemelerde mikropların yayılımının hızlanmasına ve büyümesine neden olur. Bağıl nem değerlerinin çok düşük olduğu zamanda mukoza zarı tahrişine, kuru cilde ve kuru gözü gibi bir çok rahatsızlığa neden ola bilir (ASHRAE 2016; Hess-Kossa 2019).

İç mekan hava katilesinde etkili olan bir değerde hava akışı hızı değeridir. Bu terim belirli bir yömdeki hava hareketinin zamana göre değişimini ölçen bir kavramdır (m/sn) (Spengler vd. 2000). Hava akışı hızı sıcaklık değerlerinin düşmesine neden olur, bu sebepten dolayı hava akışının hızının düşürülmesi alptılanan sıcaklık değerinin yükselmesine neden olur (Hess-Kosa 2019). Kapalı alanların havalandırmadayı ən büyük amacı yüksek hava hızı değerlerine çıkmadan gerekli olan hava akışını sağlamaktır. Kapalı alandaki hava hızı peverelerin yerine ve boyutuna, kullanıcı sayısına, bağıl nem ve sıcaklığa bağlı bir paremetredir (Özdamar ve Umaroğulları 2018). Çizelge 2.1’de iç ortam hava kalitesi sınır değerleri verilmiştir.

Çizelge 2.1.Termal konfor parametreleri belirlenen limit değerleri (Özdamar ve Umaroğulları 2018).

Parametr e	ASHRA E-62	ASHRA E-55	TS-3419	Almany a DIN 1946	Kanada	CIBSE	Hong Kong-HKEPD
Sıcaklık	22.5-26°C yaz, 20-23.5°C kış		25 – 28 °C yaz, 22-23°C kış	20 - 26 °C		<27°C yaz, 19-23°C kış	20-25,5°C
Bağıl nem	%40-60 yaz %30-60 kış		%50-60 yaz, <%65 kış	%30-65 yaz %20-60 kış	%30–80 yaz %30–55 kış	%40-70	%40-70

Çizelge 2.1`in devamı.

Hava hızı		>0,25 yaz <0,15 kış	Kapalı, alanlarda hava akış hızı 0,15-0,20 m/s olmalıdır				
-----------	--	----------------------------	--	--	--	--	--

2.4.3. İç ortam hava kirleticileri ve kaynakları

Partikül madde, sıvı, gaz ve buhar gibi sınıflara ayrılıyor iç hava kirleticileri. Bu kirleticiler farklı kapalı alanlarda ve farklı türlerde karşılaşılan sorunlardır. Hava kirleticileri iç ve dış ortamlardan kaynaklanıyor (ASHRAE 2017).

Dış ortamlarda daha çok karşılaşılan kirleticiler; karbon monoksit(CO), azot oksitleri (NOx), ozon (O3), partikül maddeler (PM), kükürt dioksit (SO2) ve kurşun (Pb) bunlardır. Bu kirleticilerin neden olduğu bir çok problemler çok sayıda fakötere bağlıdır. Bunlar; endüstrileşme ve uygulanan kontrol tedbirleri, ulaşım tipleri, meteorolojik ve topografik'dir. İç hava kalitesi sorunlarına neden olan bir unsorda kötü dış hava kalitesidir (EPA 2018).

İç hava kalitesinin kötü etkilendiği iç ortam faktörler de formaldehit, radon, asbest, toz, küf, çevresel tütün dumanı (ETS), uçucu organik bileşkerler (VOC) ve CO₂'dir (EPA 2020a; T.C. Sağlık Bakanlığı 2010).

İç hava kirleticisi olan asbest doğal lif demetleri şeklinde olur ve bir kaç doğal mineralden oluşur, aynı zamanda dayanma ve yanma direncine sahiptir. Bu lifler genellikle doğal ortamlarda toprak ve kayalarda bulunur. Bu kirleticiler silikon ve oksijen hazırlanıyor, bazen başka elementlerde içerisinde bulunuyor. Doğada, iki şekilde karşılaşıyor serpantin ve amfiboller. Bu lifler sanayi devriminden bu yana kullanılmaktadır, elektrik iletgenliği olmadığı için yalıtım malzemesi olarak kullanılır (American Cancer Society (ACS) 2015; EPA 2018). 1970'lere kadar gelen kısmi kullanım yasağından önce asbestler bir çok inşaat malzemesinde, sürtünme ürünlerinde, ısı dayanaklı kumaşlarda, ambalajlarda, contalar ve kaplama malzemelerinde kullanılmıştır (Allen vd. 2018; EPA 2018; Pawelezyk ve Bozek 2015). Asbest malzemesiyle yapılan bina malzemeleri zamanla bozulmaya başlarsa asbest lifler kapalı alan havasında bulunmaya başlar ve bunlar insan sağlığı için büyük tehditler yaratır. Aynı zamanda asbest malzemesinden yapılan alanların yıkımı veya restore edilmesi durumunda bu malzemelere dikkat edilmezse bu malzemelerin bozulmaları durumunda asbest lifleri havaya salınabilir. Bu kirleticiler genellikle yapılmış olduğu malzemede bozulma olduğu anda iç havaya serbest bırakılmış olur. Bu kirleticilerin etkileri ne kadar zamanda maruz kalmaya bağlıdır. Bu malzemeler genellikle endüstriyel alanlarda

kullanıldığı için endüstriyel olmayan alanlarda kalan insanlara göre daha çok sağlık sorunları yaratıyor (EPA 2024).

Bu kirleticinin sağlık üzerindeki etkileri 1900'lerde ortaya çıkmıştır. Artan başvurular sonrası asbestlerin kanserojen tehdit oluşturulduğu analiz edilmiştir. Geçen asrın ikinci yarısında bu sorunları iyice analiz edildikten sonra inşaat malzemelerinde kullanılmasına ve maruziyete kalma süresini azaltmak için bazı standartlar alınmıştır (Wagner vd. 1960). Asbestin yarattığı sorunlar maruz kalma dozuna bağlıdır, uzun zaman bu kirleticiye maruz kalmak insan sağlığında kanser, akciğer kanseri, kolon, mide, yemek borusu ve diğer hastalıklara neden olur ve bununla ilgili birçok çalışma yapılmıştır (Allen vd. 2018; Crump ve Berman 2003; Franzblau vd. 2020).

Bir başka bir kirletici olan karbon monoksit içerisinde karbon elementi bulunan her hangi bir malzemenin eksik yanmasıyla oluşan renksiz, kokusuz bir gazdır (WHO 2010). Doğal olan malzemelerin nerdeyse hepsinde CO bulunmaktadır bu nedenle hem iç hem de dış hava için büyük sorun yaratan hava kirleticisidir ve toksiktir (ASHRAE 2017). CO'nun dış havada bulunma nedeni fosil yakıtlı araçlar ve sanayidir (Chowdhury vd. 2013). İç mekanda CO'nun bulunma nedeni dış havanın pencereden veya kapıdan içeri girmesi ile aynı zamanda içeride bulunan pişirme veya ısıtma cihazları bu kirleticinin ortaya çıkmasına neden olur. İç mekan havasında CO'ya maruz kalma nedeni gelişmiş ülkeler de en önemli kaynağı olarak fosil yakıtları yanlış kullanan kurumlar, iyi bir havalandırma sisteminin olmaması ve bakımsız ısıtma veya pişirme cihazlarından kaynaklanır. Aynı zamanda evlerde kullanılan biokütle yakıtları da bu neden olan sebeplerdendir, kapalı garajlarda kullanılan motorlu araçların egzoz dumanı da karbon monoksitin maruziyetini etkiliyor (WHO 2010).

Karbon monoksit kimyasal boğucu olduğu için hemoglobin oksijenden 240 kat daha meyil oluyor karbon monoksite karşı. Bu meyilliyi karboksihemoglobin (COHb) yaranmasına neden oluyor ve buda kanda oksijen değerinin düşmesine neden oluyor. Kanda oksijen değerinin düşmesi insan sağlığında kan damarları çeperlerinde, kalpte, beyinde ve diğer hassas dokular ve organlarda sorunlar yaranmasına neden oluyor (WHO 2000). Karbon monoksitin düşük konsantrasyonlarında insanlarda yorgunluk ve göğüs ağrısı rahatsızlıkları oluşuyor, orta değerlerde göğüste ağrı, sıkışma ve baskı, beyin fonksiyonlarında azalma ve görme bozukluğuna neden oluyor. Yüksek değerlerde baş ağrısı, baş dönmesi, bayılma, mide bulantısı, görme ve koordinasyon bozukluğuna neden oluyor. Hatta kapalı alanda aşırı durumda maruziyetler bilinç kaybına ve ölüme neden ola bilir. Küçük çocuklar ve hastalığı bulunan (astım, anemi, kalp vs.) kişiler karbon monoksite karşı çok hassasdırlar (EPA 2023).

Radon, uranyum kirleticileri birkaç bozulma sonrası oluşan radyumun gazı oluşur. Bu bozulma radyoaktif bozulmadır, oluşan gaz renksiz, kokusuz kimyasal açıdan inert gazdır. Radyum doğal ortamda bulunan kirleticidir, bunu nedeni radyumun ve uranyumun kaya ve topraklarda bulunmasıdır (Burroughs ve Hansen 2011; Spengler vd. 2000).

Radonun iç mekan kalitesine nüfuz etmesine sebep, ilk başta ana kaynağı toprak olmasıdır, duvar- döşeme bağlantılarındaki boşluktan, temel çatlaklardan, pis- su tesisatından ve lağım pompasıdır. Bir diğer sebepte radon bulunan malzemeler dışarı verildiği için bu gazın konsantrasyonu iç hava kalitesi için çok önemlidir (Cucoş vd.

2015; Fayos vd. 2020). Binaların bodrum katlarındaki odalarda bulunan radon değerleri çok vakit dışarda bulunan değerlerden yüksek bir değere sahip olmaktadır.

Radon gazının kapalı alanlarda bulunduğu 1950'lerin başında analiz edilmiş. Yeraltı madenciler üzerinde yapılan analizler sonrası 1960'lardan bu yana onlarda akciğer kanseri hastalığının artmasına neden olmuştur (National Research Council [NRC] 1999; Spengler vd. 2000; WHO 2009). Bu toplanan sonuçlar sonrasında 1988'de IARC (Uluslararası Kanser Araştırmaları Ajansı) radonun kanserojen olarak sınıflandırmıştır (IARC 1988).

Günümüzde de radonun akciğer hastalığıyla da ilişkili kabul görülen tek risktir (EPA 2024). WHO tarafından da radonun dünyada bulunan akciğer kanseri hastalığının %15'ine sebep olduğu belirtilmiştir (WHO 2009). EPA değerlerine göre ABD'de radonun sebep olduğu akciğer kanseri hastalığından yılda 21.000 insan ölmüştür, ayrıca radon sigara içen insanlar üzerinde daha etkili olduğunu belirtmişler (EPA 2020b).

Çevresel tütün dumanı (ETS) diğer bir hava kirleticisidir. Bu duman tütün veya sigara yakıldığı zaman yayılan duman ve bu tütün ürünlerini tüketen tarafından yayılan dumanın birleşimidir (Öcek vd. 2018; WHO 2007). Bu kirletici ikinci el ve ya pasif sigara içimi olarak adlandırılır ve çok düşük düzeyde tehlike yaratmaktadır (Thomson vd. 2006). EPA hazırlamış olduğu 1993 yılı raporuna göre ise A Grubu kanserojeni olarak belirtilmiştir (EPA 1993). IARC tütün dumanının insanlarda yeterli olarak bir kanserojen nedeni olduğu belirtilmiştir. Çevresel tütün dumanının içerisinde 250' sinin kanserojen toksik ve 7.000'den fazla solunabilir düzeyde partikül bulunduğunu belirtmişler (Chan-Yeung ve Dimich Ward 2003; United States Department of Health and Human Services (HHS) 2006).

Uluslararası Kanser Araştırmaları Ajansı (IARC) çalışma grubu sigara tüketiminin akciğer, ağız boşluğu, gırtlak, özofagus, mesane ve pankreas kanseri hastalıklarına neden olduğunu belirtmişler. Mide, nazofarenks, paranazal sinüs, karaciğer, böbrek, üreter, uterus, serviks, yumurtalık, kolorektum ve miyeloid lösemi kanseri gibi hastalıklarda IARC araştırmalarında listeye eklenmiştir (IARC 2004; IARC 2012). T.C. Bakanlığının yayınlamış olduğu kitapta tütün dumanının kanser hastalığına neden olduğunu belirtmişler (Bilir 2008). IARC 2012'de yaptığı son araştırmasında tütün dumanına maruziyettin meme ve serviks kanserine neden ola bileceği analiz edilmiştir (Kutlu vd. 2014; Macacu vd. 2015; Yang vd. 2016).

WHO 2013 yılında yaptığı açıklamada, 2000 yılında Türkiye'de hastaneye yatırılan hastaların % 20'nin sigara dumanı maruziyetinden kaynaklı olduğunu belirtmiş ve bunların hastane ölümlerini yarsından çoğu olduğu tespit olunmuştur. Bu nedenle Türkiye 2008 yılında en sık tütünün önlemlerinden yararlanmış ve % 100 dumansız hale getirmişler. Bu önlemden sonra hastaneye yatış oranlarında %27'lere ve sigara içme yaygınlığında %20'lere inilmiştir. Yapılan çalışmalara göre Türkiye'de her yıl 10.000 kişinin kapalı alanda sigara dumanı nedeniyle öldüğü tahmin edilmiştir (Keskinkılıç vd. 2014).

Bir diğer kirletici olan kurşun doğal olarak yer kabuğunda az bulunmaktadır. Hava, su ve toprakta doğal olarak bulunan bilen kurşun elementi endüstriyel alanlar farklı malzeme amaçlı olarak kullanılmaktadır (EPA 2019). Kurşunun zararlı olduğu tespit

edilmeden önce benzin, boya, gaz hattı ve bunun gibi birçok üründe malzeme olarak kullanılmıştır (EPA 1995). Havada bulunan kurşun kirleticisine neden olan yakıtların içerisinde bulunan kurşunun yanması sonrasında oluşmuştur. Zaman geçtikçe bu kirleticinin insan sağlığın üzerinde yarattığı kötü etki bulunduktan sonra yakıt malzemelerinde kullanılmasından vazgeçilmiştir. Türkiye’ de bu standarttı 2006 yılında uygulamaya başlamışlar (T.C. Sağlık Bakanlığı 2010). İç mekanda kurşun kirleticisinin bulunmasına etki eden diğer faktörlerde var. Bunlar kurşun içeren boyalar, sıhhi tesisat malzemeleri, piller, kozmetikler, cam boyama ve kurşun içeren malzemelerin kullanımıdır. Buna ilaveten içme suları, yiyecekler ve dış mekan kaynaklı gelen kurşun tozu da iç havada kurşun konsantrasyonunun bulunmasına neden olmaktadır (EPA 1995).

Kurşun maruziyeti insan sağlığını birçok kötü yönden etkiliyor. Kanda yüksek değerlerde kurşun bulunması komaya ve hatta ölüme neden ola bilir. Kurşun seviyelerinin daha düşük olduğu zaman merkezi sinir sistemine, böbreklere ve kan hücrelerine olumsuz etki ediyor. En düşük kurşun değerleri ise zihinsel ve fiziksel gelişime etki etmektedir (EPA 1995). Çocukların sağlığında ise sinirlilik, karın ağrısı, kusma, kronik öğrenme eksiklikleri, hiperaktivite, azalmış dikkat süresi, nöbetler ve bilinç kaybı gibi sorunlara neden ola biler. Kurşun zehirlenmesi yetişkinlerde baş ağrısı, mide bulantısı, kabızlık ve işitme kaybı gibi birçok sorunlara neden ola bilmektedir (EPA 1995).

Ozon başka bir hava kirleticisi olup, 3 adet oksijen atomundan oluşmuş kokusuz ver renksiz gazdır. Ozon atmosferin üst katı olan stratosferde bulunan bir gazdır. Ozon gazı insanlar üzerinde zararlı etkilere neden olduğu için hava kirleticisi ve duman ana bileşenidir. Ozon asit yağmurlarına ve havada sera gazı etkisinin oluşumuna neden olmaktadır.

Yer seviyesinde ozon doğrudan havaya yayılmaz, ozon güneş ışıklarının yardımıyla azot oksit (NO_x) ve VOC’larla kimyasal reaksiyon sonrası ortaya çıkar. İç mekanlarda ozonun bulunmasının en büyük nedeni dış mekan havasında bulunan ozon gazıdır. İç mekanda dış mekan havası dışında da ozonun bulunmasına neden olan faktörler vardır; bunlar iç mekanda kullanılan yazıcılar, fotokopi makinası, arıtma cihazları, ısıtıcılarda kullanılan malzemeler ve elektronik cihazlardır (Salonen vd. 2018). İç mekanda önemli bir ozon kaynağı bulunmadığında iç mekan ozon değerleri dış hava değerlerine göre düşük olmaktadır (Demirel vd. 2014).

Ozon insan sağlığında birçok problemlere neden olur. Solduğumuz havanın içerisinde ozonun bulunması astım olan insanlar için büyük bir sağlık riski oluşturuyor. Ozon gazına maruz kalmanın birinci yolu solunumdur (Hathaway ve Proctor 2004). Ozonun oluşturduğu bir diğer sağlık sorunları bronşit, astım, amfizem ve akciğer dokusunda zarar gibi hastalıklara neden olur (EPA 2018b).

Başka bir dış hava kirleticisi olan kükürt dioksit (SO_2) dış hava kirleticisidir. Bu gazın özellikleri tatsız, kokusuz, renksiz, tahriş edici ve patlayıcı olmamasıdır (Khaniabadib vd. 2017). Atmosferde bulunan bu gazın nerdeyse yarısı doğal emisyonlardan kaynaklanır. Atmosferde bulunan SO_2 değerlerini oluşmasına enerji santralleri ve diğer santrallerin kömür ve fueloilin gibi içerisinde bulunan kükürt atomu malzemelerin yakılması zamanı bu gaz ortaya çıkmaktadır. (Hess-Kosa 2019). Bu kirleticilerin değerleri en yüksek olduğu yerler endüstriyel alanlara yakın olduğu bölgelerde gözetleniyor. İç havada kükürt dioksit kirleticileri havada bulunmasına neden

olan faktörler, dış havada bulunan bu kirleticinin iç ortama taşınması ve iç ortamda bulunan ısıtma ve pişirme işlemlerinde içerisinde kükürt elementi bulunan yakıt kaynaklarının kullanılmasıdır (T. C. Sağlık Bakanlığı 2010).

SO₂'i konsantrasyonlarının insan sağlığına olumsuz etkilere neden olduğu analiz edilmiş. İnsan sağlığında solunum yolları, cildin ve üst solunum yolunun tahriş olması ve akciğer fonksiyonlarında değişimler olmasına neden olmaktadır. Kısa süreli bu kirletici maruziyeti solunum sisteminde sorunlar olmasına, astım ve zor nefes almaya neden olmaktadır. Astım hastalığı bulunan yetişkinler ve çocuklar bu etkilere daha duyarlı olmaktadır. Nemli mukoza zararıyla temasta olan sülfürik asit cilde tahriş esici etkiler yaratıyor (National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) 1974)

Atmosferde çok hızlı oksitleşme yaparak kükürt dioksit diğer oksitlerin (SO_x) yaranmasına neden oluyor. Atmosferde bulunan diğer kükürt oksitler reaksiyonlara girerek partikül oluşturuyorlar. Bu oluşan partikül madde (PM) iç hava kirliliğine neden oluyor ve insan sağlığına zararlı etkiler ediyor. PM' ler akciğerlere nüfuz edip insan sağlığında zararlı etkiler yaratıyor. Aynı zamanda havada bulunan kükürt dioksit ve diğer kükürt oksitler asit yağmuruna neden oluyor. Bu asit yağmurları bina malzemelerine, ağaçlara ve bitkilere zarar veriyor (EPA 2019).

Dış havada bulunan diğer kirletici azot dioksittir (NO₂). Bu gazın özellikleri keskin kokusu olan ve kırmızımsı kahverengilik olmasıdır (WHO 2006). Azot dioksit yüksek sıcaklıklarda yanma olduğu zaman diğer azot oksitlerle birlikte yaranan iç ve dış hava kirleticisidir.

Azot oksitlerin oksitleşmesiyle atmosferde azot dioksit gazın oluşturmaktadır. Bunun dışında doğal kaynaklı azot oksitler vardır. Bunlar, stratosferik, bakteriyel, volkanik etki ve yıldırım yer almaktadır (Cindoruk 2018; WHO 2006). Kentsel alanlarda kullanılan fosil yakıtlı taşıtlar NO₂' oluşmasına neden oluyor. Bunun yanı sıra elektrik üretimi ve endüstriyel alanlarda yanma işlemi yapıldığı zaman dioksitlerin yaranmasına neden olmaktadır. (Demirel vd. 2014). Bu kirleticilerin iç mekanda bulunmasına neden olan diğer faktörlerde dumanı, gazlı aletler, odun, yağ, gazyağı ve kömür yakma aletleri, sobalar, fırınlar, ısıtıcılar, şömineler, özellikle de kirli veya bakımı iyi yapılmayan cihazların kapalı alanda bulundurulmasıdır (Demirel vd. 2014). Nitrojen dioksitin kentsel alanlarda kırsal alanlara göre daha yüksek değer alması kentsel alanlarda trafik ve endüstriyel konsantrasyonun nitrojen dioksit üzerindeki etkisidir (Salonen, vd. 2019).

Azot dioksit güçlü oksitleştirici olduğundan, su ile kimyevi reaksiyona girerek nitrik asit ve nitrik oksitin yaranmasına neden oluyor. Bu yaranan kirleticiler bulunduğu akciğerde mukoza zararı üzerinde tahriş edici sorunların oluşmasına neden olur (WHO 2006). Nitrojen dioksit göz, burun, boğaz ve solunum etkileyen tahriş edici problemlerin yaranmasına neden olur (EPA 2024; WHO 2010). Kısa süreli nitrojen dioksit konsantrasyonuna maruz kalan insanlarda astım, öksürme, hırıltı sorunu ve alerjik semptomların oluşmasına neden olur. Bu kirletici astım hastalığı bulunan yetişkin veya çocuklarda daha büyük risklere neden ola bilmektedir (EPA, 2023). Azot oksitlerin havada oluşturulması için güneş ışıklarına ihtiyaç duyar, güneş ışıkları bu kirleticilerin diğer maddelerle reaksiyona girerek kirleticileri oluşturuyorlar. Oluşan azot oksit ve azot dioksit kirleticileri solunum yolu sorunların ortaya çıkmasına neden olmaktadır (Cindoruk 2018). Azot oksit ve azot dioksit atmosferde bulunan su, oksijen ve diğer

elementlerle kimyasal reaksiyona girerek asit yağmuru oluşturuyor, oluşan asit yağmurları ekosisteme zarar vermektedir (EPA 2023).

İç mekan kalitesi kirleticilerinden de bir tanesi küfler ve nesneler üzerinde bozulmuş büyüyen mantarlardır. Bu kirleticiler dış ve iç havada bulunur (EPA 2020). İç ortamda bulunan küfler pencereler, havalandırma ve soğutma sistemleriyle içeriye dahil olurlar. Dış ortamda bulunan küfler birçok farklı yollarla iç alana taşına bilir, bununda nedeni küflerin yapışkan bir özeliği olduğu için. Küf sporları birçok yerlerde bulan bilir, çatılarda, borularda, duvarlarda, aynı zamanda küfler nemli ortamlarda tez büyüme özeliğine sahipler mesela saksılarda sızıntının ola bildiğini düşündüğünüz zaman bu küflerin oluşması için büyük bir nedene sahip olur (Centers for Disease Control and Prevention (CDC) 2024). İç mekanda bulunan bir çok yapı malzemesinde küfün hızla büyümesine ve artmasına neden ola bilmektedir. Bunların dışında kağıt malzemeler, karton, tavan döşemeleri, ahşap ürünler ve ıslak selüloz malzemeler de küflerin büyümesi için iyi bir alan sağlayabilirler, alçıpan, halı, kumaş, yalıtım malzemeleride küfün iç havada bulunmasına neden ola bilir (CDC 2024).

Küf sporları çok küçük olduğundan gözle görünür değiller, bu sporlar ıslak ve nemli bir yerlere inmediği sürece iç hava kalitesi için sorun yaratmazlar. Binalarda yanlış yapılan havalandırma, yanlış malzeme seçimi ve yeterli olmuyan iklimlendirme nem değerlerinin kontrolünde sorun çıkarır, bu kontrollerin düzgün yapılmaması küfün iç mekanda gelişimini etkileyen birincil faktörlerdir (IOM 2004). Diğer kirleticiler gibi küflerde insan sağlığını olumsuz yönden etkiliyor. Bu kirleticiler alerjen ve tahriş edici maddeler ürettikleri için bir çok coğrafi bölgede yapılan çalışmalar solunum ve alerjik hastalığına neden olduğu belirtilmiştir (Mendell vd. 2011).

2003 yılına kadar Uluslararası Göç Örgütü (IOM) tarafından yapılan araştırmalarda iç havasında bulunan nemin öksürük, hırıltılı solunum ve bunun gibi birçok hastalığa neden olduğu raporlarla analiz edilip ispatlanmıştı ama hazırlanan bu raporlarda astım hastalığı için bir rapor hazırlanmamıştır. Bunun yanı sıra çok hassas kişilerde duyarlılık pnömonisine neden olduğu belirtilmiştir (IOM 2004). 2007 yılına kadar WHO tarafından yapılan çalışmalarda astım gelişimine, dispnesi ve solunum yolu rahatsızlığına yol açtığı belirtilmiştir. Sonuçlarda bu belirtilerin alerjik hastalığı olan ve olmayan bireylerde bulunduğunu belirtmişler (Mendell vd. 2011).

Mendell ve arkadaşları (2011) yaptıkları analizlerde, iç nemin astım hastalığıyla ilişkisi analiz edilmiştir. Araştırmada astım hastalığı bulunmayan kişilerde astım özelliği taşıyan nefes darlığı, hırıltı, öksürük, solunum yolu enfeksiyonları, bronşit, egzama ve üst solunum yolu tahrişi gibi sorunlara neden olduğu belirtilmiş ve astım hastalığı alevlenmesine neden olduğu tespit edilmiştir. Bunu yansın saman nezlesi semptomlarında (kırmızı gözler, boğaz ağrısı, deri döküntüsü vs.) insanlarda oluştuğunu analiz etmişler (CDC 2024; EPA 2024).

Yetişkinlerde ve çocuklarda alerjisi ve astım hastalığı bulunan her bir bireyde küfün daha etkili olduğu belirtilmiştir. Küf ve mantar kirleticilerin türlerine bağlı olarak küf ve mantar alerjileri türüne özgüdür (Hess-Kosa 2019). Kapalı anamlarda küfün karşısını almak için antimikrobiyal malzemelerle temizlik ve dezenfeksiyon işlemleri yapılır. Bir diğer çözümde bağıl nem ve rutubet kontrolü yaparak küfün önlenmesi yapılmaktadır (Burroughs ve Hansen 2011).

İç mekan kirletici türü olan organik bileşikler içerisinde bulunduru organik maddelerden dolayı biyoaerosol adlandırılır. Biyoaeroslara mantar, mantar sporları, polenler, virüsler, biyolojik kökenli havada bulunan tüm parçacık madeler dâhildir (Menteşe vd. 2009).

Doğada her yerde bulunduğu için bu kirleticiler hem iç hem de dış alanda karşılaşılması kaçınılmazdır. Bu kirleticilerin iç alanda bulunma nedenleri, insan ve hayvan faaliyetlerinden, kıyafetlerden, ayakkabılardan, iç ve dış mekân arasındaki hava değişiminden, ısıtma, havalandırma ve soğutma sistemlerinden, duvar açıklıklarından, su tesisat borularının neden olduğu görülmektedir (Zhang ve Li 2020). Aynı zamanda rüzgâr, sıcaklık, coğrafi konum, ışık ve oksijen miktarı değerlerinde organik kirleticileri etkilemektedir.

Biyoaerosol kirleticileri farklı boyutlara sahiptir. 1.0-5.0 µm arasında boyut değerlerine sahip bu kirleticiler havada kalırken, daha büyük boyutlu parçacıkları ise yüzey alanlarda bulunur. Biyoaerosollere bağlı nem, sıcaklık ve hava akımı parametreleri çok fazla etki ediyor ve diğer fiziksel parametrelerde boyutlarına etki etmektedir (Stetzenbach, vd. 2004).

İnsanların solunum yolu aktiviteleri zamanı partiküllerin solunum yolu patojenlerinin salınmasına neden olur. Bu kirleticiler hastalıklar damla yolu ve hava yoluyla bulaşmaktadır. Damlacık iletim yolu üretim yerinin 1m yakınlarında yere düşme eğilimleri vardır bununda nedeni damlacık boyutunun büyük olmasıdır. Daha küçük boyuta olan hava yolu bulaşma türü parçacıkların bulaşma yolu olarak adlandırılmaktadır. Bu türde parçacık boyutları küçük olduğundan dolayı daha fazla havada aslı kalabilme özeliğine sahiptir ve buda daha fazla insanın hastalığa bulaşmasına neden olur (Wei ve Li 2016).

Yapılan önceki çalışmalarda biyoaerosol yüksek konsantrasyonuna maruz kalmanın insan sağlığında astım, rinit, aşırı duyarlılık ve enfeksiyonlar gibi birçok sağlık sorunlarına neden olduğu belirtilmiştir. Son zamanlarda yapılan çalışmalarda ise bu kirleticilerin yüksek konsantrasyonuna maruz kalmanın solunum yolu ve kanser gibi hastalıklara, özellikle, çocuklar ve yaşlılarda daha etkili olduğu belirtilmiştir (Zhang ve Li 2020).

Bazı durumlarda mikroorganizmalar kötü kokulu ve tahriş edici kimyasalların ortaya çıkmasına neden oluyor ve bu ortaya çıkan sorunlar hasta bina sendromunun oluşmasına neden olur (Parsons 1997). İç hava ortamında karşımıza en çok çıkan biokirleticiler mantar ve bakterilerdir (T.C. Sağlık Bakanlığı 2010). İç ve dış mekanda en çok sağlık sorunlarına neden olan dört mantar türü; Penicillium, Aspergillus, Cladosporium ve Alternaria'dır. Lejyoner ve Pontiac adlı hastalıklarının insanlarda yayılmasına Legionella bakteri neden olmaktadır (Parsons 1997).

Bir başka biyoaerosol çeşitti olan virüsler en küçük çaplara sahip olan bir türdür. Günümüzde en çok adını duyduğumuz korona virüs hayvanlarda ve insanlarda sağlık sorunlarının ortaya çıkmasına neden olur. Korona virüsü insanlarda ortaya çıkmasına neden olan soğuk algınlığıdır, bu sebepten ortaya çıkan korona virüsü Orta Doğu Solunum Sendromu (MERS) ve Şiddetli Akut Solunum Sendromu (SARS) gibi ve solunum yolu enfeksiyonlarına sebep ola bilmektedir (WHO 2020).

SARS-CoV-2 yeni tanımlanan koranivürüs türüdür, bu hastalık Dünya Sağlık Örgütü tarafında COVID-19 olarak adlandırılmıştır. Bu hastalık tüm dünyada solunum yolu hastalığı salgınına sebep olmuştur. Hastalı 2019 yılının Aralık ayında Çinin Wuhan kendinde ortaya çıkmış ve kısa sürede tüm dünyada yayılmıştır. Bu hastalığın diğer virüsler gibi burun ve ağızdan damlacıklar ve temas yoluyla insanlar arasında yayıldığını belirtmişler. Bu hastalığın gösterici semptomları öksürük, yüksek, ateş solunum yolu rahatsızlığı, kas veya vücutta ağrılar, tat bilme kaybı, boğaz ağrısı, ishal ve koku bilme kaybının kaybı gibi birçok rahatsızlıklardır. Bu hastalık yaşlı insanlarda, kalp hastalarında, kanser hastalarında, diyabet hastalarında, daha büyük sorunlara yol açabileceği belirtilmiştir hatta bu sorunların ölümle de sonlana bileceği söylenilmiştir (WHO 2020).

Uçucu organik bileşikler (VOC) iç ortam kirleticilerin bir türüdür. Bu kirleticiler organik sıvılardan yüksek buhar basıncı ve düşük kaynama özeliğine sahip katı malzemelerden oluşan bir gaz türüdür (Verma vd. 2019). VOC'lar bazı karakteristik özeliğe kategorize edilmektedir; kaynama noktaları ve yayılma kolaylığına göre. Avrupa Birliği tarafından VOC'ların kaynama noktasına göre 101,3 kPa, 250°C altında veya buna eşit değerlerde başlangıç kaynama noktasına sahip her türlü organik bileşik olarak tanımlanmıştır. WHO tarafından VOC' ler üç türe ayrılmıştır; çok uçucu bileşikler (VVOC'lar), uçucu organik bileşikler (VOC), yarı uçucu organik bileşikler (SVOC'ler) (EPA 2024a).

Uçucu organik bileşikler yüksek toksisiteleri ile beraber önemli iç ortam kirleticisidir (Bacaloni vd. 2011). VOC'ler iç ve dışın alanlarda bulunmaktadır. Bu kirleticilerin bazı türleri insan sağlığı için tehlike taşımaktadır (Brenet vd. 2020). Yapılan çalışmalar sonrası iç mekanda bulunan VOC'lerin maruziyeti dış mekanda bulunanlara göre 2 ile 10 kat daha fazla olduğu analiz edilmiştir (Hess-Kosa 2019; Shrubsole vd. 2019; Verma vd. 2019).

VOC'ların dış ortam havasında bulunmasının nedenleri, endüstriyel ve ticari iş alanları, trafikte bulunan egzoz dumanı, biyolojik metabolizma, bozulma ve bozuma zamanın eksik yanmadır (Hess-Kosa 2019; Shrubsole vd. 2019).

İç ortamlarda VOC'ların bulunma nedenleri ise ısıtma, pişirme ve soğutma prosesleri, boya, boya temizleyicileri ve çözücüler, temizlik malzemeleri, dezenfektanlar, oda kokuları, çevresel tütün dumanı (ETS), böcek zehri, ahşap malzemeleri ve temizleyicileri, depoda bulunan yakıtlar ve otomotiv ürünleri, yapıştırıcılar, el sanatı boya, fotokopi ve yazıcı cihazları, mobilyalar ve bunu gibi birkaç unsur dâhildir (Hess-Kosa 2019; Verma vd. 2019). İç ortamda bulunan organik bileşik konsantrasyonları hem dışı ve hem iç kaynaklardan ortamlarda bulunmaktadır, ama bu kirleticinin yayılmasında en büyük pay trafik emisyonlarıdır (Baek vd. 1997).

Organik bileşiklerin konsantrasyonunun maruz kalmak insan sağlığında kronik etkilere neden olduğu vurgulanmaktadır. Bunlara koordinasyon kaybı ve bulantı, astım, burun kanaması, yorgunluk, baş dönmesi, hafıza kaybı, böbrek ve merkezi sinir sisteminde bozulma ve kanser gibi hastalıklara neden ola bilmektedir (Hess-Kosa 2019; Verma vd. 2019;). Bu hastalıklar VOC'lara maruz kalma süresine ve düzeyine bağlıdır (EPA 2024).

Uçucu organik bileşiklerin benzen, tolüen, etil benzen ve ksilenler (BTEX) gibi tehlikeli hava kirleticileri (HAP) türleri de vardır. Bu türler IARC tarafından GRUP 1 kanserojeni olarak belirtilmektedir (Demirel vd. 2014; IARC 2020; Montero-Montoya vd. 2018). Formaldehitin bir uçucu organik bileşiği olarak kabul edilmesine bakmayarak, çok iç mekan hava kalitesi çalışmalarında organik bileşiklerden ayrı tutulmaktadır ve bunun nedeni formaldehitin (HCHO) iç ortamdaki yaygınlığı ve insan sağlığında oluşturduğu problemlerdir (Spengler vd. 2000).

Formaldehit oda kirleticisinin oda sıcaklığında renksiz ve yanıcı özellikleri kendinde bulunduran bir gazdır. Bu nedenle bakmayarak bir uçucu organik bileşiktir, güçlü kokuya ve yüksek konsantrasyon değerlerine sahiptir. Formaldehit en yaygın aldehit türüdür ve hem insan aktivitesi ile hem doğal kaynaklarda bulunabilir (Menteşe ve Güllü 2006). Bir VOC türü olmasına bakmayarak, VOC analizi belirleme yöntemleri kullanılarak belirlenmiyor. Bu sebepten dolayı diğer organik bileşiklerden ayrı analiz ediliyor (T.C. Sağlık Bakanlığı 2010). Atmosferde bulunan aldehitler güneş ışığında CO₂'le kimyevi reaksiyona girerek foto-oksidlenmektedir (Agency for Toxic Substances and Disease Registry [ATSDR] 2008).

Formaldehit birçok sektörde kullanılmaktadır. Özellikle kimya ve inşaat malzemeleri sektöründe bu elementten çok kullanılıyor. İnşaat sektöründe binaların yenilenmesinde, duvar kaplamasında, kumaş boyaları, paneller, kontrplak, köpük yalıtımı ve yapıştırıcı gibi ürünlerde kullanılmaktadır. Formaldehitin iç ortamda bulunmasına sebep olan diğer faktörler de, mobilya, raf, bölmeler, tavan döşemeleri, duvar kaplamaları, perdeler, laminant parkeler, halı ve tavan döşemeleri, duvar ve tavan boyaları, kâğıt ürünleri, deodorantlar, mürekkepler, dezenfektanlar, temizlik malzemeleri, oda spreyleri, korunmuş gıdalar ve makyaj malzemeleri gibi ürünlerin içerisinde bulunmasıdır (Burroughs ve Hansen 2011; Hess-Kosa 2019; T.C. Sağlık Bakanlığı 2010). İç ortamda bulunan formaldehit konsantrasyon değeri çok zaman dış alanda bulunan miktarından daha fazladır (Hess-Kosa 2019; Zeydan vd. 2009). Bu kirleticilerin iç ve dış mekânlarında bulunmasına sebep olan diğer faktörde yanma ürünleridir, benzin, sigara, doğal gaz, ahşap gibi ürünleri. Dış mekanlarda formaldehit değerlerinin yükselmesine neden olan faktörler enerji santralleri, araç taşıtlarının yanma sorası ortaya çıkan egzoz atıkları, fabrikalarda yanma zaman oluşan atıklardır (Hessa-Kosa 2019). Bu faktörlerin dışında bir diğer etkileyici faktör binalarda kullanılan yapı malzemelerinin içerisinde bulunması ve binalarda kullanılan havalandırma sistemlerinin yetersizliğidir (Menteşe ve Güllü 2006).

Formaldehit konsantrasyon maruziyeti insan sağlığında büyük sorunlar yaratabilir bunun da nedeni reaktif madde olmasıdır. İnsan sağlığında cilt tahrişine, üst solunum yollarına, gözlerde sorunların yaranması gibi birçok sorunlara neden olur (ATSDR 2008). Düşük seviyelerde iç mekanlarda formaldehit. Konsantrasyon maruziyeti insanlarda burun, boğaz ve gözde tahriş edici etkilere neden olur, bu göstergelerin semptomları gözde yanma ve sulanma, öksürük ve burun alerjisidir. Düşük konsantrasyon değerlerinde kronik hastalığı bulunan insanlarda baş ağrısı, mide bulanma, astım, kronik yorgunluk gibi sorunların ortaya çıkmasına neden olur. Maruziyet değerlerinin yüksek olduğu ortamlarda insan sağlığında göğüs ağrısı, bronşit, hırıltılı solunum, akciğer tahrişine ve kalp hızında artış gibi sorunlara da neden olmaktadır. Formaldehit değerleri iç mekanlarda belirlenen standartların üzerinde bir değer aldığı zaman akciğer ödemi ve ölümle sonuçlanabilecek nedenler sebep olabilir. Bunun yanı

sıra cilt tahrişi, boyun ve kollarda egzama, yüz ve göz kapaklarında tahrişe de neden olmaktadır (Burroughs ve Hansen 2011; Hess-Kosa 2019). Aynı zamanda merkezi sinir sistemine de zararlı etkileri vardır (T.C. Sağlık Bakanlığı 2010). IARC yaptığı analizler sonrasında formaldehitin Grup 1 kanserojen etkisine sahip olduğu belirtilmiştir (IARC 2020). 2011 yılında formaldehitin insanlar ve hayvanlar üzerinde kanserojen etkisini belirlemek için İnsan Hizmetleri Bölümü (HHS) deneyler gerçekleştirmiş ve sonuç olarak kanserojen etkiye sahip olduğu belirtilmiştir (ATSDR 2008).

CO₂ konsantrasyonları binalarda iç hava alanlarında bulunan bir kirleticidir. Bu kirleticinin iç hava kalitesini düşürdüğü 18.yüzyıldan beri bilinmektedir. 1781'de Lavoisier'in yaptığı çalışmada belirttiği insanlar nefes aldığı zaman oksijen gazını yutar ve karbon dioksit gazını salar tanımı iç hava kalitesi çalışmaları için önemli özeliğe sahip olmuştur. 1858 yılında profesör Max Joseph Von Pettenkofer'in yaptığı çalışmada karbon dioksit yoğunlaşma değerinin 1000 ppm'nin üzerinde olduğu zaman insanların nefes almaları için yeterli temiz hava olmadığını vurgulamıştır (Hansen 2000).

Bu gaz kirleticinin özellikleri havadan ağır olması, renksiz, kokusuz, tatsız ve yanıcı olmamasıdır (International Programme on Chemical Safety [IPCS] 2006). Atmosferde bu gaz fosil yakıtlarının yanma ürünü ve hücre solunum yoluyla bulunabilmektedir (Azuma vd. 2018; Groenigen vd. 2011). İç mekânlarda bulunan bu kirleticinin değeri dış mekân değerleri ile kıyaslandığında iç mekân değerleri genellikle dış mekan değerlerine göre yüksek olmuştur. Bunun nedeni olarak iç mekânda bulunan insanların solunum zamanı CO₂ gazının salınım yapması, dış mekânlardan içeriye dâhil olan CO₂ miktarı, iç ortamda bulunan yanma ürünleri ve tütün dumanı gibi faktörler gösterilmiştir (Burroughs ve Hansen 2011; Hess-Kosa 2019).

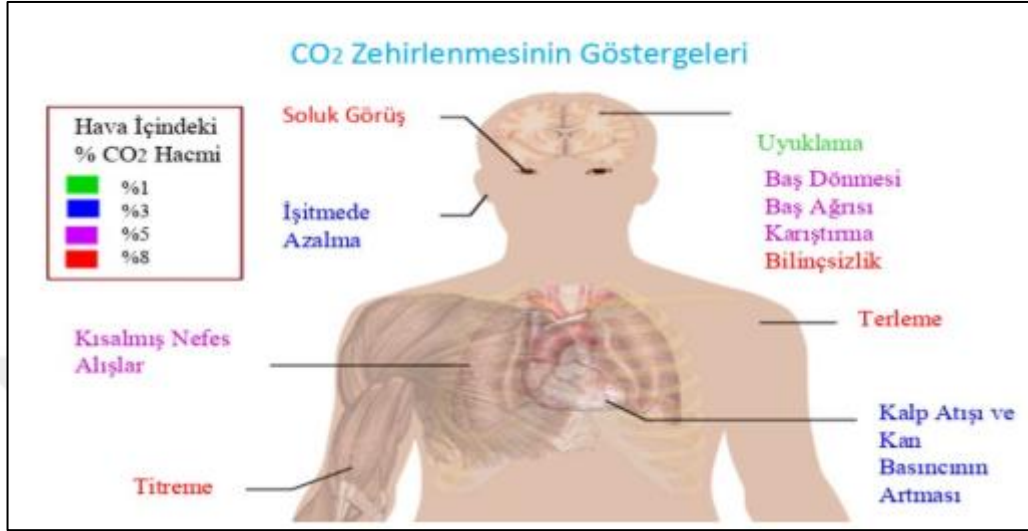
CO₂ yoğunlaşma değerlerinin iç mekânlarda yeterli temiz havanın olup olmadığına, havalandırma sistemlerinin doğru dizayn edilip edilmediğine ve iç mekan hava kalitesinin sağlıklı olup olmadığını analiz etmek için kullanıla bir göstergedir (Hess-Kosa 2019; Persily 2015).

Yapılan araştırmalar sonrasında karbon dioksit değerlerinin iç mekânlarda 800 ve 1000 ppm arasında olması gerektiği belirtilmiştir (Cheng vd. 2019; Hess-Kosa 2019; Muscatiello vd. 2015). Karbon dioksit konsantrasyon değerli iç mekanda ASHARE 62 standardına göre 1000 ppm'nin altında tutulması iç hava kalitesi için çok önemli ve aynı zamanda iç mekanda üretilen kokunun azalmasına sebep olur (Alves vd. 2019). Karbon dioksit kirleticileri yüksek değerler almadığı sürece bir iç hava kirleticisi gibi kabul edilmemektedir. Kapalı alanlarda karbon dioksit değerleri 1000 ppm değerini aştığı zaman insanlar da ciddi sağlık şikâyetine neden olmaktadır (Burroughs ve Hansen 2011; Hess-Kosa 2019).

CO₂ konsantrasyon değeri 700 ppm'i aştığı zaman insanlar üzerinde göz ve mukozal tahrişe ve üst yolu solunumlarına sebep olur, bu faktörlerde hasta bina sendromu semptomlarıdır (Azuma vd. 2018).

Karbon dioksit (CO₂) konsantrasyon değerleri 1000 ppm'in üzerinde bir değer aldığı zaman insanlarda karar verme, problem çözme gibi performans bozukluklarına neden olur (Azuma vd. 2018; Zhang vd. 2017) ve bu değerler okullarda çocuklar üzerinde solunum yolun hastalıklarına neden olmaktadır (Azuma vd. 2018).

Karbon dioksiti(CO_2) konsantrasyonu yüksek değerlere sahip olduğu zaman insanlar üzerinde baş ağrısı, metabolik stres, artan solunum hızı, baş dönmesi, kusma, merkezi sinir sisteminde bozukluklar, nefes darlığı gibi sorunlara neden olabilir (Azuma vd. 2018; Hess-Kosa 2019). Karbon dioksit konsantrasyonunun sebep ola bileceği hastalıklar şekil 2.1’de gösterilmiştir.



Şekil 2.1. CO_2 konsantrasyonunun neden olduğu hastalıklar (Häggström 2014).

İç hava kalitesinin kötü yönden etkileyen bir diğer kirleticide partikül maddedir. PM kirleticilerin oluşmasına neden olan asitler, toprak veya toz parçacığı, organik kimyasallar ve metallerdir. Bu kirleticiler heterojen bir karışımdan ortaya çıkmaktadır (Kim vd. 2015). PM’lerin boyutları değişiklik göstermektedir, gözle görülebilir ve elektro mikroskopla görülebilir parçacıklara sahiptirler (EPA 2023).

Kaba partikül olarak adlandırılan PM_{10} ’lara 10 mikrometre veya daha küçük boyutlara sahiptir (EPA 2023; WHO 2013).

Solunabilir ince partikül adlandırılan $\text{PM}_{2.5}$ parçacığı 2.5 mikrometre veya daha küçük çapa sahiptir. İnsan saçı çapı bu parçacıktan neredeyse 30 kat büyüktür (EPA 2023; Kim vd. 2015; WHO 2013).

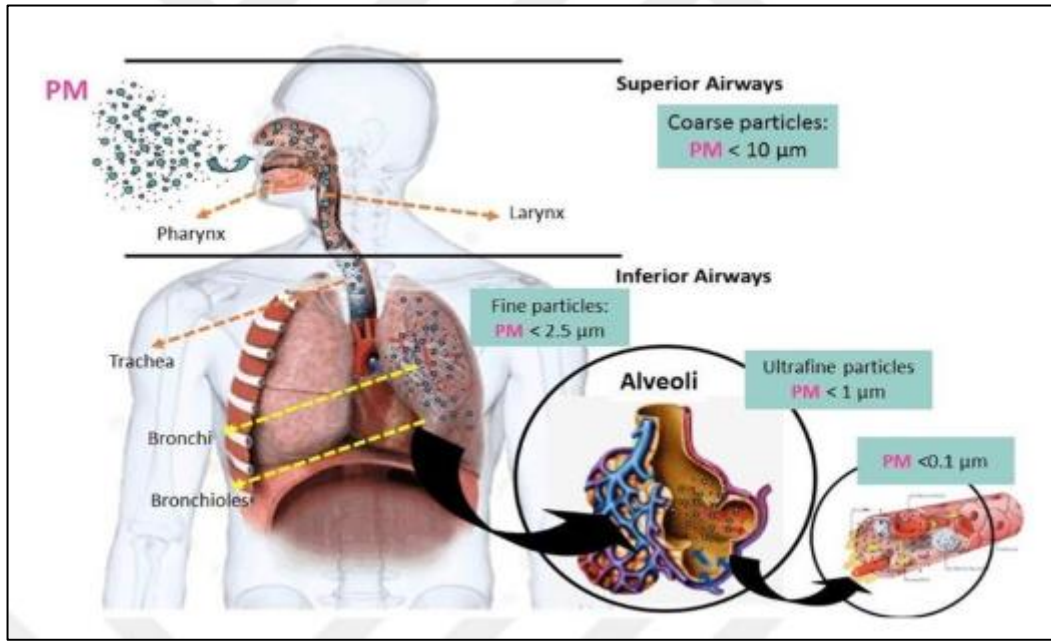
Ultra ince partikül adlandırılan $\text{PM}_{0.1}$ parçacığı 0,1-0,2 mikrometre çapına sahiptir. Atmosferde bu üç parçacık şekilli farklı kimyasal bileşiklerle beraber bulunmaktadır (Hasheminassab vd. 2013; Sioutas vd. 2005; WHO 2013).

Atmosferde bulunma kaynağına göre PM’ler birincil ve ikincil olarak iki türe ayrılmaktadırlar. Atmosferde bulunan birincil türün kaynakları, volkanlar, aerosoller haline gelmiş deniz tuzu ve yangınlardır, bu tür doğal kaynaklardan oluşur. Doğal kaynaklardan oluşmayan birincil tür faktörleri endüstriyel binalarda enerji üretimi için yapılan yanma, tütün dumanı, araçların lastiklerinden aşınma ile çıkan parçacıklar, egzoz dumanından çıkan maddelerdir. Bu tür partiküller kaba partikülün kaynağı olarak bilinir. Bu parçacıkların boyutu daha büyük olduğu için yerçekimi kabiliyetleri yüksektir ve bu nedenden dolayı atmosferden uzaklaştırmak için saatler sürmektedir (Hathaway ve Proctor 2004; Kim vd. 2015; Sioutas vd. 2005; WHO 2013).

Atmosferde bulunan ikincil kaynaklar ise atmosferde bulunan içerisinde atmosferik ve su buharı bulunan gazların kimyasal ve fotokimyasal yoluyla reaksiyona girmesi sonucunda atmosferde bulunur. İkincil tip partiküller genellikle ince partiküllerden oluşur. Güç santrallerinde yakılan yakıtlar, araçlarda kullanılan hidrokarbonatlı yakıtlar ikincil tür partiküllerin ana kaynağıdır. Bu partikülleri boyutları çok küçük olduğu için atmosferde uzun zaman kala biliyor ve uzun mesafeler kat edebilmektedir (Hathaway ve Proctor 2004; Kim vd. 2015; Sioutas vd. 2005; WHO 2013).

Ultra ince partikül türü kentsel alanlarda bulunmasının en önemli nedeni motorlu taşıtlardan yayılmasıdır (Daher vd. 2013; Hasheminassab vd. 2013; Verma vd. 2009). İnce partiküller geniş yüzey alanlarda birim kütle başına organik karbon, metal gibi toksik madde ve poliseklik aromatik hidrokarbonlar kirleticileri taşıya bilme kabiliyetlerine sahiptirler (Daher vd. 2013; Hasheminassab vd. 2013).

Bu kirleticilerin maruziyeti insan sağlığında sorunlara neden olabilmektedir. Küçük boyutlu bu parçacıklar solunum yoluyla insan vücuduna nüfuz eder ve nüfuz ettikleri yerde birikirler. PM₁₀ partikül kirleticisi insan sağlığında hapşırma ve öksürük gibi alerjik semptomlara neden olmaktadır, genellikle burunda ve boğazda toplanırlar (Kim vd. 2015). PM kirleticilerin insan vücudunda yayılması Şekil 2.2'de gösterilmiştir (URL2 2017).



Şekil 2.2. Partikül çapı 0.1µm, 1µm, 2.5µm, 10µm olan kirleticilerin vücutta yayılması (URL-2, 2017).

10 µm'den küçük çapa sahip partiküller insan sağlığında büyük sorunlara neden olabilir (Löndahl vd. 2006). Küçük boyutlu parçacıklar aşırı nüfuz etme kabiliyetleri bulundukları için akciğerlere, burun geçişlerine ve alveollere kadar inen hatta kanada karışabilmektedir. Çapları 1 ile 5 µm arasında olan parçacıkları alveollerde ve solunum bronşiyollerinde birike bilmektedir (Kim vd. 2015; Löndahl vd. 2006). Bir µm'den daha

küçük boyutlara sahip partiküller gaz molekülü gibi davranıp hücre dokusuna ve dolaşım sistemine karışarak büyük sorunlara neden ola biliyorlar (Kim vd. 2015).

Hava bu küçük çaplı parçacıkların yayılması için araç ola biliyor. $PM_{2.5}$ ve PM_{10} çaplı parçacıkları yalnız virüslerin artmasına değil, onun 2m'lik mesafelerde yayılmasına neden ola bilmektedir. Bu mikroorganizmaların taşınmasına sebep olan $PM_{2.5}$ ve PM_{10} çaplı parçacıklar onların solunum zamanı insan vücuduna nüfuz etmesine sebep olmaktadır (Sciomer vd. 2020). $PM_{2.5}$ ve PM_{10} çaplı partikül kirleticiler için geçmiş zamanlarda yapılan çalışmalarda bu kirleticilerin konsantrasyon değerleri arttıkça virüs yayılmalarında da artışlar tespit olunmuştur (Cao vd. 2014; Carugno vd. 2018).

Covid-19 pandemisi zamanı hava kirleticilerin bu hastalığın yayılması üzerinde etkileri analiz edilmiş ve bu hava kirleticilerin bu virüsleri taşıya bilir kabiliyetleri analiz edilmiştir. Bu çalışmalar en çok Çin, ABD'de ve İtalyada yapılmıştır (Conticinia vd. 2020; Fattorini ve Regoli 2020; Frontera vd. 2020; Wu vd. 2020; Zhu vd. 2020; Zoran vd. 2020).

Nisan 2020'de Wu ve arkadaşları (2020) yaptıkları çalışmada bir $\mu g/m^3$ 'lük çapında partikül artışının COVID-19 virüsünden ölenlerin %8'lik oranda artmasına neden olduğu belirtilmiştir. Van Doremalen (2020) yaptığı çalışmasında aerosoller de yaptığı 3 saatlik analiz sonrasında SARS-CoV-2'nin birkaç saat bazense günlerle hareketsiz alanda sağ kaldığı sonuçlarını almıştır.

Bu kirleticilere maruz kalma süresinin insan sağlığında tahriş, nefes almada zorlanma, akciğer fonksiyonlarında azalma, solunum yolu sorunlarına, vücutta bulunan hastalıklar daha da artmasına, astım ve bunu gibi birçok hastalıklara neden olup erken ölüm riskinde artışlara sebep ola bilmektedir (Halonen vd. 2009; Hathaway ve Proctor 2004; Perez vd. 2012). $PM_{2.5}$ kirleticisi hastalığı bulunan yetişkinlerde ve çocuklarda daha büyük sorunlara sebep ola bilmektedir (Kim vd. 2015; Löndahl vd. 2006). Türkiye'de iç hava kalitesi üzere yapılmış olan çalışmalarda $PM_{2.5}$ hava kirleticisi için bir standart sınır değeri belirlenmiş ve 60 ilde bu kirleticinin kanserojen etkisi üzere ölçüm analizleri yapılmıştır (Temiz Hava Hakkı Platformu [THHP] 2020). 2020 yılında yayınlanan analizlere göre bu kirleticinin kirliliği sıralamasında Türkiye 106 ülke içersindi 46. sırada yer bulmuştur (İQAİr 2023).

Bu hava kirleticilerin iç hava kalitesine düşmesine sebep olan diğer unsurlarda iç mekanda kullanılan malzemelerdir (EPA 2023). İç yapılarda bulunan halı malzemeleri iç ve dış mekandan gelen kirleticileri kendi üzerinde toplayarak bir rezervuar görevi yapmaktadır. İç mekanda bulunan bu kirleticiler insan sağlığında göz tahrişi ve boğaz tahrişine neden olmaktadır (EPA 2023). İç mekanda bulunan tekstil malzemeleri, kumaş kaplamalı koltuklar ve raflarda bu kirleticinin yayılmasına neden olduğu gözlemlenmiştir (Zhao vd. 2006).

Yetkililer tarafından iç mekan tasarımı yapıldığı zaman aşağıda belirtilen özelliklere uygun iç malzeme seçimi yapılması lazımdır.

- Bakımı ve temizlenmesi kolay bir şekillinde olan malzeme,
- Kaplama ve su bazlı yapıştırıcı malzeme,
- Koku yaymayan veya çok az yayan malzeme,

- Uçucu organik ve toksik içeren kirleticileri içerisinde az bulunan.
- Neme problemine duyarlı ve küf oluşumuna izin vermeyen malzemeler (EPA 2023).

İç ortam havasında bulunan kirleticilerin değer artışlarına sebep olan bir faktörde iklim parametreleridir. Bu ilkim parametrelerine rüzgarın hızı ve yönü, nem ve sıcaklık dahildir. Bu parametreler iç hava kirleticisine yüksek değerlerde etki etmektedir (Beaver ve Palazoglu 2009; Csavina vd. 2014; Elminir 2005). İç ortamda bulunan ince ve ultra ince parçacık kirleticilerin konsantrasyonuna rüzgârın yönü ve hızı etki ettiği analiz edilmiştir. Düşük rüzgar hızı hangisi ki karayolu trafiğinin oluşmasına neden olduğu PM_{2.5} kirleticilerin konsantrasyon değerinin yükselmesine neden olur, daha yüksek hız değerlerine sahip rüzgarlarda dış konsantrasyonun dağılımına neden olmaktadır (Roosbroeck vd. 2007). Yapılan okullarda iç mekan çalışmasında günün başlangıcında yükselen dış partikül maddesi bu trafiğin yoğun saate denk gelmektedir ve sıcaklığın artışıyla ilerleyen saatlerde bu değerde düşme analiz edilmiştir (Goyal ve Khare 2009).

Yapılan araştırmalar sonrası ülkeler iç hava kirliliğinin karşısını almak için bazı standartlar hazırladılar. Çizelge 2.2'de bazı ülkelerin iç hava kirleticilerin standartları verilmiştir.

Çizelge 2.2. Farklı ülkelerin iç ortam standartları (Abdul-Wahab vd. 2015; Argunhan ve Avcı 2018).

Kirletici	NAAQS	OSHA	ASHRAE	Kanada	WHO	NIOSH	ACGIH	HKEPD
CO ₂		5000 ppm	Dış mekân seviyelerinin <700 ppm üstünde 1000-1200 ppm	3500 ppm [uzun süre]	1000 ppm (Dünya çapında)	5000 ppm 30,000 ppm [15 dakika] 600 ppm (Yüksek Konfor Seviyesi)	5000 ppm 30,000 ppm [15 dakika] 600 ppm (Yüksek Konfor Seviyesi)	800 ppm (1.düzey) 1000 ppm (2.düzey)
CO	9 ppm 35ppm[1 saat]	50 ppm	9 ppm [8 saat]	10 ppm [24 saat] 25 ppm [1 saat]	90 ppm [15 dakika] 50 ppm [30 dakika] 25 ppm [1 saat] 10ppm[8 saat]	35 ppm 200 ppm [sınır]	25 ppm	1.7 ppm (1.düzey) 6.1 ppm (2.düzey)
Partikül <2.5 µm	15 µg/m ³ [1 yıl] 35 µg/m ³ [24 saat]	5 µg/m ³	15 µg/ m ³	27-30µg/m ³ [24 saat]	25 µg/m ³ [24 saat] 10 µg/ m ³ [1 yıl]		3 µg/m ³	

Çizelge 2.2`nin devamı.

Partikül	150 µg/m ³ [24saat]		50 µg/m ³ [1 yıl]		50 µg/m ³ [24 saat] 20 µg/m ³ [1 yıl]		10 µg/m ³	20 µg/m ³ (1.düzye) 100 µg/m ³ (2.düzye)
<10 µm								

Diğer ülkeler gibi Türkiye’de iç hava kirleticileri için ülke genelinde kullanılan standart değerleri belirlemiştir. Türkiye AB standartlarını hedef almış ve kademeli olarak bu değerlere ulaşmak amaçlanmıştır. Çizelgede görüldüğü üzere azot dioksitin sınır değerlerine 2024 yılında ulaşılması planlanmıştır. Çizelge 2.3`de Türkiye yönetmeliğine göre karbon dioksit, formaldehit, radon, sıcaklık ve nem değerlerinin sınırları belirtilmiştir. (ÇED 2019; HKDYY 2016).

Çizelge 2.3. Türkiye Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği’ne göre belirlenen limit değerleri (ÇED 2019; HKDYY 2016).

Kirletici	Süre	2014 Sınır değer	2015 Sınır değer	2016 Sınır değer	2017 Sınır değer	2018 Sınır değer	2019 Sınır değer	2020 Sınır değer	2021 Sınır değer	2022 Sınır değer	2023 Sınır değer	2024 Sınır değer	Türkiye için AB Limit değerlerin in geçerli olacağı tarih
µg/m ³													
CO	8 saat	16000	14000	12000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	1 Ocak 2017
Kurşun	1 yıl	1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1 Ocak 2019
NO₂	1 saat	300	290	280	270	260	250	240	230	220	210	200	1 Ocak 2024
	1 yıl	60	58	56	54	52	50	48	46	44	42	40	
Ozon	8 saat	Hedef değer								120	120	120	1 Ocak 2022
	1 saat	Bilgi eşiği								180	180	180	
		Uyarı eşiği								240	240	240	
Partikül <10 µm	24 saat	100	90	80	70	60	50	50	50	50	50	50	1 Ocak 2019
	Kış	90	80	70	60	50	40	40	40	40	40	40	
	1 yıl	60	56	52	48	44	40	40	40	40	40	40	
SO₂	1 saat	500	470	440	410	380	350	350	350	350	350	350	1 Ocak 2019
	24 saat	250	225	200	175	150	125	125	125	125	125	125	
	1 yıl ve kış	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	1 Ocak 2014

2.5. Binalarda İç Hava Kalitesi Kaynaklı Hastalıklar

Toplumun ayrılmaz bir yaşama alanı olan binalar 1970’lerden bu yana iç enerji verimliliğini yükseltmek için yeni tasarımlara bürünmüşler. Bu yeni tasarımlar eski tasarımlarla kıyasta hava geçirilmezlik değerleri yükselmiştir. Bu değerlerin yükselmesi iç ortamda bulunan kirleticilerin konsantrasyon değerinin yükselmesine neden olmuştur. İnşaat sektöründeki gelişimler bina malzemelerinde sentetik malzemelerin sık kullanmasına neden olmuş, ayrıca maliyet bakımından da düşük rakamlara ulaşılmıştır. Binalarda bu malzemelerin kullanılması konfor değerini yükseltse de iç havada bulunan

kirleticilerin konsantrasyon değerlerinin yükselmesine neden olmuş ve dış havayla kıyaslandığında iç havada bulunan kirleticilerin değerleri daha yüksek olmasına sebep olmuştur (Jones 1999). Dünya Sağlık Örgütü'nün 1984 yılında yayınladığı raporunda yeni yapılmış veya restore edilmiş binaların %30'unun iç hava kalitesi ile ilgili insanlara tarafından şikayet olunacağını söylemişlerdir. Gelişmekte olan ülkelerde insanlar zamanların büyük bir kısmını kapalı alanlarda geçirmektedirler, bu sebepten dolayı iç ortam hava kalitesi çok önemlidir. Endüstriyel olmayan bu kapalı alanlarda iç hava kalitesi kirleticileri insan sağlığında sorunlara yol açmaktadır. Bu hava kirleticileri okullarda, ofislerde, iş mekanlarında, müstakil evlerde, müzelerde ve kütüphaneler de hastalıkların oluşmasına neden olmaktadır (Crook ve Burton 2010). İç hava kalitesinde yaşanan sorunların nedeni binaların tasarımlarının iyi olmaması, binalarda kullanılan malzemeler, iç mekanda insan faaliyeti ve düzgün tasarlanmamış havalandırma sistemleridir. İç hava kirleticilerin insan sağlığında oluşturduğu sağlık sorunları nedeniyle Hasta Bina Sendromu (SBS) ve Bina Bağlantılı Hastalıklar (BRI) olarak iki ayrı tanıma ayrılmaktadır (Jones 1999). Hasta Bina Sendromu vakası binalarda insanların bu kirleticilere maruz kalma süresiyle ilişkilidir, bu zaman süresinde insanlarda akut sağlığı ve konforla ilgili yaşadığı sorunları belirlemek için bu tanım kullanılmaktadır. Hasta Bina Sendromunu belirlemek için şikâyetçi olan insanların belirli kapalı alanlarda yaşadığı rahatsızlıklardan yola çıkılır, Hasta Bina Sendromunda belirli bir hastalık ve neden analiz edilmez. Binalarda bu sendromun varlığına kanaat getirmek için kapalı alanda bulunan insanların en az %20'sin de bu semptomlar bulunmalı ve iki hafta bu şikâyetler devam etmelidir (Clements-Croome 2011; Jansz 2011). Hasta Bina Sendromu WHO tarafından kapalı alanda bulunan insanları şikâyetleri üzere beş farklı kategoriye ayrılmıştır:

- a) Kızarıklık, ağrı, kaşıntı veya batma hissi, kuru cilt ve cilt tahrişi gibi sağlık sorunları.
- b) Burunda, boğazda ve gözde tahrişler, ses kısıklığı ve problemleri, vücutta ağrı, acıma ve kuruluk hissi gibi sağlık problemleri.
- c) Solunum sistemi problemleri, astım belirti semptomları, akan göz ve burun gibi sağlık problemleri
- d) Koku alma ve tat alma duyusunda yaşanan problemler
- e) Halsizlik, baş ağrısı, kusma, bulantı, hafıza kaybı, konsantre olamama, gibi nörolojik ve genel sağlık problemleri (Burroughs ve Hansen 2011).

Genellikle bu semptomların çoğu bir anda görülmektedir ve bunlara ek olarak gürültü, sıcaklık ve ışık problemleri, kuru ve kötü hava gibi şikâyetlerde bildirilmiştir. Bu sorunları belirten kişileri çoğu binadan ayrıldıktan sonra bir süre sonra bu problemlerin aradan kalktığını belirtmişler (Burroughs ve Hansen 2011).

Bina bağlantılı hastalıklar kavramı, kapalı alanlarda kirleticilerin neden olduğu sağlık sorunları teşhis edile bilmektedir ve bazı kirletici değerlerin atfedilebildiği için kullanılmaktadır (Seltzer 1994; Spengler vd. 2000). Binalarda bu gibi sağlık sorunun ortaya çıkmasına neden olan faktörler havalandırma sistemini kötü olması ve hava geçirmez olmasıdır. Kapalı alan havasında bulunan bu kirleticiler insan bedeninin nüfuz edile bilmektedir sıklıkla deri ve solunum yolu problemlerine neden olmaktadır. Bu kirleticilerin etkilediği hastalıklar 4 mekanizmayla etkilemektedir: toksik veya tahriş, immünolojik ve bulaşıcı (Seltzer 1994; Spengler vd. 2000). Binalarda bulunan kirleticilerle ve bina sakinlerinin yaşadığı sağlık sorunları arasında bir bağın olduğu kanıtlanmıştır. Bunlara örnek olarak meslek hastalığı, astım, egzama, rinti gibi bir çok

sağlık sorunlarını gösterilmiştir (Burroughs ve Hansen 2011; Joshi 2008; Seltzer 1994; Spengler vd. 2000).

2.5.1. Okullarda iç ortam hava kirliliği

Kapalı ortamlarda bulunan iç hava kirliliği insan sağlığında problemler yol açmaktadır. Yapılan araştırmalar sonrası bu kirleticilerin yetişkinlere göre çocuklarda daha büyük etkiye sahiptir. Bu analizin üzerine birçok ülkede bu konu hakkında birçok iç hava analizi yapılmıştır. Araştırmacılar çocukların büyük bir kısmının okullarda geçirdikleri için birçok ülke okullar iç hava kalitesi üzere sayısız yayınlar yapmışlar. Yapılan çalışmalarda çocukların daha fazla solunum yaptığını ve vücutlarının gelişimini daha tamlamadığından bu kirleticileri etkileri çok daha fazla olur. Yapılan okullarda iç hava kalitesi üzere çalışmalarda kirleticilerin çocuklar ve öğretmenlerin akademik performansına ve rahatlıklarına kötü etki ettiğini bildirmiştir.

Okullarda iç hava kalitesini düşük olmasına neden eden birçok faktörler vardır. Bunlara okullarda sigara içilmesi, yemek pişirilmesi, havalandırma sisteminin yetersiz olması, iç mekan alanının küçük olması gibi bir çok faktörlere değinilmiştir. Okullarda öğrencilerin fiziksel aktivitesinden dolayı iç mekanda yüzey alanda bulunan tozların havaya karışması PM değerinin yükselmesine neden olur.

Okullarda iç mekanlarda bulunan bir diğer kirleticide organik bileşiklerdir. Bu kirleticilerin iç mekanda bulunma sebebi binam yapımı zamanı kullanılan polimerik malzemeler, odalarda bulunan elektronik eşyalar, okul malzemesinde kullanılan ahşaplar ve polivinil zemin kaplamalardır.

Okullarda iç ortamlarda bulunan diğer bir kirleticide inorganik gazlardır: karbon monoksit, karbon dioksit, azot dioksit, kükürt dioksit. Bu gazların iç ortamda bulunmasının esas faktörü dış ortam havasıdır. Trafiğin yoğun olduğu bölgelerde bu kirleticilerin iç mekan konsantrasyon değerleri yüksek olmuştur. Bu kirleticilerin iç mekanda bulunmasına neden okullardaki yemekhanelerdir.

Sınıflarda bulunan elektronik cihazlar, fotokopi ve lazer yazıcıları iç hava kirliliğinde ozon değerlerinin yükselmesine neden olmaktadır.

Okullarda kullanılan kimyasal maddeler içerisinde bulunan kirleticiler öğrencilerin sağlığını etkilemektedir. Kullanılan kimyasalların içerisinde bulunan tehlikeli bazı maddeler çizelge 2.4`de verilmiştir.

Çizelge 2.4. Okullarda bulunabilen bazı tehlikeli maddeler (Darçın. P 2008).

Ürün İsmi	Tehlikeli Kimyasal Maddeler İçinde Bulunabilecek Maddeler
Dezenfektanlar	Krezol, fenol, heksaklorofen
Ağartıcılar	Sodyum hipoklorür, kirçe kaymağı
Cam temizleyici sıvılar	Amonyak
Halı temizleyicileri	Amonyak, terebentin, naftalin; 1,1,1- trikloretan
Fırın temizleyicileri, tıkanıklık açıcılar	Potasyum hidroksit, sodyum hidroksit
Boya ve cila çözücileri	Terebentin, ksilen, toluen, metil alkol, metilen klorür, aseton
Haşerekiriciler (böcek ve zararlı sayılan otları öldüren kimyasallar)	Malathion, dichlorvos, karbaril, metoksiklor
Gazlı fırın pilot lambası	Azot oksitler
Sobalar	Karbon monoksit
Buzdolabı ve iklim koşullandırma araçlarından sızan gazlar	Freon
Eskimiş sunta malzemeler	Formaldehit
Hurda çatı yalıtım malzemeleri	Asbest
Aküler	Yakıcı asitler
Piller	Nikel, gümüş, cıva, kurşun, lityum ve çinko gibi değişik metaller

Okullarda bulunan bu kirleticiler öğretmen ve öğrencilerin sağlığını ve akademik performansını kötü etkilemektedir. Bu kirleticiler öğrencilerin sağlığında astım, cilt ve göz tahrişi, alerji, konsantrasyon bozukluğu ve problem çözme becerisini etkilediği belirtilmiştir. Bu kirleticiler öğrencilerin devamsızlığında etkilemektedir. Hasta Bina Sendromu okullarda çokça görülmektedir. Yapılan çalışmalarda bu kirleticilerin değerlerinin azaltılması için birçok önerilerde bulunmuşlardır.

- Okullarda sigara içilmesinin yasaklanması,
- Temiz havanın sınıfa girmesi için kapı ve pencereleri açılması,
- Bina malzemelerinde su bazlı boyaların ve ahşap ürünlerinin kullanılması,
- İçerisinde zararlı kimyasallar bulunan temizlik ve koku malzemelerin çok az kullanılması, kullanım zamanının havalandırmanın yapılması,
- Okullarda boyama ve zemin tadilatının okulların tatil günlerinde yapılması,
- Nem sorunun engellemek,
- Sınıfları havalandırma için kullanılan hava girişlerinin araba park alanlarına ve egzoz çıkışının olmadığı yerlere sağlanması (Aksakal 2009).

Çok ülkede okullarda iç hava kalitesi üzere çalışmalar yapılmıştır. Güllü 2016 yılında bu konu üzerine çalışma yapmış. Yaptığı araştırma sonrasında bazı ülkelerin ulaştığı sonuçları çizelgelemiştir.

Çizelge 2.5. Okullardaki ölçülen CO₂ konsantrasyonu ve havalandırma miktarı (Güllü 2016).

Çalışma Yeri	Örnekleme Ortamı Doğal havalandırma=D Mekanik havalandırma=M Okul sayısı=O	CO ₂ Kons.(ppm)	Kaynak
Yunanistan	D, O-9	893-2082	Dorizas ve ark, 2015

Çizelge 2.5`in devamı.

Sırbistan	D,O=5	>1000	Turancanin ve ark, 2014
Washington, ABD	M,O=20 D,O=2	>1000	Shendell ve ark, 2004
Beja, Portekiz	D,O=1	684-6223	Pereira ve ark, 2014
İskoçya	D,O=60	1086	Gaihre ve ark, 2014
Tulsa, ABD	O=100	-	Haverinen Shaughnessy ve ark, 2011
Ankara, Beytepe	D,O=1 ve kreş	>2000	Menteşe ve ark, 2009
Ankara, Keçiören	D,O=31	Öğrenci, sayısı<35:561 Öğrenci Sayısı>35: 827	Babayiğit ve ark. 2014
Samsun	D,O=5	Kış: >1500	Öztürk ve ark, 2011

Çizelge 2.6. Okullardaki iç mekan ve dış mekan, PM_{2.5} ve PM₁₀ değerleri (Güllü 2016).

Yer	Mevsim	İç mekan		Dış mekan		Kaynak
		PM _{2.5}	PM ₁₀	PM _{2.5}	PM ₁₀	
Sari, İran		46,6	400.9	36.9		Mohammadyan ve Shabankhani, 2013
Tahran, İran		42	274	38	140	Halek ve ark, 2009
Münih, Almanya		19.8	91.5			Frommea ve ark, 2007
Porto, Portekiz		85	140			Madureina ve ark, 2012
Attica, Yunanistan	İ	1.2-26.9	92-430			Dorizas ve ark, 2015
Gaza, Filistin	S	55.2	360	26.5	98.1	Elbayoumi ve ark, 2015
	K	197.9	492	57.4	248.2	
Antwerp, Belçika	K	57		53		Stranger ve ark., 2008
	Y	61		72		
Milan, İtalya		33.2	133.8	46.9		Rovelli ve ark, 2014

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

Bu çalışmada Azerbaycan'ın Bakü şehrinde bulunan ilkokul ve ortaokul da iç hava kalitesi ölçümleri yapılmıştır. Çalışmada 3 adet ilkokul sınıfı ile 2 adet ortaokul sınıfında ölçümler yapılmıştır. Analizler üç ay süreyle 2024 yılı Ocak, Şubat ve Mart aylarında kış dönemin de her hafta içerisinde bir gün saat 9:00-10:00 ile 15:00-16:00 saat aralığında iki kez ölçüm yapılmıştır. Ölçümlerde sırasıyla iç hava kalitesine etki eden karbon dioksit (CO_2), sıcaklık ($^{\circ}C$), nem (%) ve toz partikül madde ($PM_{0,3}$, $PM_{0,5}$, $PM_{2,5}$, PM_5 , PM_{10}) değerleri anlık olarak ölçülmüştür.

3.2. Ölçümü Yapılan Deney Yerleri

Ölçümler, Azerbaycan'ın Bakü ilinde Hazar ve Abşeron ilçelerinde bulunan okullarda yapılmıştır. Hazar ilçesinde bulunan ortaokul sınıflarında, diğeri de Abşeron ilçesinde bulunan ilkokul sınıflarında ölçümler yapılmıştır. Her iki okulda merkezi doğal gaz ısıtma sistemi bulunmaktadır. Havalandırma sistemi olmaması nedeniyle doğal havalandırma kullanılmaktadır. Sınıflarda, bulunan Pencerelede PVC alüminyum içerikli malzemeler kullanılmıştır. Tavanlar, alçıpan malzemelerden yapılmış ve zeminde laminat parkeler kullanılmıştır. Aşağıda Azerbaycan'ın Bakü ilinde Abşeron ilçesinde bulunan Gobustan isimli okulda 1b, 2a ve 3c sınıflarının görüntüsü Şekil 3.1'de gösterilmiştir.



(a)



(b)



(c)

Şekil 3.1. Abşeron ilçesinde deney yapılan ilkokul a) 1b, b) 2a, c) 3c sınıflarının görünümü.

Azerbaycan'ın Bakü ilinde Hazar İlçesinde bulunan №185 isimli ortaokulda bulunan 5a ve 6b sınıflar aşağıda Şekil 3.2` de verilmiştir.



(a)



(b)

Şekil 3.2. a) Hazar İlçesinde deney yapılan ortaokul 5a sınıfının görünümü; **b)** Hazar İlçesinde deney yapılan ortaokul 6b sınıfının görünümü.

3.3. İç Hava Kalitesi Ölçümleri

Bu çalışmada ölçümler zamanı kullanılan cihazların bilgileri aşağıda verilmiştir.

3.3.1. Karbondioksit ölçüm cihazı

Azerbaycan'ın Bakü ilinde Hazar ve Abşeron İlçesinde Sınıflar da iç hava kalitesi parametrelerinden olan karbon dioksit(CO₂) ölçümleri için Testo 535 cihazı kullanılmıştır. Aşağıdaki şekil 3.3`de cihazın görünümü verilmiştir.



Şekil 3.3. Testo 535 model CO₂ Analizörü ölçüm cihazı görünümü.

Testo 535 cihazının teknik özellikleri, 0...+9999 ppm aralığında karbon dioksit ölçümü yapabilmektedir. Bu model karbon dioksit cihazı $\pm(50 \text{ ppm CO}_2 \pm 2\% \text{ ölçüm değerleri})$, $(0 \dots +5000 \text{ ppm}) \pm (100 \text{ ppm CO}_2 \pm 3\% \text{ ölçüm değerleri})$ $(+5001 \dots +9999 \text{ ppm CO}_2)$ hassasiyet aralığına sahiptir. Cihazının çözünürlük değeri 1 ppm'dir. Cihazın saklama sıcaklığı $-20 + 70^\circ\text{C}$ olup çalışma sıcaklığı 0°C ila $+50^\circ\text{C}$ arasındadır. CO₂ analizör cihazı 9V blok bataryayı ile 6 saat kapanmadan çalışma süresine sahiptir. CO₂ ölçüm cihazının boyutları 190x57x42 değerlerine sahiptir.

3.3.2. CO₂'in ölçüm şekli

Sınıflarda yapılan karbondioksit ölçümü zamanı Testo 535 cihazı kullanılmıştır. Cihaz ölçüm yaptıktan 3-4 saniye sonra değerleri ekranda göstermektedir. Cihaz kendisi ölçüm sonrası otomatik olarak minimum, maksimum ve ortalama değerleri vermektedir. Bu cihazın yardımıyla sınıflarda iç karbondioksit değerleri analiz edilmiştir.

3.3.3. CO₂'in değerlendirme şekli

Karbondioksit ölçümü zamanı sınıfların orta alanında ölçüm yapılmıştır. Toplanan veriler diğer iç hava kalitesi parametreleriyle karşılaştırılmış ve sınıflardan toplanan CO₂ verileri standart değerlerle karşılaştırılmıştır. SPSS 26'da istatistiksel analiz programı kullanılarak değerler grafik üzerinde gösterilmiştir.

3.3.4. Toz partikül ölçüm cihazları

Bu tez çalışmasında JD-3003 cihazı toz partikül ölçümü için kullanılmıştır. Aşağıda cihazın görüntüsü şekil 3.4` de verilmiştir.



Şekil 3.4. JD-3003 tipli toz partikül ölçüm cihazı görünümü.

Cihazın teknik özellikleri aşağıdaki şekildedir:

- Parçacık boyutu: 0.3µm, 0.5µm, 1.0µm, 2.5µm, 5.0µm, 10µm.
- JD-3003 partikül sayacı, arıtılmış bir ortamda birim hacim başına toz parçacıklarının sayısını tespit etmek için kullanılan bir sayım aracıdır.
- Bu cihaz, havadaki birim hacim başına farklı parçacık boyutlarının parçacıklarının sayısını ve kalitesini doğru bir şekilde ölçmek için saçılma prensibini kullanır.
- Bu enstrüman iyi inşa edilmiş ve çok amaçlı, yüksek hızlı ve uygun depolama ve kullanım gibi birçok özelliğe sahiptir.
- Mikro elektronik, ilaç ve tıbbi ürünler, kozmetik gibi temiz ortamların araştırılması ve analizi için kullanılabilir.

- Sayma verimliliği: 0.3µm-50%, >0.5µm 100% (ISO 21501-4 ve JIS ile uyumludur)
- Parçacık boyutu çözünürlüğü: 0.5µm<15% (ISO 21501-4 ve JIS ile uyumludur)
- Örnek trafik: 2.83L/dek (0.1ft³)
- Hata: 5% (2,000,000 parçacık/ft³)
- Pil: dahili lityum-iyon pil 3.7V, 2000mAh
- Çalışma sıcaklığı: 0 °C ~ 50 °C
- Çalışma nemi: 10% RH ~ 90% RH yoğunlaşma yok
- Depolama sıcaklığı: -20 °C ~ 60 °C
- Depolama nemi: 0 ~ 95% RH yoğunlaşma yok
- Ek fonksiyonlar: sıcaklık (°C, °F), nem.

3.3.5. Toz partikül maddelerin ölçüm şekli

Toz partikül ölçüm değerleri, JD-3003 elde taşına bilir cihazla ölçümler yapılmıştır. Bu cihazla 0,3µm, 0,5µm, 1µm, 2.5µm, 5µm 10µm çaplarında toz partikül değerleri alınmıştır. Cihaz çalışmaya başladıktan sonra belli süreler aralığında değerleri hafızasına kayıt yapmaktadır. Toz partikül ölçümünün yanı sıra sıcaklık ve nem değerlerinde ölçmektedir. Bu toz partikül cihazı kapalı alanda kapalı ortamın hacmine bağlı olarak odada bulunan 0,3µm, 0,5µm, 1µm, 2.5µm, 5µm, 10µm çaplarında toz partikül değerlerini ana ekranda gösterilmektedir.

3.3.6. Toz partikül maddelerin değerlendirme şekli

Çalışma zamanı toplanan değerler dünyada bulunan standartlara karşılaştırılmıştır. Alınan değerler IBM SPSS Statistics 26.0 (Armonk, NY: IBM Corp.) istatistiksel bilgisayar programına aktarılarak değerlerin diğer iç hava kalitesi parametrelerle ve standart değerlerle karşılaştırılarak grafik çizimleri yapılmıştır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışma verileri IBM SPSS Statistics 26.0 (Armonk, NY: IBM Corp.) programına aktarılarak analizler tamamlanmıştır. Veriler değerlendirilirken sayısal değişkenler için tanımlayıcı istatistikler (ortalama, standart sapma, medyan) verilmiştir. Uygulanacak analizlere karar verebilmek için öncelikle tüm ölçümlere normal dağılım varsayımı için Kolmogorow Smirnov Testi ($n>30$) uygulanmıştır. Test sonucunda bağıl nem(%), partikül maddeler(PM) ve CO₂ ölçümlerinin normal dağılım varsayımını sağlamadığı görülmüş iken, sıcaklık °C ölçüsünün ise normal dağılım varsayımını sağladığı görülmüştür. Bu nedenle karşılaştırmalarda hem parametrik testler hem de nonparametrik testler kullanılmıştır. İki den fazla bağımsız grup arasında ölçümlere göre farklılık olup olmadığı Tek Yönlü Varyans Analizi (ANOVA), ve Kruskal Wallis Analizi ile incelenmiş olup hangi gruplar arasında farklılık olduğuna ise Tukey Testi ve Bonferroni Testi ile bakılmıştır.

Araştırma verilerinin analiz süreci iki başlık altında incelenmiştir. İlk olarak ölçümlerin tanımlayıcı istatistikleri verilmiş ve normal dağılım varsayımları incelenmiştir. Daha sonra sınıflar arasında ölçümlere göre farklılık olup olmadığı bakılmıştır. İkinci aşamada ise ortalama ölçümler, ülkelere göre karşılaştırılmıştır.

Bu bölümde ilk olarak ölçümlerin ortalama, standart sapma, medyan değerleri verilmiştir. Daha sonra ölçümlerin normal dağılım varsayımı sağlayıp sağlamadığı ve sınıflar arasında ölçümlere göre farklılık olup olmadığı incelenmiştir. Sonuçlar Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.2’de sunulmuştur.

Çizelge 4.1 incelendiğinde, nem (%) ölçümünün ortalaması 44,06 ($\pm 7,360$) iken PM_{0,3} ölçümünün ortalaması 27143,00 ($\pm 15727,965$), PM_{0,5} ölçümünün ortalaması 3120,89 ($\pm 1657,324$), PM_{1,0} ölçümünün ortalaması 321,34 ($\pm 187,652$), PM_{3,0} ölçümünün ortalaması 32,35 ($\pm 19,481$), PM_{5,0} ölçümünün ortalaması 27,44 ($\pm 18,280$), PM_{10,0} ölçümünün ortalaması 3,78 ($\pm 2,648$), CO₂ ölçümünün ortalaması 1776,68 ($\pm 470,944$), sıcaklık °C ölçümünün ortalaması ise 22,55 ($\pm 3,289$)’dur.

Çizelge. 4.1. Ölçümlerin Ortalama ve Standart Sapma Değerleri ile Normal Dağılım Varsayımının İncelenmesi.

Ölçümler	Ort $\pm$ SS	Medyan	Min-Maks	Çarpıklık	Basıklık	Kolmogorov Smirnov (p)
Nem (%)	44,06 $\pm$ 7,360	41,6	31,3-65,5	4,92	1,17	0,000
PM _{0,3}	27143,00 $\pm$ 15727,965	25287,5	7213-125450	17,04	50,55	0,000
PM _{0,5}	3120,89 $\pm$ 1657,324	3027,5	684-13511	15,96	48,28	0,000
PM _{1,0}	321,34 $\pm$ 187,652	287,5	5-1040	5,30	3,79	0,001
PM _{3,0}	32,35 $\pm$ 19,481	27,5	3-100	4,97	2,25	0,000
PM _{5,0}	27,44 $\pm$ 18,280	21,5	2-80	4,08	0,02	0,000
PM _{10,0}	3,78 $\pm$ 2,648	3,0	0-11	3,87	-0,01	0,000
CO ₂	1776,68 $\pm$ 470,944	1665,5	1101-2885	3,66	-1,86	0,000

Çizelge. 4.1`in devamı.

Sıcaklık °C	22,55±3,289	22,9	6-28,3	-2,71	2,58	0,200
<i>Ort=Ortalama, SS=Standart Sapma, Min=Minimum, Maks=Maksimum</i>						

Ölçümlerin normal dağılım varsayımını sağlayıp sağlamadığını belirleyebilmek için Kolmogorow Smirnov Testi ($n>30$) uygulanmıştır. Test sonucunda nem (%), partikül maddeler ve CO₂ ölçümlerinin normal dağılım varsayımını sağlamadığı ($p<0,05$), sıcaklık °C ölçümünün ise normal dağılım varsayımını sağladığı görülmüştür ($p>0,05$). Ancak, p anlamlılık düzeyi tek başına yeterli bir sonuç değildir. Anlamlılık düzeyi ile birlikte çarpıklık-basıklık değerleri ve histogram grafiklerinin de incelenmesi gerekmektedir. Çizelge 4.1`de Çarpıklık ve Basıklık değerlerinin Sıcaklık °C ölçümü hariç  $\pm 3$  değerinin üstünde yer aldığı görülmektedir. Bu değerler SPSS`te standart hataları ile birlikte verilir ki, kendi standart hatasına bölünmesi ile elde edilen standartlaştırılmış değer eğer -1,96 ile +1,96 arasında ise dağılımın normalliğinden bahsedilir. Ancak çoğu kaynağa göre çarpıklık ve basıklık katsayısının ± 3 arasında olması dağılımın normal olduğunu göstermektedir, son olarak histogram grafikleri de incelendiğinde puanların normal dağılıma uymadığını söyleyebiliriz. Sadece Sıcaklık ölçümünün normalliğin sağlanması nedeniyle Sıcaklık (°C) ölçümünün karşılaştırmalarında parametrik test, nem (%), partikül maddeler(PM) ve CO₂ ölçümlerinin karşılaştırmalarında ise nonparametrik test kullanılmıştır. Karşılaştırma sonuçları aşağıdaki Çizelge 4.2`de sunulmuştur.

Çizelge 4.2. Ölçümlere Göre Sınıflar Arasındaki Farklılıkların İncelenmesi.

Ölçümler	Sınıflar					KW	p	Fark
	İlkokul 1. Sınıf	İlkokul 2. Sınıf	İlkokul 3. Sınıf	Ortaokul 1. Sınıf	Ortaokul 2. Sınıf			
	Medyan (Min-Maks)	Medyan (Min-Maks)	Medyan (Min-Maks)	Medyan (Min-Maks)	Medyan (Min-Maks)			
Bağıl nem (%)	39,85 (35,9-45,6)	39,45 (32,3-65,5)	43,10 (31,3-52,6)	43,85 (38,9-62,1)	52,35 (38,4-64,4)	27,368	0,000***	O2 - İ1,İ2,İ3 İ1-O1
PM _{0,3}	19381,5 (7213-44169)	18792,0 (8455-27006)	33109,0 (10915-125450)	36427,5 (32853-39736)	24976,0 (20016-32694)	66,259	0,000***	İ2, İ1 - İ3,O1,O2 O2-O1
PM _{0,5}	1968,0 (684-3996)	2499,0 (940-4203)	4041,0 (1208-13511)	3854,5 (3480-4345)	2725,5 (2057-5356)	49,571	0,000***	İ1,İ2,O2 - İ3,O1
PM _{1,0}	163,0 (5-696)	361,0 (88-668)	333,0 (120-1040)	254,0 (201-524)	247,5 (127-773)	12,448	0,014*	İ1 - İ2,İ3
PM _{2,5}	16,5 (3-69)	37,5 (10-80)	33,0 (12-100)	24,0 (17-53)	24,5 (12-79)	12,974	0,011*	İ1 - İ2,İ3
PM ₅	15,5 (2-68)	33,5 (7-67)	30,5 (9-80)	16,0 (9-49)	21,0 (8-70)	13,889	0,008**	İ1 - İ2,İ3
PM ₁₀	2 (0-9)	4 (0-9)	4 (0-11)	3 (1-9)	3 (0-11)	6,886	0,142	-
CO ₂	1954,5 (1181-2223)	1410,5 (1101-1792)	2100,0 (1315-2885)	2136,0 (1316-2784)	1536,5 (1137-2321)	47,533	0,000***	İ2,O2 - İ1,İ3,O1
	Ort±SS	Ort±SS	Ort±SS	Ort±SS	Ort±SS	F	p	Fark
Sıcaklık °C	19,88±1,878	21,469±2,428	22,977±4,183	24,65±1,447	23,788±3,434	11,499	0,000***	İ1, İ2 - O1,O2 İ1 - İ3

* $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$, Ort=Ortalama, SS=Standart Sapma; Min=Minimum, Maks=Maksimum

KW=Kruskal Wallis Analizi, F=Tek Yönlü Varyans Analizi (ANOVA), Fark=Tukey Testi, Bonferroni Testi, p =Anlamlılık Düzey

Çizelge 4.2’de ölçümlere göre sınıflar arasında farklılık olup olmadığının analiz sonuçları yer almaktadır. Buna göre; sınıflar arasında sadece $PM_{10,0}$ ölçümünün ortalamalarına göre istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık görülmemiştir ($p>0,05$). Farklılık görülen sonuçlar aşağıda ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

Sınıflar arasında nem (%) ölçümünün düzeylerine (medyan) göre istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olduğu görülmüştür ($p<0,05$). Buna göre; ortaokul 2. sınıfta olan öğrencilerin sınıflarındaki nem (%) düzeyinin, ilkokul 1, 2 ve 3. sınıfta olan öğrencilerin sınıflarındaki nem (%) düzeylerinden anlamlı derecede daha yüksek olduğunu; ortaokul 1. sınıfta olan öğrencilerin sınıflarındaki nem (%) düzeyinin ise ilkokul 1. sınıfta olan öğrencilerin sınıflarındaki nem (%) düzeyinden anlamlı derecede daha yüksek olduğunu söyleyebiliriz.

Sınıflar arasında $PM_{0,3}$ ölçümünün düzeylerine (medyan) göre istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olduğu görülmüştür ($p<0,05$). Buna göre; ilkokul 1 ve 2. sınıfta olan öğrencilerin sınıflarındaki $PM_{0,3}$ düzeylerinin, ilkokul 3, ortaokul 1 ve 2. sınıfta olan öğrencilerin $PM_{0,3}$ düzeylerinden anlamlı derecede daha düşük olduğunu; ortaokul 2. sınıfta olan öğrencilerin sınıflarındaki $PM_{0,3}$ düzeyinin ise ortaokul 1. sınıfta olan öğrencilerin sınıflarındaki $PM_{0,3}$ düzeyinden anlamlı derecede daha düşük olduğunu söyleyebiliriz.

Sınıflar arasında $PM_{0,5}$ ölçümünün düzeylerine (medyan) göre istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olduğu görülmüştür ($p<0,05$). Buna göre; ilkokul 1, 2. sınıfta ve ortaokul 2. sınıfta olan öğrencilerin sınıflarındaki $PM_{0,5}$ düzeylerinin, ilkokul 3 ve ortaokul 1. sınıfta olan öğrencilerin $PM_{0,5}$ düzeylerinden anlamlı derecede daha düşük olduğunu söyleyebiliriz.

Sınıflar arasında $PM_{1,0}$ ölçümünün düzeylerine (medyan) göre istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olduğu görülmüştür ($p<0,05$). Buna göre; ilkokul 1. sınıfta olan öğrencilerin sınıflarındaki $PM_{1,0}$ düzeyinin, ilkokul 2. ve 3. sınıfta olan öğrencilerin $PM_{1,0}$ düzeylerinden anlamlı derecede daha düşük olduğunu söyleyebiliriz.

Sınıflar arasında $PM_{2,5}$ ölçümünün düzeylerine (medyan) göre istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olduğu görülmüştür ($p<0,05$). Buna göre; ilkokul 1. sınıfta olan öğrencilerin sınıflarındaki $PM_{2,5}$ düzeyinin, ilkokul 2. ve 3. sınıfta olan öğrencilerin $PM_{2,5}$ düzeylerinden anlamlı derecede daha düşük olduğunu söyleyebiliriz.

Sınıflar arasında $PM_{5,0}$ ölçümünün düzeylerine (medyan) göre istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olduğu görülmüştür ($p<0,05$). Buna göre; ilkokul 1. sınıfta olan öğrencilerin sınıflarındaki $PM_{5,0}$ düzeyinin, ilkokul 2. ve 3. sınıfta olan öğrencilerin $PM_{5,0}$ düzeylerinden anlamlı derecede daha düşük olduğunu söyleyebiliriz.

Sınıflar arasında CO_2 ölçümünün düzeylerine (medyan) göre istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olduğu görülmüştür ($p<0,05$). Buna göre; ilkokul 1. ve ortaokul 2. sınıfta olan öğrencilerin sınıflarındaki CO_2 düzeylerinin, ilkokul 1., ilkokul 3. ve ortaokul 1. sınıfta olan öğrencilerin CO_2 düzeylerinden anlamlı derecede daha düşük olduğunu söyleyebiliriz.

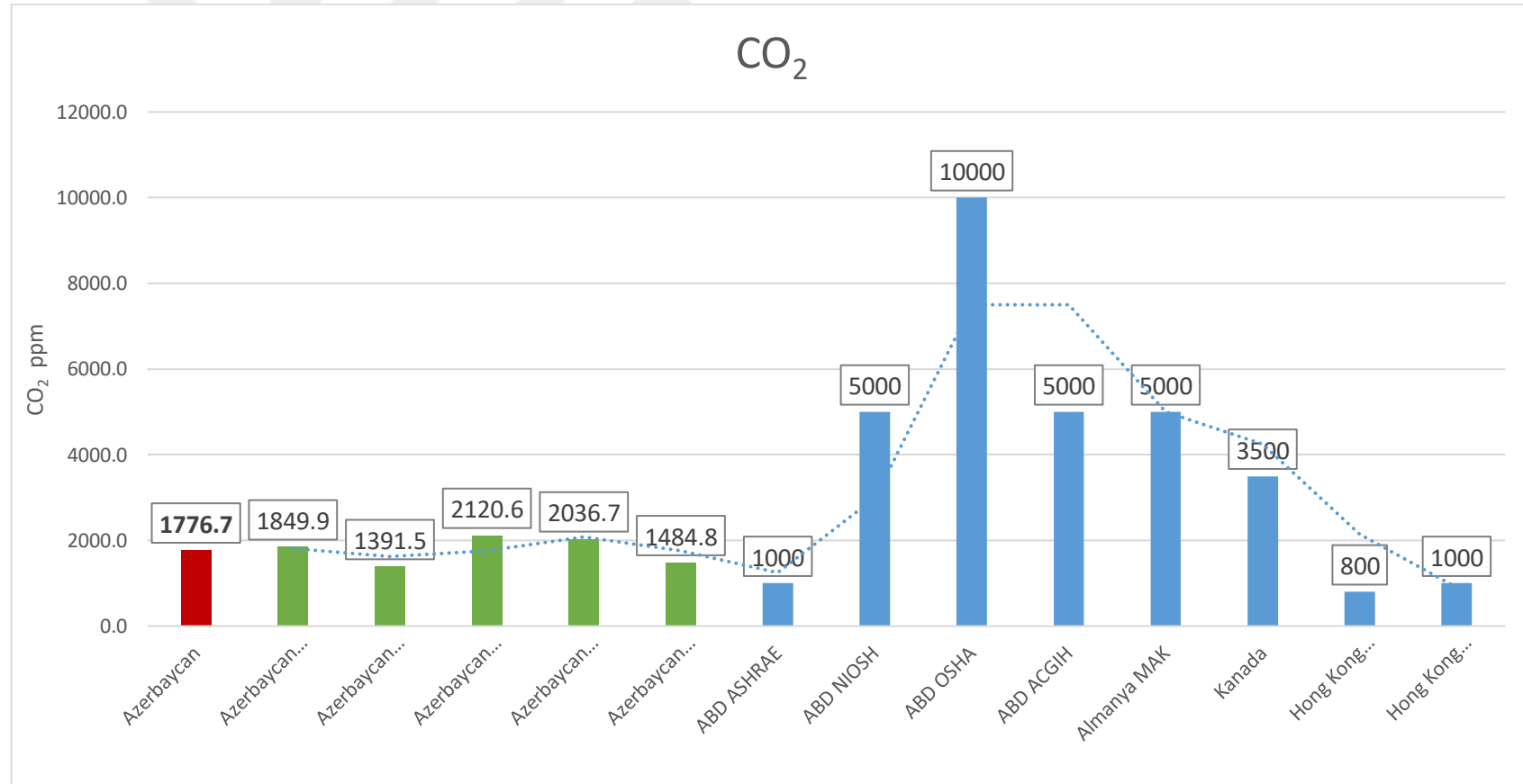
Sınıflar arasında sıcaklık (°C) ölçümünün ortalamalarına göre istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olduğu görülmüştür ($p<0,05$). Buna göre; ilkokul 1. ve 2. sınıfta olan öğrencilerin sınıflarındaki sıcaklık (°C) ortalamasının, ortaokul 1. ve ortaokul 2. sınıfta olan öğrencilerin sınıflarındaki sıcaklık (°C) ortalamalarından anlamlı derecede daha düşük olduğunu; ilkokul 1. sınıfta olan öğrencilerin sınıflarındaki sıcaklık (°C) ortalamasının ise ilkokul 3. sınıfta olan öğrencilerin sınıflarındaki sıcaklık (°C) ortalamasından anlamlı derecede daha düşük olduğunu söyleyebiliriz.

Bu bölümde CO₂, Bağıl Nem (%) ve sıcaklık (°C) ölçümlerinin ortalama değerleri, diğer ülkelerin ortalama değerlerine göre karşılaştırılmış ve grafikler üzerinde sunulmuştur.

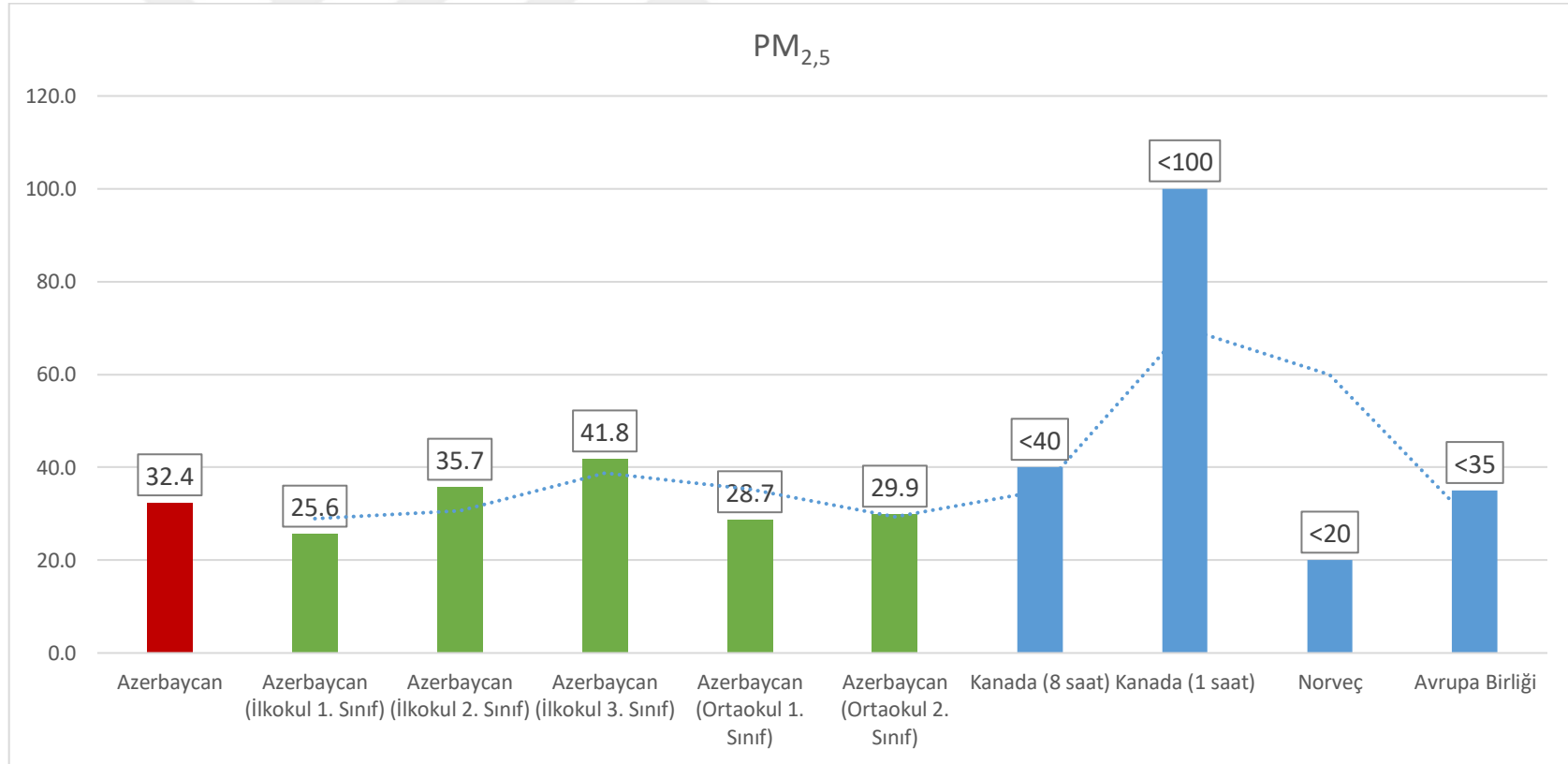


Çizelge 4.3. Azerbaycan'daki CO₂, Bağlı Nem ve Sıcaklık Ölçümlerinin Ülkelere Göre Karşılaştırılması.

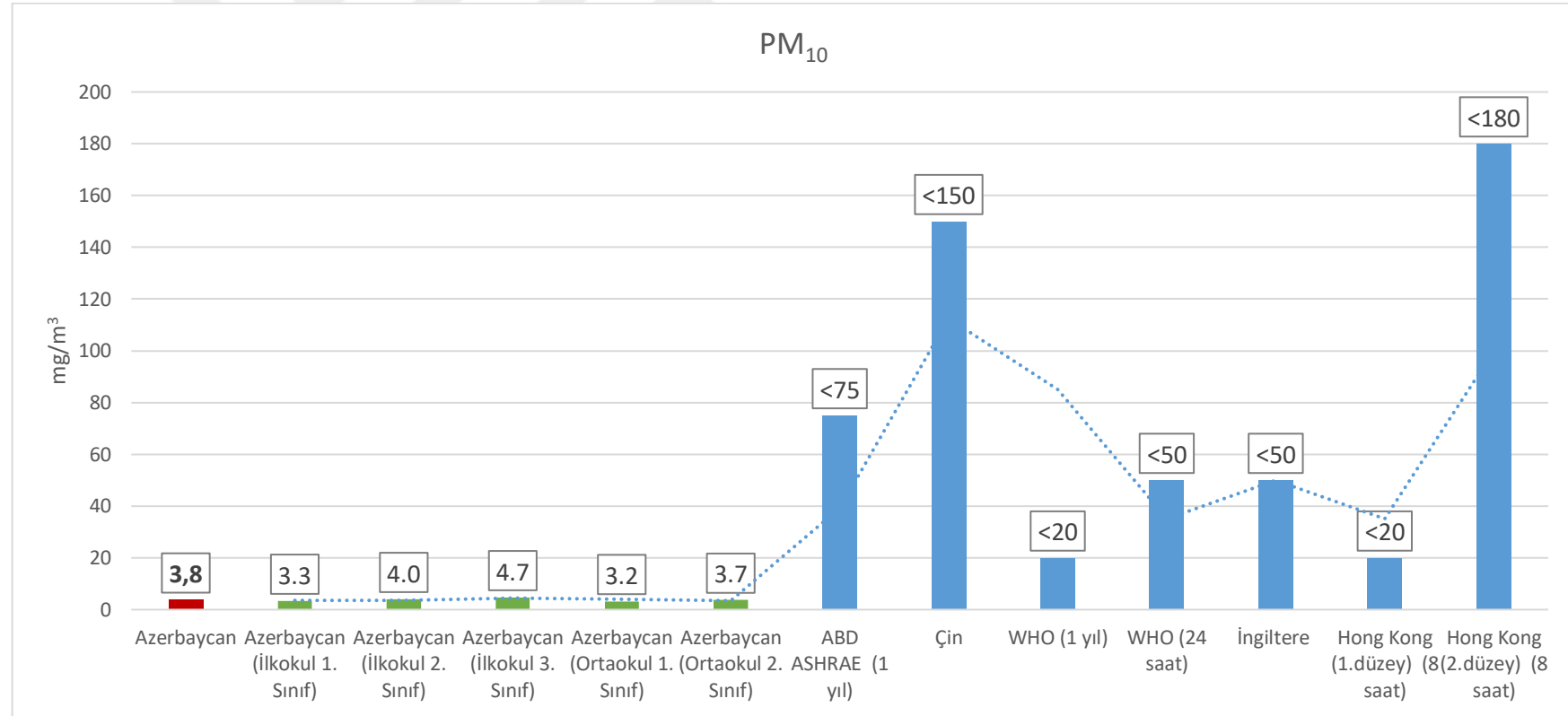
	CO ₂ (ppm)		PM _{2,5} (µm)		PM ₁₀ (µm)		Bağlı Nem (%)		Sıcaklık (°C)
Azerbaycan	1776,7	Azerbaycan	32,4	Azerbaycan	3,8	Azerbaycan	44,0	Azerbaycan	22,6
Azerbaycan (İlkokul 1.Sınıf)	1849,9	Azerbaycan (İlkokul 1.Sınıf)	25,6	Azerbaycan (İlkokul 1.Sınıf)	3,3	Azerbaycan (İlkokul 1.Sınıf)	40,0	Azerbaycan (İlkokul 1.Sınıf)	19,9
Azerbaycan (İlkokul 2.Sınıf)	1391,5	Azerbaycan (İlkokul 2.Sınıf)	35,7	Azerbaycan (İlkokul 2.Sınıf)	4,0	Azerbaycan (İlkokul 2.Sınıf)	42,9	Azerbaycan (İlkokul 2.Sınıf)	21,5
Azerbaycan (İlkokul 3.Sınıf)	2120,6	Azerbaycan (İlkokul 3.Sınıf)	41,8	Azerbaycan (İlkokul 3.Sınıf)	4,7	Azerbaycan (İlkokul 3.Sınıf)	42,2	Azerbaycan (İlkokul 3.Sınıf)	23,0
Azerbaycan (Ortaokul 1.Sınıf)	2036,7	Azerbaycan (Ortaokul 1.Sınıf)	28,7	Azerbaycan (Ortaokul 1.Sınıf)	3,2	Azerbaycan (Ortaokul 1.Sınıf)	45,8	Azerbaycan (Ortaokul 1.Sınıf)	24,7
Azerbaycan (Ortaokul 2.Sınıf)	1484,8	Azerbaycan (Ortaokul 2.Sınıf)	29,9	Azerbaycan (Ortaokul 2.Sınıf)	3,7	Azerbaycan (Ortaokul 2.Sınıf)	49,5	Azerbaycan (Ortaokul 2.Sınıf)	23,8
ABD ASHRAE	1000	ABD ASHRAE (1 yıl)	75	Çin	150	ABD ASHRAE (%30-60)	45	ABD ASHRAE (20-25,5 °C)	22,8
ABD NIOSH	5000	Kanada (8 saat)	40	WHO (1 yıl)	20	Almanya MAK (%30-70)	50	Almanya MAK (20-26 °C)	23,0
ABD OSHA	10000	Kanada (1 saat)	100	WHO (24 saat)	50	Kanada (Yaz) (%30-80)	55	Hong Kong (20-25,5 °C)	22,8
ABD ACGIH	5000	Norveç	20	İngiltere	50	Kanada (Kış) (%30-55)	43		
Almanya MAK	5000	Avrupa Birliği	35	Hong Kong (1.düzye) (8 saat)	20	Hong Kong (%40-70)	55		
Kanada	3500			Hong Kong (2.düzye) (8 saat)	180				
Hong Kong (1.düzye)	800								
Hong Kong (1.düzye)	1000								



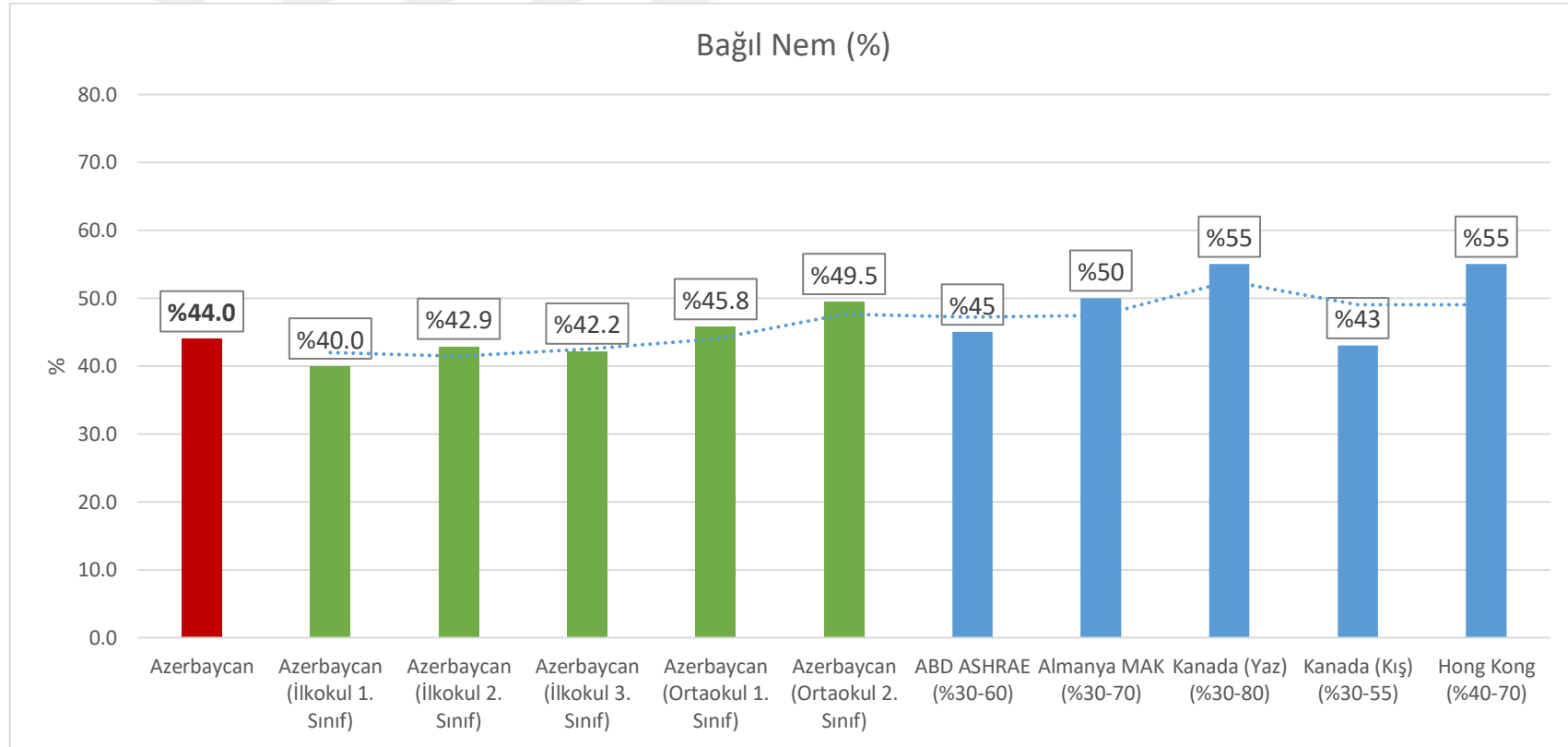
Şekil 4.1. Azerbaycan'daki CO₂ Ölçüm Ortalamasının Ülkelere Göre Karşılaştırılması.



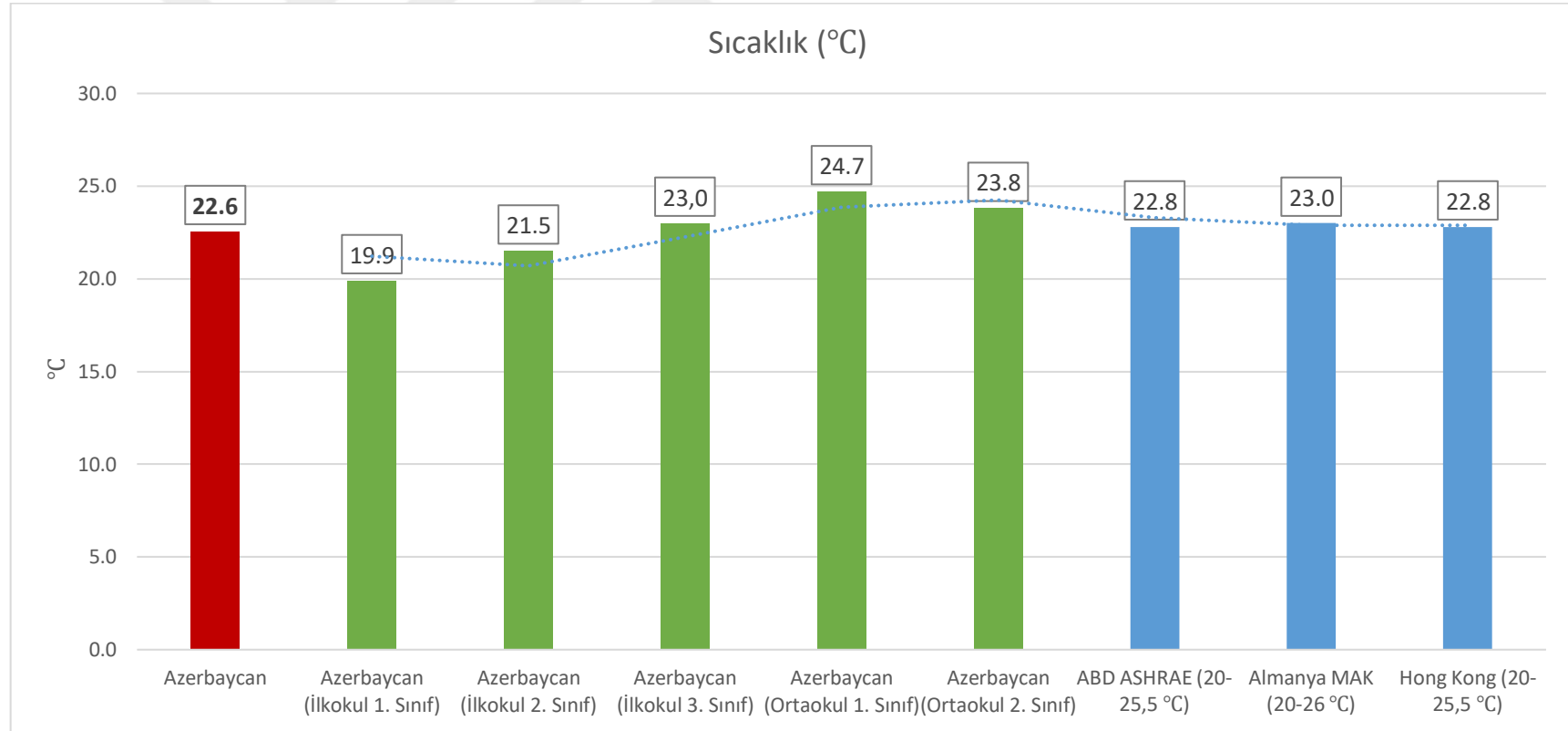
Şekil 4.2. Azerbaycan'daki PM_{2,5} Ölçüm Ortalamasının Ükelere Göre Karşılaştırılması.



Şekil 4.3. Azerbaycan'daki PM₁₀ Ölçüm Ortalamasının Ülkelere Göre Karşılaştırılması.



Şekil 4.4. Azerbaycan'daki Bağıl Nem (%) Ölçüm Ortalamasının Ülkelere Göre Karşılaştırılması.



Şekil 4.5. Azerbaycan'daki Sıcaklık (°C) Ölçüm Ortalamasının Ükelere Göre Karşılaştırılması.

5. SONUÇLAR

Azerbaycan'ın Bakü şehrinde Hazar ve Abşeron ilçelerinde bulunan ilkökul ve ortaokul sınıflarında iç hava kalitesi parametreleri olan karbon dioksit(CO₂), toz partikül madde(pm), bağıl nem(%) ve sıcaklık(°C) verileri toplanarak IBM SPSS Statistics 26.0 (Armonk, NY: IBM Corp.) aktarılarak analiz edilmiştir. Analizler sonucunda okullarda iç hava kalitesi parametreleri olan CO₂, PM ve bağıl nem parametreleri berilenen dünya standartı ASHRE üzerinde sıcaklık değerleri ise standartla nerdeyse eşit değerler almıştır. Sınıflar arasında en yüksek CO₂ değerlerin en yüksek ilkökul 1, ilkökul 3. ve ortaokul 1 almıştır. Yapılan araştırma sonucunda iç hava kirleticilerinin değerlerinin yüksek olması öğrenciler ve öğretmenlerin akademik hayatında ve sağlığında sorunlara neden olabileceği görülmüştür.

Bu tez çalışması sonucunda öğrencilerin ve öğretmenlerin sınıflarda daha temiz havada derslerine devam etmesi için aşağıdaki öneriler sunulmuştur.

- Ölçüm yapılan okullarda veya yeni inşaa edilecek okullarda mekanik havalandırma kullanılmalıdır.
- İç hava kirleticisine neden olan sebeplerin azaltılması veya ortadan kaldırılması gereklidir.
- Okullarda teneffüs zamanının uzatılması ve bu zamanda sınıflarda pencere ve kapıların açık olması ve taze havanın rahatlıkla sınıfa dahil olması sağlanmalıdır. Bu konuda teneffüs sürelerine dikkat edilmedir.
- Okulda bulunan personel, öğretmen ve öğrencilere iç hava kalitesiyle ilgili bilgilerin verilmesi bu konuda yaygın eğitim verilmesi ile farkındalık yaratılması sağlanmalıdır.
- Toz partikül değerlerinin yüksek çıkması nedeniyle sınıfların düzenli temizlenmesi gerekmektedir.
- İç hava kirliliğinin tamamen önlenmediği alanlarda maruz kalma süresinin azaltılması önerilmektedir.

Azerbaycanda iç hava kalitesi konusuna gereken önemi verilmediği, yüksek öğretim kurulları ve üniversiteler bu konu hakkında sempozyumlar, kongreler yapılması, böylece farkındalık oluşturulması sağlanmalıdır.

Azerbaycanda bulunan okulları merkezi ısıtma/soğutma ve havalandırma sisitemleriyle techiz etmeli ve havalandırma sisitemlerinin zamanında kontrolü yapılması gerekmektedir. Aynı zamanda bu sisitemlerin kullanılması enerji verimliliği açısından iyi sonuçların çıkmasına neden olacağı gibi parasal maliyetlerin okullarda azalacağı görüşteyim

Azerbaycan da iç hava kalitesiyle ilgili standartların bulunmaması insan sağlığında sorunlar yaratan bu kirleticiler için standart değerlerin ivedilikle belirlenmesi gerekmektedir.

İç hava kalitesi ölçümlerinin periyodik olarak yapılması gerekmektedir. Bu periyodik ölçümler iç hava kalitesinin iyileşmesine büyük oranda etki edeceği tartışmasıdır.

Diğer taraftan iç hava kalitesine etki eden diğer dış parametrelerinde ölçümlerinin yapılması NO_2 , SO_2 , CO , O_3 ve uçucu organik bileşiklerin ölçüm yapılması önerilmektedir.

Bu tez çalışması Azarbaycan Ülkesinde Üniversitelerde İç hava kalitesi derslerinin açılması yanında Yüksek lisans ve doktora çalışmalarına örnek olacağı görüşüylem.



6. KAYNAKLAR

- Abdul-Wahab, S. A., Chin Fah En, S., Elkamel, A., Ahmadi, L. and Yetilmezsoy, K. 2015. A review of standards and guidelines set by international bodies for the parameters of indoor air quality. *Atmospheric Pollution Research*, 6(5), 751-767.
- ACS. 2015, Eylül 15. Asbestos and Cancer Risk. <http://www.cancer.org/cancer/cancercauses/othercarcinogens/intheworkplace/asbestos> [Son erişim tarihi: 13 Ocak 2024].
- Allen, L. P., Baez, J., Stern, M. 2018. Trends and the Economic Effect of Asbestos Bans and Decline in Asbestos Consumption and Production Worldwide. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(3), 1-9.
- Alptekin, O., 2007 “Binalarda iç hava kalitesi ve toz partiküllerinin iç mekan hava kalitesi üzerindeki etkilerinin incelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, Ankara, 60s.
- Altaca, S. İ., 2015. “İlköğretim okullarında iç hava kalitesi yönetimi uygulaması”, Yüksek Lisans Tezi, Bahçeşehir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Enerji ve Çevre Yönetimi Ana Bilim Dalı, İstanbul, 68s.
- Alves, C. A., Vicente, E., Evtyugina, M., Vicente, A., Nunes, T., Lucarelli, F., Fraile, R. 2019. Indoor and outdoor air quality: A university cafeteria as a case study. *Atmospheric Pollution Research*, 1-41.
- Argunhan, Z. and Avcı, A. 2018. Statistical Evaluation of Indoor Air Quality Parameters in Classrooms of a University. *Hindawi Advances in Meteorology*, 1-10
- Arı, H., 2010 “Toplu Taşıma Aracı İçinde Karşılaşılan Partikül Madde Maruziyeti”, X.Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İzmir, 1779- 1782.
- ASHRAE. 1999. ASHRAE Standard 62-1999: Ventilation For Acceptable Indoor Air Quality. Atlanta: ASHRAE.
- ASHRAE. 2013. Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. Atlanta: ASHRAE.
- ASHRAE. 2016. Chapter 6 Radiant Heating And Cooling. ASHRAE Handbook: HVAC Systems and Equipment (SI). Atlanta: ASHRAE.
- ASHRAE. 2017. ASHRAE Fundamentals: Chapter 1 Psychrometrics (SI b.). Atlanta: ASHRAE.
- ASHRAE. 2019. Chapter 47 Air Cleaners For Gaseous Contaminants. ASHRAE içinde, ASHRAE Handbook Hvac Applications. Atlanta:
- Aslan, D. E. 1997. İç Hava Kalitesi ve Kontrolü. 97' Teskon Program Bildirileri içinde ss. 55-63. Ankara, Türkiye.
- Aslan, G., Sofuoğlu, A., İnal, F., Odabaşı, M., ve Sofuoğlu, S. C., 2009 “İlköğretim Okullarında Bina- İç Hava Uçucu Organik Madde Derişimleri: 185 Derslikler ile Anasınıflarının Karşılaştırılması,” IX. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İzmir, 683-693.

- Aksakal, B. N., 2009 “Ankara ilinde iki okulda solunan havada mantar varlığı CO, CO₂, Formaldehit ve Toluen düzeyleri ile öğrencilerde ilgili olabilecek yakınmaların değerlendirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Çevre Hekimliği Programı, Ankara, 97s.
- Atmaca, İ. ve Yiğit, A. 2009. Isıl Konfor ile İlgili Mevcut Standartlar ve Konfor Parametrelerinin Çeşitli Modeller ile İncelenmesi. IX. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 543-555.
- ATSDR. 2008. Public Health Statement for Formaldehyde (Rapor no: CAS#50-00-0) Division of Toxicology and Environmental Medicine.
- Azuma, K., Kagi, N., Yanagi, U. and Osawa, H. 2018. Effects of low-level inhalation exposure to carbon dioxide in indoor environments: A short review on human health and psychomotor performance. *Environment International*, 121(1), 51-56.
- Bacaloni, A., Insogna, S. and Zoccolillo, L. 2011. Indoor Air Quality - Volatile Organic Compounds: Sources, Sampling and Analysis. Nicolás A. Mazzeo (Dü.) içinde, Chemistry, Emission Control, Radioactive Pollution and Indoor Air Quality, ss. 261- 277. Rijeka, Croatia: InTech.
- Baek, S. O., Kim, Y. S. and Perry, R. 1997. Indoor air quality in homes, offices and restaurants in Korean urban areas—indoor/outdoor relationships. *Atmospheric Environment*, 31(4), 529-544.
- Bastani, A., 2008 “Full-scale experimental set-up for evaluating the performance of commercial air cleaners for building applications”, Msc. Thesis, Concordia University, Canada, , 125 p.
- Başaran, T. 1997. Roma döneminde hypokaust sisteminin, ısı analiz yönünden, günümüz yerden ısıtma sistemiyle karşılaştırılması. TMMOB içinde, III. Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi Bildiriler Kitabı Cilt II, s. 1007-1019. İzmir: TMMOB Makina Mühendisleri Odası
- Başköy, M., H. 2022 “The use of conductive nanomaterial-decorated filters for improvement of indoor air quality by particulate matter filtration”, Yüksek Lisans Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Ankara, 117s.
- Beaver, S., Palazoglu, A. 2009. Influence of synoptic and mesoscale meteorology on ozone pollution potential for San Joaquin Valley of California. *Atmospheric Environment*, 1779-1788.
- Berberoğlu, U. ve Motrör, D., 2011 “Edirne de Bir Dokuma Konfeksiyon İşletmesinde İç Ortam Hava Kalitesinin Değerlendirilmesi”, X. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İzmir.
- Bilir, N. 2008. Sigara ve Kanser (1. b.). Ankara: T.C. Sağlık Bakanlığı.
- Brenet, S. and Weerakoddy, J., Buhot, A., Gallat, F. X., Mathey, R., Leroy, L., Hou, Y. 2020. Improvement of sensitivity of surface plasmon resonance imaging for the gas-phase detection of volatile organic compounds. *Talanta*.
- Bulduk, M., 2009 “İzmir ili Bornova ilçesindeki anaokullarının iç mekan havasında bulunan hava kaynaklı bazı potansiyel alerjen mikrofungusların izolasyonu ve

- tanılanması”, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 151s.
- Bulgurcu, H. 2015. Havalandırma Ve İç Hava Kalitesi. H. Bulgurcu içinde, Havalandırma Tekniği. Balıkesir.
- Bulgurcu, H., İlten, N. ve Çoşgun, A., 2005 “Okullarda İç Hava Kalitesi Problemleri Ve Çözümler”, VII. Ulusal Tesisat Kongresi ve Sergisi, İzmir, 601-615.
- Bulgurcu, H., İlten, N. ve Kuş, M., 2010 “Türkiye de yapılan iç hava kalitesi, çalışmalarının incelenmesi”, Soğutma Dünyası Dergisi, 48, 66 - 74.
- Bulut, H., 2007 “Konutlarda İç Hava Kalitesi İle İlgili Ölçüm Sonuçlarının Analizi”, VIII. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İzmir, 415-427.
- Bulut, H., 2008 “Isıtma Sezonunda Ofislerde İç Hava Kalitesinin Araştırılması”, Tesisat Mühendisliği Dergisi, 105, 28-37.
- Bulut, H., 2011 “Havalandırma ve İç Hava Kalitesi Açısından CO₂ Miktarının Analizi”, X. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İzmir.
- Bulut, H., Yeşilnacar, M. İ., Rastgeldi, T., Aslan, M. ve Uçar, D., 2008 “Toz bulutlarının iç ve dış ortam hava kalitesine etkileri: Şanlıurfa örneği”, Ulusal Hava Kalitesi Sempozyumu, UHAKS, Konya, 369-377.
- Burroughs, H. and Hansen, S. 2011. Managing indoor air Quality (5. b.). *The Fairmont Press, Inc.*
- Cao, Jiang, W., Wang, B., Fang, J., Lang, J., Tian, G, Zhu, T. 2014. Inhalable microorganisms in Beijing’s PM_{2.5} and PM₁₀ pollutants during a severe smog event. *Environ. Sci. Technol.*, 1499–1507.
- Carnelley, T., Haldane, J. S. and Anderson, A. M. 1887. IV. The carbonic acid, organic matter, and microorganisms in air, more especially of dwellings and schools. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 178, 61–111.
- Carugno, M., Dentali, F., Mathieu, G., Fontanella, A., Mariani, J., Bordini, L., Bollati, V. 2018. PM₁₀ exposure is associated with increased hospitalizations for respiratory syncytial virus bronchiolitis among infants in Lombardy, Italy. *Environ. Res.*, 452–457.
- Centers for Disease Control and Prevention (CDC). 2024, Şubat 7. Mold: Basic Facts about Mold and Dampness. <https://www.cdc.gov/mold-health/about/index.html> [Son erişim tarihi: 24 Nisan 2024].
- Chan-Yeung, M., Dimich Ward, H. 2003. Respiratory health effects of exposure to environmental tobacco smoke. *Respirology*, 8(2), 131-139.
- Chaorui: C., Zhiwei, S., Louise, B., Weschler , Tiantian L., Wei, X., Yinping, Z. 2021. “Indoor air quality in schools in Beijing Field tests, problems and recommendations” *Building and Environment* 205, 108179, 1-15
- Chen, G., Zhang, W., Li , S., Williams, G., Liu, C., Morgan, G., Guo, Y. 2017. Is shortterm exposure to ambient fine particles associated with measles incidence in China? A multi-city study. *Environ. Res.*, 306–311.

- Cheng, Y., Zhang, S., Huan, C., Oladokun, M. O., Lin, Z. 2019. Optimization on fresh outdoor air ratio of air conditioning system with stratum ventilation for both targeted indoor air quality and maximal energy saving. *Building and Environment*, 147, 11-22.
- Chowdhury, Z., Campanella, L., Gray, C., Masud, A., Kenyon, J., Pennise, D., Zuzhang, X. 2013. Measurement and modeling of indoor air pollution in rural households with multiple stove interventions in Yunnan, China. *Atmospheric Environment*, 67, 161- 169.
- Cindoruk, S. S. 2018. Havadaki NO ve NO₂ Parametrelerinin Marmara Temiz Hava Merkezi Ölçümleri Kapsamında İncelenmesi. Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 7(2), 600-611.
- Clements-Croome, D. 2011. The Interaction Between The Physical Environment And People. S. Abdul-Wahab (Ed.) içinde, Sick Building Syndrome: in Public Buildings and Workplaces ss. 239-259. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Conticinia, E., Frediania, B. and Caro, D. 2020. Can atmospheric pollution be considered a cofactor in extremely high level of SARS-CoV-2 lethality in Northern Italy? *Environmental Pollution*, 261, 1-3.
- Crook, B. and Burton, N. 2010. Indoor moulds, Sick Building Syndrome and building related illness. *Fungal Biology Reviews*, 24(3-4), 106-113.
- Crump, K. and Berman, D. 2003. Final Draft: Technical Support Document for a Protocol to Assess Asbestos- Related Risk. (9345.4-06). Washington, D.C: U.S.EPA.
- Csavina, J., Field, J., Félix, O., Corral-Avitia, A., Sáez, A., Betterton, E. 2014. Effect of wind speed and relative humidity on atmospheric dust concentrations in semi-arid climates. *Science of the Total Environment*, 82-90.
- Cucoş, A., Cosma, C., Dicu, T., Papp, B., Horju-Deac, C. 2015. Ventilation systems for indoor radon mitigation in energy-efficient houses. *Journal of Environmental Research and Protection*, 12(3), 14-20.
- Çakmanus, İ. ve Künar, A. , 2011. “Müzelerde İç Çevre Gereksinimleri: Ayasofya, Topkapı ve Türk İslam Eserleri Müzeleri Bağlamında Türkiye”deki Durum”, X. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İzmir.
- ÇED. 2019. Hava Kalitesi Bülteni. Ankara: T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı.
- Çelebi, N., 2007 “Konutlarda Radon Konsantrasyonu Değerlerinin Yapı Biyolojisi Açısından İncelenmesi”, VIII. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, Makine Mühendisleri Odası, İzmir, 397-402.
- Çobanoğlu, N. ve Kiper, N., 2006 “Bina içi solunan havada tehlikeler”, Çocuk sağlığı ve hastalıkları dergisi, 49, 71-75.
- Çoşgun, A., 2008 “Antalya ilinde bazı toplu çalışma alanlarındaki iç hava kalitesi üzerine bir araştırma”, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Eğitimi Anabilim Dalı, Sakarya, 158s.

- Çoşgun, A., 2012 “Antalya ilinde farklı ortamlarda iç hava kalitesinin araştırılması ve modellenmesi”, Doktora Tezi, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Balıkesir, 252s.
- Daher, N., Hasheminassab, S., Shafer, M. M., Schauer, J. J., Sioutas, C. 2013. Seasonal and spatial variability in chemical composition and mass closure of ambient ultrafine particles in the megacity of Los Angeles. *Environmental Science: Processes & Impacts*, 15, 283-295.
- Darçın, P., 2008 “Yapı içi hava kirliliğinin giderilmesinde doğal havalandırma ilkeleri”, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı Yapı Programı, İstanbul, 123s.
- Darçın, P., Balanlı, A., 2011 “Yapılarda Doğal Havalandırmanın Sağlanmasına Yönelik İlkeler”, X. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İzmir.
- Demirel, G., Özden, Ö., Döğeroğlu, T. and Gaga, E. 2014. Personal exposure of primary school children to BTEX, NO₂ and ozone in Eskişehir, Turkey: Relationship with indoor/outdoor concentrations and risk assessment. *Science of The Total Environment*, 473–474, 537-548.
- Dohal, S. 2023 “A decision making approach for the selection of interior finishing materials in terms of iaq, environmental impact and LCC: Hotel room cases” Yüksek Lisans Tezi, Bahçeşehir Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Mimarlık Ana Bilim Dalı, İstanbul, 94s.
- Dolaş, E., Güllü, G. ve Menteşe, S., 2011 “İç ortam hava kalitesinin iyileştirilmesinde gümüş iyonları içeren PVC malzemelerin antimikrobiyal etkisinin belirlenmesi”, X. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İzmir.
- Doremalen, N. V., Bushmaker, T. and Morris, D. H. 2020. Aerosol and Surface Stability of SARS-CoV-2 as Compared with SARS-CoV-1. *N Engl J Med*, 1564-1567.
- Elminir, H. K. 2005. Dependence of urban air pollutants on meteorology. *Science of the Total Environment*, 225-237.
- EPA. 1993. Respiratory Health Effects Of Passive Smoking: Lung Cancer And Other Disorders, EPA/600/6-90/006F. <https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi/00000M1C.PDF?Dockkey=00000M1C.PDF> [Son erişim tarihi:28.Mayıs 2024].
- EPA. 1995. The Inside Story: A guide to Indoor Air Quality EPA-402 / K-93/007. United States: U.S. Environmental Protection Agency.
- EPA. 2008. Mold Remediation in Schools and Commercial Buildings, EPA 402-K-01-001. Washington: United States Environmental Protection Agency Office of Air and Radiation Indoor Environments Division.
- EPA. 2018. Asbestos: Learn About Asbestos. <https://www.epa.gov/asbestos/learn-about-asbestos#asbestos>. [Son erişim tarihi: 13 Nisan 2024].
- EPA. 2018b. Ground-level Ozone Pollution: Ground-level Ozone Basics. <https://www.epa.gov/ground-level-ozone-pollution/ground-level-ozone-basics>. [Son erişim tarihi: 5 Mayıs 2024].

- EPA. 2019, Nisan 2. Sulfur Dioxide (SO₂) Pollution. Sulfur Dioxide Basics. <https://www.epa.gov/so2-pollution/sulfur-dioxide-basics#what%20is%20so2>. [Son erişim tarihi: 25 Nisan 2024].
- EPA. 2019. Lead: Learn about Lead. <https://www.epa.gov/lead/learn-about-lead>. [Son erişim tarihi: 19 Mayıs 2024].
- EPA. 2020. A Brief Guide to Mold, Moisture, and Your Home EPA 402-K-02-003. <https://www.epa.gov/mold/printable-version-brief-guide-mold-moisture-and-your-home> [Son erişim tarihi: 28 Mart 2024].
- EPA. 2020a, Ağustos 14. Indoor Air Quality (IAQ): Introduction to Indoor Air Quality. <https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq>. [Son erişim tarihi: 28 Mart 2024].
- EPA. 2020b, Haziran 20. Radon: Health Risk of Radon. <https://www.epa.gov/radon/health-risk-radon#head>. [Son erişim tarihi: 18 Nisan 2024]
- EPA. 2023 a, Kasım 28. Indoor Air Quality in Schools: Why Indoor Air Quality Is Important to Schools. <https://www.epa.gov/iaq-schools/why-indoor-air-quality-important-schools>. [Son erişim tarihi: 16 Şubat 2024].
- EPA. 2023 Temmuz 11. Particulate Matter (PM) Pollution. <https://www.epa.gov/pm-pollution/particulate-matter-pm-basics#:~:text=PM%20stands%20for%20particulate%20matter,seen%20with%20the%20naked%20eye> [Son erişim tarihi:11 Mart 2024].
- EPA. 2023 Temmuz 25. Nitrogen Dioxide (NO₂) Pollution. <https://www.epa.gov/no2-pollution/basic-information-about-no2>. [Son erişim tarihi: 22 Mart 2024].
- EPA. 2023, Eylül 25. Indoor Air Quality (IAQ): Carbon Monoxide's Impact on Indoor Air Quality. <https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq/carbon-monoxides-impact-indoor-air-quality>. [Son erişim tarihi: 13 Nisan 2024].
- EPA. 2023, Kasım 28. Indoor Air Quality in Schools: Controlling Pollutants and Sources: Indoor Air Quality Design Tools for Schools. <https://www.epa.gov/iaq-schools/indoor-air-quality-design-tools-schools>. [Son erişim tarihi: 14 Mayıs 2024].
- EPA. 2024, Mart 20. Indoor Air Pollution: An Introduction For Health Professionals. <https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq/indoor-air-pollution-introduction-health-professionals>. [Son erişim tarihi: 10 Mayıs 2024].
- EPA. 2024, Mart 5. Indoor Air Quality (IAQ): Nitrogen Dioxide's Impact on Indoor Air Quality. <https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq/nitrogen-dioxides-impact-indoor-air-quality>. [Son erişim tarihi: 21 Mart 2024].
- EPA. 2024, Mart 5. Indoor Air Quality (IAQ): What are volatile organic compounds (VOCs)? [https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq/what-are-volatile-organic-compounds-vocs#:~:text=Volatile%20organic%20compounds%20\(VOCs\)%20are,ten%20times%20higher\)%20than%20outdoors](https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq/what-are-volatile-organic-compounds-vocs#:~:text=Volatile%20organic%20compounds%20(VOCs)%20are,ten%20times%20higher)%20than%20outdoors). [Son erişim tarihi: 28 Nisan 2024].
- EPA. 2024a. Indoor Air Quality (IAQ): Technical Overview of Volatile Organic Compounds. <https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq/technical-overview-volatile-organic-compounds>. [Son erişim tarihi: 25 Nisan 2024].

- Esin, T., 2007 “Eğitim yapılarında konfor koşullarının sağlanması ve yalıtım”, İzolasyon Dünyası dergisi, 66, 71-74.
- Evcı, D., Vaizoğlu, S., Özdemir, M., Ayçan, S. ve Güler, Ç., 2005 “Ankara'da 46 kahvehanede formaldehit düzeylerinin belirlenmesi”, TSK Koruyucu Hekimlik Bülteni, 4, 3.
- Evelyn, J. 1661. Fumifugium Or The Inconvenience of the Aer And Smoake of London Dissipated. London: W. Godbid.
- Fanger, P. L. 1988. Air pollution sources in offices and assembly halls, quantified by the olf unit. *Energy and Buildings*, 12(1), 7–19.
- Fattorini, D. and Regoli, F. 2020. Role of the chronic air pollution levels in the Covid-19 outbreak risk in Italy. *Environmental Pollution*, 1-5.
- Fayos, B. G., Juste, B., Sancho, M., Arnal, J., Verdú, G., Noverques, A. 2020. Study of potential capacity as adsorbent of Moringa oleifera substrates for treatment of radon contaminated air in indoor spaces: Preliminary test. *Radiation Physics and Chemistry*, 167, 1-3.
- Florentina, V., Alberto, N., Beatriz, C., Pilar, M., Sagrario, S., Marta, F., G. 2021 “Assessment of CO₂ and aerosol (PM_{2.5}, PM₁₀, UFP) concentrations during the reopening of schools in the COVID-19 pandemic: The case of a metropolitan area in Central-Southern Spain” *Environmental Research* 197, 111092, 1-10.
- Franzblau, A., Sayler, S. and Demond, A. 2020. Asbestos-Containing Materials in Abandoned Residential Dwellings in Detroit. *Science of the Total Environment*, 714, 1-8.
- Frontera, A., Martin, C., Vlachos, K., Sgubin, G. 2020. Regional air pollution persistence links to COVID-19 infection zoning. *J Infect*, 318-356.
- Gammage, R. B. and Kaye, S. V. (Dü). 1984. Indoor Air and Human Health. Chelsea: Lewis Publishers.
- Giulia, T., Giulia, L., Fabio, F., Francesco, B. 2023 “Exploring the impact of perceived control on thermal comfort and indoor air quality perception in schools” *Journal of Building Engineering* 63, 105419, 1-16.
- Goyal, R. and Khare, M. 2009. Indooroutdoor concentrations of RSPM in classroom of a naturally ventilated school building near an urban traffic roadway. *Atmospheric Environment*, 6026–6038.
- Griscom, J. H. 1848. The uses and abuses of air: Showing its influence in sustaining life, and producing disease; with remarks on the ventilation of houses (3. b.). New York: Redfield.
- Groenigen, K. J., Osenberg, C. W. and Hungate, B. A. 2011. Increased soil emissions of potent greenhouse gases under increased atmospheric CO₂. *Nature*, 475, 214–216.
- Güllü, G., 2016. İlköğretim okullarında iç ortam hava kalitesi ve sağlık etkileşimi. *Tesisat Mühendisliği*, 152:31-42.
- Güllü, G., Menteşe, S., 2007 “İç Ortam Havasında Biyoaerosol Düzeyleri”, VIII. Uluslararası Tesisat Mühendisliği Kongresi, İzmir, 359-365.

- Güney, A. A., Onat , B., Cengiz, S., Şahin, A. Ü., Türkmen, Z. ve Mercan, S., 2011 “Okul, Ofis Ve Alışveriş Merkezlerinde Uçucu Organik Bileşiklerin Belirlenmesi”, X. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İzmir.
- H.E. Burroughs, CIAQP Shirley J. Hansen, Ph. D.2020 “Managing Indoor Air Quality Fifth Edition” 1-20 p.
- Häggström, M., 2014. Medical gallery of Mikael Häggström 2014. *Wikiversity Journal of Medicine*,1 (2).
- Halonen, J., Lanki, T., Yli-Tuomi, T., Tiittanen, P., Kulmala, M. and Pekkanen, J. 2009. Particulate air pollution and acute cardiorespiratory hospital admissions and mortality among the elderly. *Epidemiology*, 20(1), 143-153.
- Hansen, D. L. 2000. *Indoor Air Quality Issues* (1. b.). Boca Raton: CRC Press.
- Hasheminassab, S., Daher, N., Schauer, J. J. and Sioutas, C. 2013. Source apportionment and organic compound characterization of ambient ultrafine particulate matter (PM) in the Los Angeles Basin. *Atmospheric Environment*, 79, 529-539.
- Hathaway, G. and Proctor, N. 2004. *Proctor And Hughes’ Chemical Hazards Of The Workplace* (5. b.). Philadelphia, PA: A John Wiley and Sons, Inc., Publication.
- He, Z. and Ravi S. 2020 “A Systematic Review of Air Quality Sensors, Guidelines, and Measurement Studies for Indoor Air Quality Management” *Sustainability*, 12, 9045, 1-38.
- Hess-Kosa, K. 2019. *Indoor Air Quality: The Latest Sampling and Analytical Methods* (3. b.). Boca Raton: CRC Press.
- HHS. 2006. *The Health Consequences of Involuntary Exposure to Tobacco Smoke: A Report of the Surgeon General* (1. b.). Atlanta: Agency, Healthcare Research and Quality.
- HKDYY. 2016. Hava Kalitesi Değerlendirme Ve Yönetimi Yönetmeliği. Resmi gazete.
- HKEPD. 2019. A guide on indoor air quality certification scheme for offices and public places. <https://www.iaq.gov.hk/en/publications-andreferences/guidance-notes.aspx>. [Son erişim tarihi: 08 Şubat 2020].
- IARC. 1988. *IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans: ManMade Mineral Fibres and Radon*, Cilt 81. Lyon, France: International Agency for Research on Cancer.
- IARC. 2004. *IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans Tobacco: Smoke and Involuntary Smoking*. Lyon, France: World Health Organization, International Agency For Research On Cancer. 141
- IARC. 2012. *IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans: Personal Habits and Indoor Combustions*. Lyon, France: World Health Organization, International Agency For Research On Cancer.
- IARC. 2020, Haziran 26. List Of Agents Classified By The IARC Monographs Volumes 1– 127. <https://monographs.iarc.fr/list-of-classifications>. [Son erişim tarihi: 19 Mart 2024].

- IOM. 2004. Damp Indoor Spaces and Health. Washington, DC: The National Academies Press.
- IPCS, 2006. Carbon Dioxide International Chemical Safety Cards 0021. Geneva: International Programme on Chemical Safety, World Health Organization.
- IQAir. 2023. World Air Quality Report Region and City PM_{2.5} Ranking. <https://www.iqair.com/world-air-quality-report>. [Son erişim tarihi: 12 Nisan 2024].
- Ivan M. L., Žarko Stevanovic, M., Milena V. Jovašević, S., Marija, M. Živković and Miloš Banjac, J. 2016 “Impact Of CO₂ Concentration On Indoor Air Quality And Correlation With Relative Humidity And Indoor Air Temperature In School Buildings In Serbia, Concentration on Indoor Air Quality and Thermal Science, 20, 1, pp. S297-S307.
- İlgördü, Ö, Ö, 2024 “Kütahya Sağlık Bilimleri Üniversitesi Ağız ve Diş Sağlığı Uygulama ve Araştırma Merkezi iç hava kalitesinin incelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Kütahya Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Sağlık Yönetimi Ana Bilim Dalı, Sağlık Yönetimi Bilim Dalı, Kütahya, 106s.
- İlten, N. ve Bulgurcu, H., 2006 “Evlerde iç hava kalitesi ile ilgili bir çalışma”, Termodinamik Dergisi, 162, 68-76.
- Janssen, J. E. 1999. The History of Ventilation and Temperature Control. *Ashrae Journal*, 47-52.
- Jansz, J. 2011. Introduction to sick building syndrome. S. Abdul-Wahab (Dü.) içinde, Sick Building Syndrome: in Public Buildings and Workplaces. ss. 1-24. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Jones, A. P. 1999. Indoor air quality and health. *Atmospheric Environment*, 33(28), 4535-4564.
- Joshi, S. M. 2008. The sick building syndrome. *Indian Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 12(2), 61–64.
- Jouanna, J. 2012. Air, Miasma And Contagion In The Time Of Hippocrates And The Survival Of Miasmas In Post-Hippocratic Medicine (Rufus Of Ephesus, Galen And Palladius). J. Jouanna içinde, Greek Medicine from Hippocrates to Galen: Selected Papers. Cilt 40, ss. 119-136. Leiden-Boston: Brill.
- Kapkın, Ş. ve Uzal, E., 2007 “Kapalı Ortamlardaki Hava Kalitesini Etkileyen Parametreler Ve Toplu Taşımacılıkta İç Hava Kalitesinin Bilgisayar Destekli Analizi”, Tesisat Mühendisliği Dergisi, 99, 75- 81.
- Keskinkılıç, B., Kocabaş, A., Karlıkaya, C. ve Yorgancıoğlu, A. 2014. Türkiye Kronik Hava Yolu Hastalıkları Önleme ve Kontrol Programı (2014-2017). Ankara: Sağlık Bakanlığı.
- Khaniabadi, Y., Polosa, R., Chuturkova, R., Daryanoosh, M., Goudarzi, G., Borgini, A., Naserian, P. 2017. Human health risk assessment due to ambient PM₁₀ and SO₂ by an air quality modeling technique. *Process Safety and Environmental Protection*, 111, 346–354.

- Kim, K. H., Kabir, E. and Kabir, S. 2015. A review on the human health impact of airborne particulate matter. *Environment International*, 74, 136-143. 143
- Klepeis, N. E., Nelson, W. C., Ott, W. R., Robinson, J., Tsang, A. M., Switzer, P., Engelmann, W. H. 2001. The National Human Activity Pattern Survey (NHAPS): A Resource for Assessing Exposure to Environmental Pollutants. *Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology*, 11(3), 231-252.
- Kocahakimoğlu, C., Turan, D., Özeren, F., Sofuoğlu, A. ve Sofuoğlu, S. C., 2009 “İlköğretim Okullarında Bina-İçi Hava Ozon Derişimleri”, IX. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İzmir, 697-703.
- Köksal, Y. 2001. Kapalı Mahallerde Hava Kalitesinin İyileştirilmesi. V. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi içinde, ss. 625-645, İzmir, Türkiye: MMO
- Kunkel, S. and Kontonasiou, E. 2015. Indoor air quality, thermal comfort and daylight policies on the way to nZEB – status of selected MS and future policy recommendations. *Eceee Summer Study Proceedings*, 1261-1270.
- Kuş, M. 2007 “Şanlıurfa ilindeki yükseköğretim kurumları dersliklerinde iç hava kalitesinin incelenmesi ve modellenmesi”, Doktora Tezi, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir.
- Kutlu, R., Demirbaş, N., Börüban, M. C. ve Güler, T. 2014. Sigara içmeye atfedilebilen kanser türleri ve sosyodemografik özellikleri. *Türk Onkoloji Dergisi*, 29(3), 81-88.
- Löndahl, J., Pagels, J., Swietlicki, E., Zhou, J., Ketzel, M., Massling, A. and Bohgard, M. 2006. A set-up for field studies of respiratory tract deposition of fine and ultrafine particles in humans. *Journal of Aerosol Science*, 37(9), 1152-1163.
- Macacu, A., Autier, P., Boniol, M. and Boyle, P. 2015. Active and passive smoking and risk of breast cancer: a meta-analysis. *Breast Cancer Res. Treat.*, 154(2), 213-224.
- Mate, S., Zsófia, C., Bohumil, K., Kazmarová, H., Kozajda, A., Anja, J., Andreja, K., Otorepec, P., Dongiovanni, A., Andrea Di, M., Stefano, F., Tamas, S. 2021 “Indoor air quality and the associated health risk in primaryschool buildings in Central Europe – The InAirQ study” *Indoor Air. Journal*, 31989–1003.
- Mcleod, J. D., 2008 “Evaluation of indoor air quality parameters and airborne fungal spore concentrations by season and type of HVAC system in a school building” Msc. Thesis, The University of Toledo, 88 p.
- Mehzabeen, M. and Sami G. Al-Ghamd. 2021 “Indoor Air Quality in Buildings: A Comprehensive Review on the Factors Influencing Air Pollution in Residential and Commercial Structure” *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 18, 3276, 1-25.
- Mendell, M. J., Mirer, A., Cheung, K., Tong, M. and Douwes, J. 2011. Mendell MJ, Mirer AG, Cheung K, Tong M, Douwes J. Respiratory and allergic health effects of dampness, mold, and dampness-related agents: A review of the epidemiologic evidence. *Environmental Health Perspectives*, 119(6), 748-756.
- Menteşe, S., 2009 “Bina içi hava kalitesinin belirlenmesi ve kaynaklarının tespiti”, Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara, 479s.

- Menteşe, S. and Güllü, G. 2006. Variations and sources of formaldehyde levels in residential indoor air in Ankara, Turkey. *Indoor and Built Environment*, 15(3), 273-281.
- Menteşe, S., Yousefi Rad, A., Güllü, G. ve Arısoy, M. 2009. İç Ortam Biyolojik Kirliliğin Mekansal Değişimi ve Dış Ortamın Etkisi. IX. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi içinde, ss. 727-734. İzmir, Türkiye.
- Montero-Montoya, R., López-Vargas, R. and Arellano-Aguilar, O. 2018. Volatile Organic Compounds in Air: Sources, Distribution, Exposure and Associated Illnesses in Children. *Annals of Global Health*, 84(2), 225–238.
- Muscatiello, N., McCarthy, A., Kielb, C., Hsu, W., Hwang, S. and Lin, S. 2015. Classroom conditions and CO₂ concentrations and teacher health symptom reporting in 10 New York State Schools. *Indoor Air*, 25(2), 157-167.
- Nan, M., Dorit, A., Hongshan, G., William W. Braham, 2021 “Measuring the right factors: A review of variables and models for thermal comfort and indoor air quality” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 135, 110436, 1-18.
- Nehul, A., Chandan, S., M., Binju, P., R., Lohit, S., Ashok, K., Gopalakrishnan, N., Anuj, K., Nagesh, B., B., Tabish, A., Nishant Raj, K., Aggarwal, V. 2021 “Indoor air quality improvement in COVID-19 pandemic” *Sustainable Cities and Society* 70, 102942, 1-15.
- NIOSH. 1974. National Institute for Occupational Safety and Health: Criteria for a Recommended Standard Occupational Exposure to Sulfur Dioxide. Washington, DC: US Government Printing Office.
- NRC. 1999. Health Effects of Exposure to Radon: BEIR VI. <http://www.nap.edu/catalog/5499.html>. [Son erişim tarihi: 27 Mart 2024].
- Onat, B., Haksevenler, T. ve Şahin, A. Ü., 2011 “İstanbul’da Farklı Bina İçeri Ortamlarda PM_{2,5}, CO konsantrasyonları ve partikül sayısının belirlenmesi”, X. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İzmir.
- Onat, B. ve Stakeeva, B., 2009 “İstanbul’da Farklı Ulaşım Türleri İle Seyahat Esnasında Maruz Kalınan Partikül Maddenin (PM_{2,5}) Belirlenmesi”, IX. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İzmir, 621-629.
- OSHA. 2019. Permissible Exposure Limits OSHA Annotated Table Z-1. <https://www.osha.gov/dsg/annotated-pels/tablez-1.html>. [Son erişim tarihi: 28 Şubat 2024].
- Öcek, Z. A., Çiçeklioğlu, M. ve Taner, Ş. 2008. Çevresel Tütün Dumanının Önlenmesinde Etkili Tek Strateji: %100 Dumansız Ortamlar. *Pamukkale Tıp Dergisi*, 2(1), 45-53.
- Ökten, S. ve Asan, A., 2009 “Hastane iç ortam havasının mikrobiyal açıdan incelenmesinin önemi”, IX. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İzmir, 717-723.
- Özdamar, M. and Umaroğulları, F. 2018. Thermal Comfort And Indoor Air Quality. *International Journal of Scientific Research and Innovative Technology*, 5(3), 90-109.

- Özkan, B. 2011 “Kütüphanelerde iç hava kalitesinin incelenmesi ve doğal havalandırmayla iyileştirilmesi: Konya İl Halk Kütüphanesi örneği”, KTO Karatay Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Mimarlık Ana Bilim Dalı, Konya, 109s.
- Özkan, O., Verinli, F., Çayır, H., 2011 “Metal Endüstrisinde İç Ortam Toz Ve Gaz Konsantrasyonlarının Belirlenmesi”, X. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İzmir.
- Öztürk, B. ve Düzovalı, G., 2011 “Okullarda Hava Kirliliği ve Sağlık Etkileri”, X. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İzmir.
- Parmaksız, K. 2017 “Bazı kamu kuruluşlarında iç hava kalitesinin araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Şanlıurfa, 91s.
- Parsons, R. 1997. Ashrae Handbook - Fundamentals. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.
- Pawelczyk, A. and Božek, F. 2015. Health Risk Associated With Airborne Asbestos. *Environ Monit Assess*, 187(7), 428.
- Perez, L., Tobías, A., Querol, X., Pey, J., Alastuey, A., Díaz, J. and Sunyer, J. 2012. Saharan dust, particulate matter and cause-specific mortality: A case-cross-over study in Barcelona, Spain. *Environment International*, 48, 150-155.
- Persily, A. 2015. Challenges in developing ventilation and indoor air quality standards: the story of ASHRAE Standard 62. *Building and Environment*, 91, 61-69.
- Polivka, B. 2018. The Great London Smog of 1952. *The American Journal of Nursing*, 118(4), 57-61.
- Roosbroeck, S. V., Jacobs, J., Janssen, N., Oldenwening, M., Hoek, G. and Brunekreef, B. 2007. Long-term personal exposure to PM_{2.5}, soot and NO_x in children attending schools located near busy roads, a validation study. *Atmospheric Environment*, 41(16) 3381–3394.
- Sadrizadeh, S., Runming, Y., Feng, Y., Hazim, A., William, B., Yang, B., Guangyu, C., Cristiana, C., Richard, de D., Fariborz, H., Prashant, K., Mojtaba, M., Fuzhan, N., Mathilde, R., Parastoo, S., Pawel, W., Jing, X., Wei, Y., Baizhan, L. 2022 “Indoor air quality and health in schools: A critical review for developing the roadmap for the future school environment” *Journal of Building Engineering* 57,104908, 1-23.
- Salonen, H., Salthammer, T., Morawska, L. 2019. Human exposure to NO₂ in school and office indoor environments. *Environment International*, 130, 1-12.
- Sciomer, S. Moscucci, F., Magrì, D., Badagliacca, R., Piccirillo, G. and Agostoni, P. 2020. SARS-CoV-2 spread in Northern Italy: what about the pollution role? *Environmental Monitoring and Assessment* volume, 192, 1-3.
- Seltzer, J. M. 1994. Building-related illnesses. *J. Allergy Clin. Immunol.*, 94(2), 351-362.
- Sepideh, S., K., Azadeh, M., Dejan, M. 2020 “Indoor air quality (IAQ) in naturally-primary schools in the UK: Occupant-related factors” *Building and Environment* 180, 106992” 1-16.

- Shrubsole, C. Dimitroulopoulou, S. Foxall, K., Gadeberg, B. and Doutsis, A. 2019. IAQ guidelines for selected volatile organic compounds (VOCs) in the UK. *Building and Environment*, 165, 1-24.
- Singh, H. B. 1995. Composition, Chemistry, and Climate of the Atmosphere. New York: Van Nostrand Reinhold.
- Sioutas, C., Delfino, R. J. and Singh, M. 2005. Exposure Assessment for Atmospheric Ultrafine Particles (UFPs) and Implications in Epidemiologic Research. *Environ Health Perspect.* 113(8), 947–955.
- Sofuoğlu, S. C., Odabaşı, M. ve Sofuoğlu, A., 2009 “Bina İçi Yüzeylere Çökelmiş Partiküllerdeki Uçucu Organik Madde İçeriğinin Niceliksel Analizi”, IX. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İzmir, 405-412.
- Spengler, J. D., McCarthy, J. and Samet, J. 2000. Indoor Air Quality Handbook (1b.). United States: McGraw-Hill Professional.
- Stetzenbach, L. D., Büttner, M. and Cruz, P. 2004. Detection and enumeration of airborne biocontaminants. *Current Opinion in Biotechnology*, 15(3), 170-174.
- Sundell, J. 1999. Indoor Air Sciences: A Defined Area of Study or a Field to be Defined. N. Boschi içinde, Education and Training in Indoor Air Sciences ss. 7-19. Dordrecht: Springer.
- Sundell, J. 2004. On The History Of Indoor Air Quality and Health. *Indoor Air*, 14(7), 51-58.
- Sundell, J. 2017. Reflections on the history of indoor air science, focusing on the last 50 years. *Indoor Air*, 27(4), 708–724.
- T.C. Sağlık Bakanlığı. 2010. Türkiye’nin Hava Kirliliği ve İklim Değişikliği Sorunlarına Sağlık Açısından Yaklaşım (Yayın No: 811 b.). Ankara: Sağlık Bakanlığı.
- Tatlı, E., 2011 “İç ortam hava kalitesi değerlendirmesi: biyolojik, gazlar ve partikül madde kirlilik göstergeleri”, Yüksek Lisans Tezi, Fatih Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, 74s.
- Temiz Hava Hakkı Platformu (THHP). 2020. Kara Rapor Hava Kirliliği ve Sağlık Etkileri. Temiz Hava Hakkı Platformu.
- Teresa, M., M., António A. Martins, Cristina S. C. Calheiros, Florentina, V., Nuria, P., Alonso, C., Marta, F., G. and Gabriela, V., S. 2022 “Indoor Air Quality: A Review of Cleaning Technologies” *Environments*, 9, 118, 1-28.
- Thomson, G., Wilson, N. and Howden-Chapman, P. 2006. Population level policy options for increasing the prevalence of smokefree homes. *Journal of Epidemiology and Community Health*, 60(4), 298–304.
- URL-2, https://www.researchgate.net/figure/Respiratory-tract-and-particulate-matterPM-size-classification-Modified-from_fig14_321993233-, [Son erişim tarihi 06.06.2020].
- Uzun, S., 2011 “Toplam askıda partikül madde hava örneklerinin kimyasal bileşiminin incelenmesi”, Doktora Tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, Tokat, 109s.

- V.S. Chithra and S.M. Shiva Nagendra. 2012 “Indoor air quality investigations in a naturally ventilated school building located close to an urban roadway in Chennai, India” *Building and Environment* 54, 159-167.
- Verma, V. K, Subbiah, S and Kota, S. H. 2019. Sericin-coated polyester based air-filter for removal of particulate matter and volatile organic compounds (BTEX) from indoor air. *Chemosphere*, 237, 1-11.
- Vinh, V., T., Ördəkshin, P. and Young-Chul, L. 2020 “Indoor Air Pollution, Related Human Diseases, and Recent Trends in the Control and Improvement of Indoor Air Quality” *Int. J. Environ. Res. Public Health* 17, 2927, 1-27. <https://www.mdpi.com/1660-4601/17/8/2927>. [Son erişim tarihi: 21 Nisan. 2024].
- Wagner, J. C, Sleggs, C. A. and Marchand, P. 1960. Diffuse Pleural Mesothelioma And Asbestos Exposure In The North Western Cape Province. *British Journal of Industrial Medicine*, 17(4), 260–271.
- Wei, J. and Li, Y. G. 2016. Airborne spread of infectious agents in the indoor environment. *American Journal of Infection Control*, 44(9), 102–108.
- WHO. 1988. Indoor air quality: biological contaminants. Rautavaara: WHO Regional Publications.
- WHO. 2000. Air Quality Guidelines for Europe (2 b.). Copenhagen: WHO Regional Publications.
- WHO. 2006. Air Quality Guidelines: Particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide Global update 2005. Copenhagen, Denmark: World Health Organization. https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/69477/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y. [Son erişim tarihi: 20 Mayıs 2024].
- WHO. 2007. Protection from exposure to second-hand tobacco smoke. Policy recommendations. (1. bs.). France: World Health Organization.
- WHO. 2009. WHO Handbook On Indoor Radon: A Public Health Perspective. France: World Health Organization.
- WHO. 2010. WHO Guidelines For Indoor Air Quality: Selected Pollutants. Geneva, Switzerland: World Health Organization Regional Office for Europe.
- WHO. 2013. Health effects of particulate matter: Policy implications for countries in eastern Europe, Caucasus and central Asia. Copenhagen, Denmark: World Health Organization.
- WHO. 2020. Considerations for implementing and adjusting public health and social measures in the context of COVID-19: Interim guidance. World Health Organization.
- Winslow, C. E. and Palmer, G. 1923. Ventilation. New York State Commission on Ventilation. New York: E. P. Dutton and Co.
- Wonho, Y., Jongryeul, S., Jihwan, K., Busoon, S., Jinchul, P. 2009 “Indoor air quality investigation according to age of the school buildings in Korea” *Journal of Environmental Management*, 90, 348-354.

- Wu, X., Nethery, R., Sabath, B., Braun, D. and Dominici, F. 2020. Exposure to air pollution and COVID-19 mortality in the United States: A nationwide cross-sectional study. *MedRxiv*, 1-36.
- Yaglou, C. P., Riley, E. C. and Coggins, D. I. 1936. Ventilation requirements. *ASHVE Transactions*, 42, 133–162.
- Yang, C., Wang, X., Huang, C. H., Yuan, W. J. and Chen, Z. H. 2016. Passive Smoking and Risk of Colorectal Cancer: A Meta-analysis of Observational Studies. *Asia-Pacific Journal of Public Health/Asia-Pacific Academic Consortium for Public Health*, 28(5), 394-403.
- Yenidünya, Y., 2010 “Antalya ilinin hava kalitesinin incelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Müh. Anabilim Dalı, Antalya.
- Yılan, Cengiz, T., 2008 “Yapı ürünlerinden kaynaklanan yapı içi hava kirliliğinde risk yönetimi”, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim dalı Yapı Programı, İstanbul, 86s.
- Yılmazcan, Ö., 2010 “Partiküller maddelerin (PM₁ ve PM₁₀) elementel içeriklerinin belirlenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, Sakarya, 71s.
- Yuefei, Y., Junjie, L., Jiayu, L. 2015 “Investigation of Indoor Air Quality in Primary School Classrooms” *Procedia Engineering* 121, 830-837.
- Yurtseven, E., 2007 “İki farklı coğrafi bölgedeki ilk öğretim okullarında iç ortam havasının insan sağlığına etkileri yönünden değerlendirilmesi”, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Halk Sağlığı Anabilim dalı, İstanbul, 187s.
- Yücel, A., 2008 “Bir kamu kuruluşu çalışanlarında Hasta Bina Sendromu görülme sıklığı ve bazı risk faktörleri ile ilişkisi”, Doktora Tezi, Gazi 188 Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Halk Sağlığı Anabilim Dalı, Ankara, 102s.
- Zeydan, Z. E., Zeydan, Ö. ve Yıldırım, Y. 2009. Hasta Bina Sendromu. IX. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi Bildiriler Kitabı içinde, ss. 587-595, İzmir, Türkiye.
- Zhang, X. and Li, H. 2020. Feasibility analysis for control of bioaerosol concentration at indoor corner via airflow from ventilation outlet with energy optimization. *Journal of Cleaner Production*, 248, 1-14. 160.
- Zhang, X., Wargocki, P., Lian, Z. and Thyregod, C. 2017. Effects of exposure to carbon dioxide and bioeffluents on perceived air quality, self-assessed acute health symptoms, and cognitive performance. *Indoor Air*, 27, 47-64.
- Zhao, Z., Elfman, L., Wang, Z., Zhang, Z. and Norbäck, D. 2006. A comparative study of asthma, pollen, cat and dog allergy among pupils and allergen levels in schools in Taiyuan city, China, and Uppsala, Sweden. *Indoor Air*, 16(6), 404-413.
- Zhen, P., Wu, D. and Rosangela, T. 2017 “Investigation of Indoor Air Quality and the Identification of Influential Factors at Primary Schools in the North of China” *Sustainability*, 9, 1180.

- Zhu, Y., Xie, J., Huang , F. and Cao, L. 2020. Association between short-term exposure to air pollution and COVID-19 infection: Evidence from China. *Science of The Total Environment*, 727, 1-7.
- Zoran, M. A., Savastru, R., Savastru, D. and Tautan, M. 2020. Assessing the relationship between surface levels of PM_{2.5} and PM₁₀ particulate matter impact on COVID-19 in Milan, Italy. *Science of The Total Environment*, 738.



ÖZGEÇMİŞ

Vasif POLADOV

ÖĞRENİM BİLGİLERİ

Yüksek Lisans	Akdeniz Üniversitesi
2021-2024	Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Antalya
Lisans	Azerbaycan Teknik Üniversitesi
2015-2019	ElektroTeknik ve Enerji Fakültesi, Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü, Bakü

MESLEKİ VE İDARİ GÖREVLER

Mühendis Yrd	Azerbaycan Şinkar Holding, Bakü