

**T.C.
BAHÇEŞEHİR ÜNİVERSİTESİ**

**İLKÖĞRETİM OKULLARINDA İÇ HAVA
KALİTESİ YÖNETİMİ UYGULAMASI**

Yüksek Lisans Tezi

SAADET İREM ALTACA

İSTANBUL, 2015

**T.C.
BAHÇEŞEHİR ÜNİVERSİTESİ**

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ENERJİ VE ÇEVRE YÖNETİMİ**

**İLKÖĞRETİM OKULLARINDA İÇ HAVA
KALİTESİ YÖNETİMİ UYGULAMASI**

Yüksek Lisans Tezi

SAADET İREM ALTACA

Tez Danışmanı: PROF. DR. MEHMET BARIŞ ÖZERDEM

İSTANBUL, 2015

T.C.
BAHÇEŞEHİR ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ENERJİ VE ÇEVRE YÖNETİMİ

Tezin Adı: İlköğretim Okullarında İç Hava Kalitesi Yönetimi Uygulaması
Öğrencinin Adı Soyadı: Saadet İrem Altaca
Tez Savunma Tarihi: 24.12.2014

Bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak gerekli şartları yerine getirmiş olduğu Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından onaylanmıştır.

Doç. Dr. Nafiz ARICA
Enstitü Müdürü

Bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak gerekli şartları yerine getirmiş olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Göksel DEMİR
Program Koordinatörü

Bu Tez tarafımızca okunmuş, nitelik ve içerik açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak yeterli görülmüş ve kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmzalar

Tez Danışmanı
Prof. Dr. Mehmet Barış ÖZERDEM

Üye
Yrd. Doç. Fehmi Görkem ÜÇTUĞ

Üye
Yrd. Doç. Hatice Eser ÖKTEN

ÖZET

İLKÖĞRETİM OKULLARINDA İÇ HAVA KALİTESİ YÖNETİMİ UYGULAMASI

Saadet İrem Altaca

Enerji ve Çevre Yönetimi

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Mehmet Barış Özerdem

Ocak 2015, 45 Sayfa

Kapalı ortam hava kalitesi sorunları son on yılda giderek fazla ilgi görürken kapalı ortam kirliliğinin başlıca kaynaklarının detaylı araştırmalarının yürütülmesi hala zordur. Kirleticilerin kaynaklarını belirlemek ve emisyonlarını karakterize etmek için analitik araçlar ve ölçüm prosedürleri eksikliği vardır. Sanayileşmiş ülkelerde insanlar zamanlarının büyük bir bölümünü kapalı ortamlarda geçirmektedirler. Bu ortamlarda yüksek miktarda iç ortam kirleticisi olduğundan bir sürü sağlık problemine yol açan bu kirleticilere maruz kalmaktadırlar. Şehir merkezlerinde var olan hava kirliliği göz önüne alındığında hem iç ortam da hem de dış ortamda canlıların sağlığı tehlike altındadır. Dış ortam kirliliği de düşünüldüğün de camlar aracılığı ile yapılan havalandırmanın ne kadar verimli olduğu da tartışılmalıdır. Aynı zamanda yapılan aşırı havalandırma da enerji kaybına yol açmaktadır. Bu araştırma da İlköğretim Okulları ve Anaokullarında karbondioksit miktarına bağlı olarak iç hava kalitesi değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: İç Hava Kalitesi, İlköğretim Okulları, Anaokulları

ABSTRACT

MANAGEMENT APPLICATION OF INDOOR AIR QUALITY IN PRIMARY SCHOOLS

Saadet İrem Altaca

Energy and Environment Managment

Supervisor: Prof. Dr. Mehmet Barış Özerdem

January 2015, 45 Pages

While the problems of the quality of indoor air had gained lots of attention for the past 10 years, the main sources of indoor air pollution is still difficult to research properly. The measurement procedures and analytical tools are insufficient to determine the sources of pollution and to characterize the emissions. People who live in industrialized countries spend most of their times indoors. These kinds of environments have high volumes of internal pollution that lead to serious health problems. Considering the air pollution in city centers, the health of the living beings is under risk of being exposed to both internal and external pollution. Also considering the fact about external environment's pollution, the efficiency provided by the window's ventilation is debatable. The excessive use of ventilation also leads to severe energy loss. This kind of research was rated by Primary schools and Pre-schools that the amount of carbon dioxide was connected with the indoor air quality.

Key Words: Indoor Air Quality, Primary Schools, Pre-Schools

İÇİNDEKİLER

TABLolar.	viii
ŞEKİLLER.	ix
KISALTMALAR	x
SEMBOLLER	xi
1. GİRİŞ	
1.1 ATMOSFER ve HAVA KİRLİLİĞİ.	2
1.2 HAVA KİRLİLİĞİNİN ETKİLERİ.	4
1.2.1 İnsan Sağlığına Etkileri.	4
1.3 HAVA KİRLİLİĞİ STANDARTLARI.	7
1.3.1 Emisyon Standartları.	7
1.3.2 Hava Kalitesi Standartları.	7
1.4 KİRLLETİCİLER.	7
1.4.1 Azot Oksitler (NO _x).	8
1.4.2 Kükürt Oksitler (SO _x).	9
1.4.3 Karbon Monooksit (CO).	10
1.4.4 Hidrokarbonlar (HC).	11
1.4.5 Partiküler Madde (PM).	11
1.4.6 Ozon (O ₃).	12
2. LİTERATÜR TARAMASI.	14
2.1 İÇ ORTAM HAVA KALİTESİ.	14
2.2 İÇ HAVA ORTAMININ KİRLLENMESİNİN NEDENLERİ.	15
2.3 KİRLİ İÇ ORTAM HAVASININ İNSAN SAĞLIĞINA ETKİLERİ	15
2.4 ORTAM HAVA KALİTESİNİ ETKİLEYEN KİRLLETİCİLER.	16
2.5 HAVA KALİTESİ İNDEKSİ (HKİ) HESAPLAMASI	17
2.6 KARBONDİOKSİT.	20
2.7 HAVALANDIRMA.	21
2.7.1 Tanım.	21
2.7.1.1 Ortama Verilmesi Gereken Hava Miktarı Denklemi.	22
2.7.2 Hasta Bina Sendromu.	23

2.7.3 HVAC Sistemler.	25
2.8 İÇ HAVA KALİTESİ İLE İLGİLİ BAŞLICA YAPILMIŞ	
ÇALIŞMALAR	27
3. VERİ ve YÖNTEM.	30
4. SONUÇLAR.	33
4.1 ÖLÇÜMLER.	33
4.1.1 Sarıyer İlçesi’ndeki Anaokulu	33
4.1.2 Bakırköy İlçesi’ndeki Anaokulu.	36
4.1.3 Sarıyer İlçesi’ndeki İlköğretim Okulu.	39
4.2 YORUMLAR.	42
5. ÖNERİLER	44
KAYNAKÇA	46
EKLER	
Ek 1	49
Ek 2	50
Ek 3	52
ÖZGEÇMİŞ	56

TABLULAR

Tablo 1.2.1.1: Çevre kirleticilerinin mutlak ve muhtemel sağlık etkileri.	6
Tablo 2.5.1: Hava kalitesi indeksi sınıflandırması	19
Tablo 2.5.2: Hava kalitesi indeksi değerleri.	20
Tablo 2.6.1: İnsanların meşguliyet durumlarına göre havaya verdikleri CO ₂ miktarı	21
Tablo 2.7.2.1: İHK ile ilişkilendirilen muhtemel semptomlar.	24
Tablo 2.7.3.1: HVAC sistemlerinin insan sağlığına etki oranları.	26

ŞEKİLLER

Şekil 1.1.1: Hava kirliliğinin üç bileşenli sistemi	2
Şekil 2.7.1.2: CO ₂ kontrollü ihtiyaca dayalı havalandırma sistemi	22
Şekil 3.1: CO ₂ miktarına göre sınıflandırma	30
Şekil 3.2: Testo 435 cihazı	31
Şekil 3.3: Dış ortam sıcaklık değişimleri	32
Şekil 3.4: Dış orta bağıl nem değişimi	32
Şekil 4.1.1.1: Sıcaklık değişimi	33
Şekil 4.1.1.2: Bağıl nem değişimi	34
Şekil 4.1.1.3: CO ₂ değişimi.	35
Şekil 4.1.2.1: Sıcaklık değişimi.	36
Şekil 4.1.2.2: Bağıl nem değişimi	37
Şekil 4.1.2.3: CO ₂ değişimi	38
Şekil 4.1.3.1: Sıcaklık değişimi	39
Şekil 4.1.3.2: Bağıl nem değişimi	40
Şekil 4.1.3.3: CO ₂ değişimi	41

KISALTMALAR

μm	:	Mikrometre
AQI	:	İç Hava Kalitesi
CFU	:	Koloni Oluşturan Birim
COHb	:	Karboksi Hemoglobin
EPA	:	Eykozapentaenoyik Asit
ERV	:	Enerji Geri Kazanımlı Vantilatör
HBS	:	Hasta Bina Sendromu
HVAC	:	Isıtma, Soğutma, Havalandırma ve İklimlendirme
İHK	:	İç Hava Kalitesi
km	:	Kilometre
KOAH	:	Kronik Obstrüktif Akciğer Hastalığı
m	:	Metre
mbar	:	Milibar
mg	:	Miligram
ng	:	Nanogram
PAN	:	Peroksi Asetil Nitrat
PBN	:	Peroksi Benzol Nitrat
PM	:	Partiküler Madde
PM ₁₀	:	Büyüklüğü 10 μm 'nin altında olan Partiküler madde
ppm	:	Milyonda Bir Birim
VOC	:	Uçucu Organik Madde

SEMBOLLER

Azot Dioksit	:	NO_2
Azot oksit	:	NO
Azot oksitler	:	NO_x
Bağıl Nem	:	rH
Celcius derece	:	$^{\circ}\text{C}$
Dış ortam CO_2 miktarı	:	C_d
Hidrokarbon	:	HC
İç ortamdaki minimum CO_2 derişikliğini sağlamak için, ortama verilmesi gereken hava miktarı	:	V
İnsanların ürettiği CO_2 miktarı	:	V_{CO_2}
Karbon monoksit	:	CO
Karbondioksit	:	CO_2
Ortamda izin verilen sınır CO_2 miktarı	:	C_s
Ozon	:	O_3
Sülfat	:	SO_4
Sülfürik asit	:	H_2SO_4

1. GİRİŞ

İlköğretim, 344710 derslik ve 31176 okulda 10 milyonun üzerinde çocuğa ders veren 484161 öğretmen istihdam eden Türkiye'nin en büyük kamu kuruluşudur. Okul sağlık programları, okulun konumu ve düzeni, okul binası yapım özellikleri, durumu, kullanılan malzemeler, altyapı tesisleri, sıhhi tesisat güvenliği, iç hava kalitesi ve su kalitesi seviyeleri, tuvaletler, oyun alanları, ısıtma ve aydınlatma düzeyleri, hizmet hijyeni ve okullarda biyo-jeo-fizikokimyasal kirliliğinin önlenmesini kapsar. Bu programlar, sadece öğrenciler için değil aynı zamanda okul çalışanları için de sağlıklı okul yaşamı geliştirerek, elde ederek ve sürdürerek öğrencilerin ve okul personelinin sağlık değerlendirmesini içermelidir.

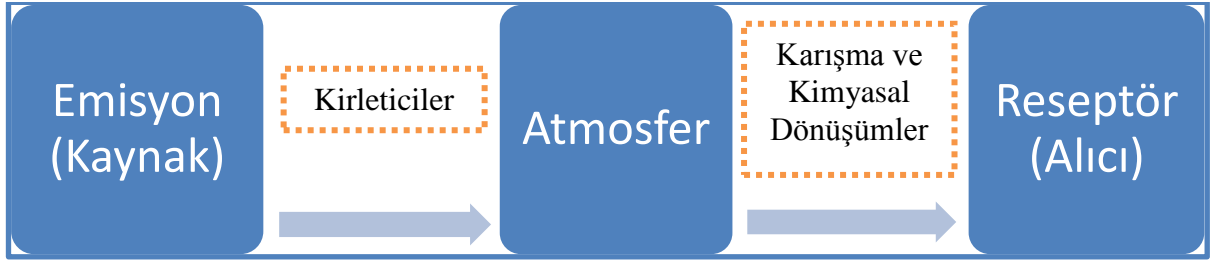
Çocuklar genellikle yetişkinlere göre çevresel maddelere daha duyarlı olduğundan ortamdaki zehirli kimyasallar, çocuklarda hastalığın potansiyel nedenleri olarak özellikle kaygı yaratır. Çocuklar, vücut ağırlığının her kilogramı için ağır kimyasallara maruz kalırlar. Bun ek olarak, çocukların hızlı büyümesi toksin maddeye maruz kalma ile kolayca bozulabilmektedir, erken maruz kalmanın bir sonucu olarak hastalıkların gelişmesi için daha sonraki dönemler sahipler ve bu çocuklar kimyasal artıkların absorpsiyon, dağılım, metabolizma ve atılımında yaşa bağlı farklılıklara sahipler. Ayrıca, beynin ergenlik dönemine kadar tam gelişmiş değil ve böylece çocukların beyinleri metaller, solventler, insektisidler ve bazı gazlar gibi toksinlere karşı yetişkinlerin beyinlerinden daha savunmasızdır.

Bu çalışmanın amacı seçilen ilköğretim ve anaokullarında karbondioksit miktarına göre iç hava kalitesi değerlendirmesi yapmaktır.

1.1 ATMOSFER ve HAVA KİRLİLİĞİ

Hava, atmosferi meydana getiren gazların karışımıdır. Hacim olarak yüzde 78.09 nitrojen, yüzde 20.95 oksijen, yüzde 0.93 argon ve yüzde 0.03 karbon dioksit bulunan havada, çok küçük miktarda diğer gazlar da bulunmaktadır. Su buharı da, atmosfer şartlarına bağlı olarak değişme göstermektedir. Bu gazların yanında atmosferde partiküller de yer almaktadır. Atmosfer tabakasının kalınlığı yaklaşık olarak 150 km'dir. Ancak canlıların yaşamasına elverişli kısmın kalınlığı ise yaklaşık 5 km'dir. Hava kirliliği; insan, hayvan, bitki, organik ve inorganik maddelere zarar veren ve bazı meteorolojik koşullar altında normal değerlerin üzerindeki değerlere ulaşan kirleticilerin konsantrasyonu şeklinde tanımlanabilir. Şekil 1'de görüldüğü üzere hava kirliliği üç bileşenli bir sistem gibi düşünülebilir. Bunlar kaynak, atmosfer ve alıcılardır.

Şekil 1.1.1: Hava Kirliliğinin Üç Bileşenli Sistemi



Kaynak: Şen, O. ,2010: Atmosfer Kimyası Ders Notları, İTÜ Uçak ve Uzay Bilimleri Fak. , Maslak, İstanbul

Kaynaktan atmosfere çıkan kirleticiler buradaki karışma ve kimyasal dönüşümlerden sonra alıcılara ulaşırlar. Hava kirliliği sisteminden önemli bileşen atmosferdir. Atmosfer, yerküreyi (Litosfer ve Hidrosfer) saran gaz kabuk olarak tanımlanır. Fiziksel olarak renksiz ve kokusuz bir gazdır. Makro ölçekte atmosfer, özellikleri farklı olan tabakalardan oluşur. Bunlar, yeryüzünden itibaren sırası ile troposfer, stratosfer, mezosfer ve *iyonosferdir*. Bu tabakaların aralarındaki geçiş bölümleri de sırasıyla *tropopoz, stratopoz ve mezopoz* adını alır (Şen 2010).

Meteorolojik olaylar genellikle troposfer ve stratosfer tabakalarında meydana gelir. Hava kirliliğinde ise troposfer önem kazanır. Troposfer, mikro ölçekte kendi içinde tabakalara ayrılır. Enlemlere ve mevsimlere göre yüksekliği değişen troposferin üst sınırı *tropopoz* ile tanımlanır. *Tropopozun* yüksekliği tropik bölgelerde 17 km kutuplarda 8 -10 km civarındadır.

Yeryüzünden itibaren kalınlığı 500 ila 1000 m olan atmosfer tabakasına atmosferik sınır tabaka, sınır tabakanın yeryüzünden itibaren 50 - 100 m'lik bölümüne atmosferik yüzey tabaka adı verilir. Atmosferik yüzey tabakada oluşan fiziksel ve kimyasal olayların hava kirliliğine dolayısıyla insan yaşamına etkisi önemlidir. Hava kirliliği üç bölümde incelenir. Bunlar; Atmosfer kimyası, meteoroloji ve kirleticilerin hareketidir. Atmosfer kimyası birkaç saniyeden birkaç haftaya kadar olan zaman ölçeklerinde kirleticilerin girdikleri reaksiyonları inceler.

Meteoroloji, atmosferin dinamik bir etüdüdür. Hava kirliliği ile ilgili meteorolojik olaylar üç meteorolojik ölçekte incelenir. Bunlar; makro, mezo ve mikro ölçektir. Hava kirliliğinde makro ve mezo ölçekteki olaylar önemlidir. Makro ölçekte incelenen olaylar, kıtalar ve okyanuslar üzerinde oluşan alçak ve yüksek basınç alanları gibi meteorolojik olaylardır. Bu ölçekte boyutlar çok büyüktür. Örneğin uzunluk boyutu, km'nin binlerce katı mertebesindedir. Mezo ölçekte, meteorolojik cepheler, dağ-vadi rüzgarları, kara-deniz meltemleri gibi meteorolojik olaylar incelenir. Km'nin yüzlerce katı mertebesindeki uzunluklar, olayları karakterize eder. Mikro ölçek; Büyük bir binanın oluşturduğu karmaşık hava akımı, bir baca huzmesinde dispersiyon ve bunun gibi olayların incelendiği 10 km'den küçük uzunluklarla belirlenen ölçektir.

Şehir merkezindeki hava kirliliği yaklaşık olarak 1000 m'den daha aşağıda olan sınır tabakada oluşur. Bu tabakada rüzgar hızı ve yönü üzerinde yeryüzünün etkisi vardır. Aynı zamanda bu bölgede sıcaklık profili, rüzgar ve türbülans yapısı üzerine önemli bir etkiye sahiptir. Troposferde sıcaklık yükseklikle normal olarak azalır ve bir profil meydana getirir. Bu sıcaklık profili kararlılık ve kararsızlık analizlerinde referans profili olarak kullanılır (Altaca 2011, s.2).

Büyük ölçekteki meteorolojik olaylar bu sıcaklık referans profilinden farklı bir profilin meydana gelmesine neden olurlar. Şayet sıcaklık yükseklikle referans profilinden daha hızlı olarak azalıyorsa; herhangi bir yükseklikte hava parseli kararsızdır. Sıcaklık yükseklikle referans profilinden daha yavaş azalıyorsa (hatta artıyorsa) hava parseli aşağı doğru ve yukarı doğru olan hareketinde tutuktur. Bu durumda atmosfer kararludur. Bu tabakada türbülanslı akım, rüzgar hızı, yüzey pürüzlülüğü ve kararsızlık arttıkça artar. Bundan dolayı atmosferde kararlılık koşulu kirleticilerin yayılma miktarının hesaplanmasında önemli rol oynar.

1.2 HAVA KİRLİLİĞİNİN ETKİLERİ

Hava kirliliğinin, başta insan sağlığı olmak üzere görüş mesafesi, bitkiler, hayvan sağlığı vb. üzerinde olumsuz etkileri vardır.

1.2.1 İnsan Sağlığına Etkileri

Dünya sağlık örgütünün klasik tanımına göre sağlık, “yalnızca hastalık ve sakatlığın yokluğu değil, bedensel, zihinsel, ruhsal ve toplumsal tam bir iyilik durumu” dur. Dolayısıyla, bir “tam iyilik hali” olarak sağlığın dolaysız biçimde, kesin ölçümlerle ifadesi güçtür. Daha kolaylıkla ölçülebilir olan, bu “tam iyilik durumu” ndan sapmalar, diğer bir deyişle hastalık durumudur. Sağlığın, bireyin içinde yaşadığı fiziksel, biyolojik ve toplumsal çevresiyle etkileşiminde bir denge durumu olduğunu söylemek daha yerinde olacaktır.

İnsanların sağlıklı yaşayabilmeleri için mutlak olan, içinde buldukları ve soludukları havanın iyi özellikte bir hava olması şarttır. Havanın doğal özelliklerini bozan ve kirleten maddelerin, daha doğrusu, kirli havanın insan sağlığı üzerindeki etkilerini bilmek gereklidir. Hava kirliliğinin bu gruplar üzerindeki etkilerini araştırırken sağlam gruplarla karşılaştırma da şarttır (Şen 2010).

Hayatın temel unsuru olan hava, insanların solunum imkânını yarattığına göre havadaki kirliliğin insan sağlığı yönünden birinci derecedeki önemi açıktır. Havanın taşıdığı karbon partikülleri, ozon, karbon monoksit, kükürt dioksit, doymamış hidrokarbonlar, aldehitler ile kanserojen maddeler gibi kirleticiler insanların solunum yollarını etkileyerek normal mekanizmasını bozar; bronşlarda iltihaplara ve daralmalara sebep olur. Bu değişimler sonunda da kronik bronşit ve amfizem meydana gelir. Ayrıca kirli hava aşırı nefes darlığına, sıkıntılara yol açar (İncecik 1994, ss. 26-41).

Araştırmalar, akciğer kanserinin meydana gelmesinde ve artmasında da hava kirliliğinin önemli bir sebep olduğunu göstermektedir. Karbon monoksit, kanın vücut hücrelerine oksijen taşıma kabiliyetini olumsuz yönde etkilemektedir. CO içerikli atmosferin solunmasıyla CO kandaki hemoglobin maddesine bağlanır ve karboksi hemoglobin (COHb) oluşur. Bu durum aslında CO'in oksijenden ziyade hemoglobine olan yakınlığı nedeniyledir. Böylece CO çok küçük miktarlarda dahi olsa vücudun oksijen miktarını ciddi şekilde azaltacaktır. Daha az oksijen içeren kanın hareketi ile beyin fonksiyonları olumsuz şekilde etkilenir. Ayrıca sülfat tozlarının da astımlı hastalar ile yaşlı insanlarda kalp rahatsızlıklarını arttırdığı bilinmektedir.

Karbon dioksit (CO₂), suda çözünen bir gaz olup kolayca kan dolaşımına girdiği bilinmektedir. Havada en çok rastlanan bu gaz üst solunum yollarında tahrişe, solunum yolları enfeksiyon sıklığının artmasına ve bunların iyileşmesinde güçlüğü neden olur. Bronş artması, bronşit gibi solunum yolu hastalıklarında özellikle çocuklarda ve yaşlılarda etkisi daha açıktır. H₂SO₄, SO₂ ve SO₄ üst solunum yolları mukozasındaki "cilia" adını verilen temizleme kıllarını felce uğratmakta, mukus salgı bezlerinde büyüme, balgam miktarında artma, epitel dokularda yıkılma ve solunum yolları hastalıklarına neden olmaktadır.

Partiküllerin insan sağlığı üzerindeki etkileri ile ilgili istatistiki çalışmalar, partikül seviyesinin dört katı artması ile normal ölüm oranının iki katına çıktığı göstermiştir. Aynı partikül seviyesi artışının astım ve bronşitten ölenlerin sayısını yaklaşık üç katına çıkardığı görülmüştür (Baykut 1987). Aşağıda Tablo 1.2.1.1'de kirleticilerin etkileri gösterilmiştir.

Tablo 1.2.1.1: Çevre Kirleticilerinin Mutlak ve Muhtemel Sağlık Etkileri

Kirletici	Mutlak Etki	Muhtemel Etki
Kükürt dioksit (Kükürt oksitlerinin kükürt, kükürt trioksit, sülfat asidi, veya sülfat tuzlarından ileri gelen etkiler) Yanma odaklarından kükürt oksitleri ve tanecikli maddeler Tanecikli maddeler Oksidantlar Ozon Karbon monoksit Azot oksit Kurşun	1. Astım ve kronik bronşit ağırlaşması 2. Akciğer fonksiyonlarının bozulması 3. Duyusal irritasyon 4. Ölümlerde kısa sürede artma 5. Ölümlerde kısa sürede artma 6. Bronşit ve kalp damar hastalığında şiddetlenme 7. Kronik bronşit ve amfisemin etyolojisinde yardımcı rol 8. Çocuklarda solunum hastalıklarında yardımcı rol 11. Amfizem, astım ve bronşitte şiddetlenme 12. Bronşit-amfisemli hastalarda akciğer fonksiyonlarının bozulması 13. Göz ve solunum irritasyonu 15. Akciğer fonksiyonunun bozulması 17. Kalp – damar hastalıklı hastalarda ekzersiz toleransında bozulma 23. Vücutta artan depolanma	9. Akciğer kanseri etyolojisinde yardımcı rol 10. Kronik solunum hastalıklarında artma 14. Motorlu araç kazalarında artan olasılık 16. Muhtemelen lipid peroksidlenmesi ve bağlantılı prosesler nedeniyle yaşlanmada hızlanma 18. Genel ve toplu ölüm oranlarında artma 19. Merkezi sinir sistemi fonksiyonlarında bozulma 20. Ateroskleroziste sebep faktörü 21. Akciğer amfizeminde faktör 22. Mast hücreleri ve makrofajlar gibi akciğer korunmasında bozulma veya akciğer fonksiyonlarında değişme 24. Hemoglobinin ve porfirin sentezinde bozulma

Kaynak: Baykut F., Çevre Sorunları ve Korunma, 1987

1.3 HAVA KİRLİLİĞİ STANDARTLARI

Hava kirliliği standartları emisyon standartları ve hava kalitesi standartları olmak üzere iki ana grupta toplanabilir.

1.3.1 Emisyon Standartları

Kaynaktan çıkan kirleticilerin izin verilen miktarlarıdır. Bu standartları tespit etmek için, o bölgeye ait meteorolojik, topoğrafik ve kimyasal reaksiyonların özellikleri göz önüne alınmalıdır.

1.3.2 Hava Kalitesi Standartları

Yere yakın atmosferde hava kirliliğinin kabul edilebilir seviyeleridir. Bu standartlar ülkelerin sosyo-ekonomik ve halkla ilişkili problemlerine ve etkili olduğu süreye göre farklılık gösterebilir. Örneğin; kısa vadeli sınır değerler olarak (24 saat) .

1.4 KİRLETİCİLER

Kirleticiler, gaz (SO_2 , NO_x , HC, CO, CO_2) ve toz (duman, metalik duman, uçucu kül, mist, aerosoller) halindeki kirleticiler olmak üzere genel olarak iki alt grupta toplanmaktadır. Bunun dışında ozon (O_3) ve PAN (peroksi asetil nitrat) ve PBN (peroksi benzol nitrat) gibi fotokimyasal oksidantlar da ikincil hava kirleticileri olarak tanımlanmaktadır. Birincil kirleticiler araç egzozu veya fabrika bacası gibi kaynaktan atmosfere direk olarak bırakılan kirleticilerdir. Teoride, kaynaklardan atmosfere bırakılan birincil kirletici miktarı tam olarak ölçülebilir. İkincil kirleticiler ise atmosferde oluşan kirleticilerdir. Bu kirleticiler birincil kirleticilerin kimyasal reaksiyona girmesiyle oluşurlar (İncecik 2010).

1.4.1 Azot Oksitler (NO_x)

NO nitrik oksit renksiz, kokusuz bir gaz olup yüksek sıcaklık altında yanma işlemi sonucunda ortaya çıkar ve yanmanın tüm şekillerinde daima meydana gelmektedir. İnsan kaynaklı NO₂ ise gübreleme gibi hareketsiz kaynaklardan olduğu gibi araçlar gibi hareketli kaynaklardan da oluşmaktadır. Genel olarak kaynakları egzoz gazları, fosil yakıtlar ve organik maddeler olarak sıralanabilir. NO ve NO₂ şeklindeki atmosferik konsantrasyonların birleşik değeri NO_x ile temsil edilmektedir. Atmosferde kalıcılık süresi yaklaşık 1 gündür. Ancak NO + NO₂'nin NO_x bileşenlerinden N₂O'nun atmosferde çok daha uzun süreler kaldığı belirlenmiştir. N₂O gazının atmosferik ömrü yüzyıldan fazladır. Küresel iklim değişimindeki payı yüzde 5 olarak tahmin edilmektedir. Atmosferde doğal olarak başlıca oluşumu, azot çevriminin bir parçası olarak toprakta ve sudaki mikrobiyolojik hareketlerle olmaktadır. N₂O konsantrasyonunu azaltıcı başlıca etkenler, atmosferin stratosfer katmanında fotolizi ve oksijenle reaksiyona girmesidir. NO_x'in en doğal kaynaklarından biri de topraktaki organik çürümelerdir.

Ayrıca fotokimyasal olarak reaksiyona giremeyen NO_x bileşenleri de bu miktarlar arasında dahil olacaktır. Azot dioksit seviyelerinin standartları aşan değerlerinin sağlığa olan ters etkilerinin yanı sıra bu kirleticilerin SO₂ ile birlikte yüksek miktarlarda bulunması insan sağlığına yaptığı olumsuz etkiyi daha da şiddetlendirmektedir. Global olarak her yıl atmosfere yaklaşık 150 milyon ton NO_x'un salındığı hesaplanmaktadır. Bu miktarın yaklaşık yarısı doğal kaynaklardan yarısı da insani kaynaklardan gelmektedir. Bu arada NO_x'in doğal kaynakları arasında orman yangınları, yıldırım ve topraktaki mikrobiyolojik prosesler göz önüne alınmalıdır (İncecik 2010).

1.4.2 Kükürt Oksitler (SO_x)

Gaz halindeki kirleticiler arasında yanıcı olmayan renksiz bir gaz olan kükürt oksitler en çok bilinen birincil hava kirleticilerdendir. Atmosferde kalıcılık süresi 40 günü bulmaktadır. Çoğunlukla fosil yakıtların yanması sonucunda meydana gelirler. Antropojenik kükürt oksitlerin yüzde 80'inden fazlasının endüstriyel kaynaklardan meydana geldiği tahmin edilmektedir. Bu emisyonların dünya üzerindeki durumuna bakıldığında en büyük payın Avrupa ile Kuzey Amerika olduğu görülür.

SO₂'nin sayısal değerleri incelendiğinde, bütün dünyada her yıl salınan küresel emisyonların 132 milyon tonu, antropojenik emisyonların ise 50; 75 milyon tonu bulunduğu tahmin edilmektedir. Avrupa'da ise her yıl yaklaşık 20 milyon tonun üzerinde kükürdün salındığı bilinmektedir. Batı Avrupa'da en büyük salınımı yapan ülke ise 2.56 milyon ton ile İngiltere'dir. 1978 yılında 28.816 milyon ton, 1980 yılında 27.897 milyon ton olarak hesaplanan emisyonlar 1990 yılında 22.025 milyon tona düşmüştür. Bu durum büyük ölçüde Avrupa Topluluğu ülkelerinin 1970'li yılların sonlarından itibaren uyguladığı emisyon stratejileri sonucunda meydana gelmiştir. Örneğin İngiltere, Avusturya, Belçika, Danimarka, Finlandiya, Federal Almanya vb. ülkeler emisyonlarını aldıkları kararlar uyarınca indirmek için uğraşmaktadırlar. Bu bölgede eski teknoloji kullanımının hakim olması atmosferde yörünge hareketi göz önüne alındığında ülkemizin batı bölgesinin birinci derece alıcı bölge olarak zarar görmesi kaçınılmazdır (İncecik 2010).

1.4.3 Karbon Monoksit (CO)

Karbon monoksit renksiz, kokusuz, ve tatsız bir gaz olup karbon içeren yakıtların eksik yanması ile ortaya çıkar. Birincil bir hava kirletici olan karbon monoksit, oksijen eksikliği, tutuşma sıcaklığı, yüksek sıcaklıkta gazın kalıcılık zamanı ve yanma odası türbülansı gibi etkenlerden birinin eksikliğinde tam olmayan bir yanma sonucunda CO₂ yerine meydana gelmektedir. Kararlı bir gaz olan karbon monoksitin atmosferde kalıcılık süresi 2 aydan fazladır. Bütün dünyada karbon monoksit üretiminin yılda toplam 232 milyon ton olduğu göz önüne alındığında bu miktarın dünya atmosferi için yarattığı sorun daha da belirgin olmaktadır.

Dünyadaki karbon monoksit üretiminin yaklaşık olarak yüzde 70'inden fazlasının ulaştırma sektöründen geldiği bilindiğine göre bu sektördeki kontrol teknolojilerinin önemi açıkça görünmektedir. Ayrıca, bütün dünyada karbon monoksit üretiminin aşağı atmosferde kalması halinde ise bu kararlı gazın her yıl 0.03 ppm mertebesinde artacağı da hesaplanmaktadır. Şehir havasında bulunan karbon monoksit insan sağlığına son derece önemli etkilerde bulunmaktadır. Bu etkilerden en önemlisi de karbon monoksitin kandaki vücut hücrelerinin oksijen taşıma kabiliyetini azaltmasıdır. Sonuç olarak bu durum vücudun oksijen miktarını ciddi bir şekilde azaltarak ölümlere yol açabilmektedir. CO, akciğerler yolu ile kan dolaşımına girer ve oksijeni hücrelere taşıyan hemoglobine bağlanır. Bu yolla, CO organ ve dokulara ulaşan oksijen miktarını azaltır. *Angina* gibi kalp hastalığı olan kişiler, CO'ye karşı en riskli gruptur.

Bu kişiler, CO'ye maruz kaldıklarında, özellikle egzersiz yaparken göğüs ağrısı çekebilirler ve diğer kalp rahatsızlıklarını yaşayabilirler. Hafif ve daha ağır kalp ve solunum sistemi hastalığı olan kişiler (örneğin; kalp yetmezliği, beyin kan damarları ile ilgili hastalıkları, anemi, KOAH kronik tıkalı akciğer hastalığı olan kişiler) ve yeni doğmuş ve henüz doğmamış bebekler, CO kirliliğine karşı en riskli grubu oluşturur. Sağlıklı kişilerde, daha yüksek seviyelerdeki CO'ye maruziyet, zihinsel algılama ve gözün görme gücünü etkileyebilir (İncecik 2010).

1.4.4 Hidrokarbonlar (HC)

Hidrokarbonlar, kömür, petrol, doğal gaz ve benzinin yanmasından, ayrıca da endüstriyel solventlerden meydana gelmektedir. Bu antropojenik emisyonlara dünya genelinde 100 milyon ton olarak değer biçilmektedir ve bu emisyonların doğal kaynakların sadece yirmide birini oluşturduğu tahmin edilmektedir. Dünya genelinde sadece bataklıklardan çıkan hidrokarbon emisyonları yılda yaklaşık 2 milyar tona ulaşmaktadır. Ayrıca, doymamış hidrokarbonlar ve aromatiklerin *smog* (İngilizce duman ve sis kelimelerinden türetilen, kirli sis) olayının meydana gelmesinde büyük önemi vardır. Hidrokarbonların atmosferde kalıcılık süresi tam olarak bilinmemektedir. Hidrokarbonlar zehirli değildir, ancak zararlı etkileri vardır (İncecik 2010).

1.4.5 Partiküler Madde (PM)

Partiküler madde atmosferde standart şartlarda katı veya sıvı olarak bulunan maddelere denir. Bunlar 0.1 ile 100 μ arasında değişen boylarda bulunurlar. Partiküllerin başlıca kaynaklarını çimento fabrikaları, metal endüstrisi ile araçlar oluşturur. Volkanlar ise partikül emisyonları bakımından en önemli doğal kaynaktır. ABD’de yapılan istatistikler sadece endüstriyel proseslerden meydana gelen partikül emisyonlarını yılda 7,5 milyon ton olduğunu göstermiştir. EPA ise orman yangınları sonucu meydana gelen partikül emisyonlarının tüm emisyonlar içerisinde yüzde 25 olduğunu belirtmiştir. Kömür yanması ise partikül emisyonlarının yüzde 29’una karşı gelmektedir. Çapı 10 μ m. 'den küçük partiküller bazı sağlık problemlerine sebep olabilir veya mevcut sağlık problemlerini şiddetlendirebilir (astım gibi) ve bu partiküller kalp ve solunum hastalıklarından kaynaklı ölümler ile bağdaştırılmıştır. Partikül kirliliği için kalp veya solunum rahatsızlıkları olanlar, yaşlı yetişkinler (teşhisi konulmamış kalp veya solunum rahatsızlıkları olanlar) ve çocuklar hassas gruplardır.

Kalp veya solunum rahatsızlıkları olanlar (kalp yetersizliği, kalp ile ilgili damar hastalıkları, astım veya Koah - Kronik Obstrüktif Akciğer Hastalığı) ve yaşlı yetişkinler acil servislere başvurabilirler, hastaneye yatabilirler ve hatta bazı durumlarda ölebilirler. Bu grup hava kirliliğine maruz kalırsa göğüs ağrısı, kalp çarpıntısı, nefes darlığı ve yorgunluk hissedebilirler. Partikül kirliliği (hava kirliliği) kalp ritim bozukluğu ve kalp krizi ile de ilişkilendirilmiştir. Solunum rahatsızlıkları bulunanlar (astım gibi), bu partiküllere maruz kalırlarsa normalde nefes aldıkları gibi derin nefes alamayabilirler, öksürebilirler ve nefes darlığı çekebilirler. Sağlıklı insanlarda da bunun gibi sağlık etkileri gözlenebilir, fakat ağır sağlık problemleri yaşamayabilirler. Partikül kirliliği, solunum yolu enfeksiyonlarına hassasiyeti arttırabilir, astım, kronik bronşit gibi mevcut solunum hastalıklarını kötüleştirir, ilaç kullanımını ve doktor ziyaretlerini arttırabilir (İncecik 2010).

1.4.6 Ozon

Ozon 3 oksijen atomundan oluşan bir gazdır. Ozon, hem yer seviyesinde ve hem de üst atmosferde oluşur. Ozon bulunduğu yere göre faydalı veya zararlı olabilir.

Ozon doğal olarak, atmosferin üst tabakasında yer kürenin 6 - 30 mil üzerinde oluşur ve koruyucu bir tabaka olarak atmosferi güneşin zararlı ultraviyole ışınlarından korur. Faydalı olan bu ozon, insanlar tarafından yapılan kimyasal maddeler ile kademli olarak tahrip edilmektedir. Yeryüzünün bazı bölgelerinde koruyucu ozon katmanı tükenmiştir (örneğin, yeryüzünün kuzey ve güney kutuplarında ozon seyrelmesi meydana gelmiştir).

Diğer yandan zararlı ozon, yer yüzeyine yakın seviyede; otomobiller, enerji santralleri, endüstriyel kazanlar, rafineriler, kimyasal fabrikalardan ve benzeri kaynaklardan atmosfere verilen kirleticiler, güneş ışınlarının mevcudiyetinde kimyasal olarak reaksiyona girerek ozonu oluşturur. Yer seviyesindeki ozon zararlı bir kirleticidir. Ozon kirliliği, özellikle yaz aylarında güneşli havalarda oluşur.

Çocuklar, dış ortamda aktif olan yetişkinler, astım gibi solunum hastalığı olan ve ozona karşı çok hassas olan kişiler; ozon maruziyeti için en hassas grubu oluşturur. Ozon maruziyetine karşı en yüksek risk gruplarından birisi aktif çocuklardır, çünkü yaz aylarının büyük bir kısmını dışarıda oynayarak geçirirler. Ancak tüm yaş grupları ve dışarıda aktif olan kişiler de risk altındadır.

Çünkü fiziksel aktivite sırasında ozon, akciğerlerin derinliklerine kadar nüfuz ederek zararlı etkilerini gösterir ve kalıcı hasarlar yaratabilir. Solunum rahatsızlığı olan kişilerde, astımlılar dahil, ozona maruz kalma sonucu, akciğerlerin etkilenmesi daha kolaydır. Diğer insanlara göre daha düşük ozon seviyelerinde de ozonun zararlı etkilerini hissedebilirler.

Bilim adamlarının henüz nedenini bilmemelerine rağmen, bazı sağlıklı insanlar da ozona karşı duyarlı olabilir. Ozon, öksürük, boğaz tahrişi ve/veya göğüste rahatsızlık hissine sebebiyet vererek solunum yollarını tahriş edebilir. Ozon, akciğer fonksiyonunu azaltarak, derin ve kuvvetli nefes almayı güçleştirebilir. Solunum hızlanır ve normalden daha yüzeysel olur. Akciğer fonksiyonundaki bu azalma, kişinin dış ortamdaki aktivitelerini yerine getirmekten alıkoyabilir. Ozon, astımı kötüleştirebilir. Ozon seviyesi yüksek olduğunda, astımlı olan kişiler, bir doktora ve tedaviye ihtiyaç duyan, astım krizlerine girebilirler. Bunun nedenlerinden birisi de ozon, insanları; astım tetikleyicileri olan evcil hayvanlar, polenler ve ev tozu akarları gibi alerjenlere karşı daha hassas hale getirir. Ozon, akciğerlerin iç yüzeyini iltihaplandırabilir ve zarar verebilir (İncecik 2010).

2. LİTERATÜR TARAMASI

2.1 İÇ ORTAM HAVA KALİTESİ

İnsanlar, barınma, çalışma, eğitim ve benzeri ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla günlerinin büyük bir kısmını binalar içerisinde geçirmektedirler. Bina içlerindeki havanın, insan sağlığına zarar verebilecek şekilde çeşitli gazlarla ve partikül ölçekli kirleticilerle kirlendiği bir çok araştırma ile kanıtlanmış bir gerçektir. Yine yapılan araştırmalar göstermektedir ki insanların dışarıda geçirdikleri vakit ortalama günde 2 saat civarındadır. Dolayısıyla insanların hava ile etkileşimi en fazla yapı içlerinde buldukları zaman diliminde gerçekleşmektedir. Uzmanlar kapalı ortamda bulunan insanların, iç ortam havası tarafından etkilendiğini söylemektedir. Dolayısıyla özellikle gelişme çağındaki çocuklar, solunum ve kalp hastalıkları olan insanlar ciddi riskler altındadır. İç hava kalitesi (İHK), iç ortamlarda solunan havanın ne kadar “iyi” ya da “kötü” olduğunu gösteren bir ölçüttür. Kötü “İHK”, hastalık ve üretkenlik kaybına yol açabilir. “İyi “İHK” ise sağlıklı bir yaşam ve çalışma ortamı sağlayabilir. Her geçen gün daha fazla insan “İHK’nin önemini farkına varıyor. Sağlıklı iç ortam hava kalitesi sağlamak amacıyla alınacak önlemler direkt olarak insan sağlığının korunmasına yönelik alınan iyileştirici önlemlerdir. Kontrol yöntemleri ise kirliliği meydana getiren kaynağa özel olarak tespit edilir. İç ortam hava kirleticileri önemli sağlık problemlerine neden olabilecek parametrelerden oluşur. Dolayısıyla pek çok ticari bina ve konutlarda iç ortam hava kalitesine etki eden birden fazla kaynak bulunmaktadır (Poulhet ve diğ. 2013).

2.2 İÇ HAVA ORTAMININ KİRLENMESİNİN NEDENLERİ

İç hava ortamının kirlenmesinin nedenlerinden başlıcaları VOC yayan canlılar ve eşyalar (boyalar ve halılar, kıyafetler ve bakım ürünleri), havalandırma sisteminin içine dolan duman, kanserojen madde içeren haşere ilaçları ve temizlik malzemeleri, doğal havalandırma sebebiyle dış ortamdaki taze hava ile gelen kirli hava, açık havaya doğrudan erişimi engelleyen sızdırmaz camlar, ozon yayan fotokopi makinaları ve yazıcılar, küf makinası gibi çalışan lavabolar, bina onarımları, doğal ve mekanik iç ve dış ortam hava değiştiricileri, bina ve bölmeleri arasındaki dispersiyon ve rutubet ve sıcaklık gibi iç ortamdaki fiziksel durumlardır (American Federation of Teachers 2004).

2.3 KİRLİ İÇ ORTAM HAVASININ İNSAN SAĞLIĞINA ETKİLERİ

Kirlenmiş havada bulunan ve havalandırma sistemi ile iç ortama yayılan mikroorganizmalar bakteriyel enfeksiyonlara, alerjik reaksiyonlara ve nezle, suçiçeği gibi virütik hastalıklara sebep olur. Toz ve duman gibi solunabilen partiküller ise örneğin tütün dumanı gibi, kansere sebep olabilen 243 adet bilinen madde içerir. Yapı malzemeleri, tekstil, iç döşemeler, ofis ekipmanları ve temizleme malzemeleri hazırlamak ve üretmek için kullanılan kimyasallar oda sıcaklığında buharlaşır. İç ortamda dış ortama göre 10-1000 kat daha fazla olabilirler. Bazı VOC'lar koku yayabilirler. Çoğu tahriş edicidir. Baş ağrısı, göz, burun, boğazda yanma ve baş dönmesine sebep olabilirler. Fotokopilerden ve lazer yazıcılardan yayılan ozon, duman ve egzoz ürünlerinden karbon monoksit gözlerde ve boğazda yanmaya, öksürük, baş dönmesi, baş ağrısı ve mide bulantısına sebep olabilirler. Polenler, toz partikülleri ve küf sporları burun akıntısı ve kaşınmadan, ağır kızarıklık ve astıma kadar çeşitli alerjik reaksiyonlara sebep olabilirler. Formaldehitler aldehitlerin en basit üyesidir. Diğer ismi *Metanal*'dir. Karbonil grubunun boş olan iki bağına birer hidrojen bağlanmasıyla oluşur. Zehirli bir kimyasaldır. formaldehit soluyan kişilerde yorgunluk, uyuklama, baş ağrısı, baş dönmesi, deri döküntüleri gibi şikayetler görülüyor (American Federation of Teachers 2004).

2.4 İÇ ORTAM HAVA KALİTESİNİ ETKİLEYEN KİRLETİCİLER

İç ortam hava kalitesini etkileyen kirleticilerden asbest; eskimiş, zarar görmüş veya bozulmuş izolasyon malzemelerinden, yangına dayanıklı materyaller ve yer kaplamalarından yayılır. Asbest içeren malzemeler zarar görmemiş bile olsa ortamdan eğitimli ve kalifiye kişilerce uzaklaştırılmalıdır. Bir diğer kirletici olan karbonmonoksit ise çıkışı olmayan kerosen ve gaz yüzey ısıtıcıları, sızdıran bacalar ve fırınlar, gaz su ısıtıcıları, odun sobaları, yanan yüzeyler, gaz sobaları, garajdaki otomobillerin egzoz dumanları, sigara dumanından yayılır. Azot dioksit ise kerosen ısıtıcılar, çıkışı olmayan gaz sobalar, ısıtıcılar ve sigara dumanından kaynaklanır. Kurşun ise kurşun bazlı boya, kirlenmiş toprak, toz ve içme suyundan kaynaklanır. Formaldehitler de preslenmiş ahşap ürünler ve mobilyalar, üre formaldehit izolasyon malzemesinden ve sigara dumanı, yanma ürünlerinden kaynaklanır.

Biyolojik maddeler, ıslak veya nemli duvarlar, tavanlar, halılar ve mobilyalar, bakımı yapılmamış nem tutucular, klimalar ve evcil hayvanlardan kaynaklanır. Boyalar, boya çözücüler ve diğer solventler, ahşap koruyucular, aerosol spreyleyiciler ve dezenfektanlar, güve ilaçları, depolanan petrol ve otomotiv ürünleri, kuru temizleme maddeleri organik gazların oluşumuna neden olan temel etkenlerdir. Ortamdaki yaşayan haşereleri öldürmek için kullanılan insektisit, termisit ve dezenfektanlar ortama pestisit yayarlar. Aynı zamanda tarla ve bahçelerde kullanılan ürünler de zamanla pestisitlerin yaşadığımız ortamlara taşınmasına neden olur. Radon ise inşaat materyalleri ve kuyu suyu ile yerkürenin alt katmanları tarafından yayılır.

Ev tozunda, yiyecek ve yiyecek hazırlama artıkları, insan ve hayvanların kıl ve deri döküntüleri, dokuma lifleri, mobilya ve inşaat malzemesi döküntüleri, temizleyiciler bulunmaktadır. Evlerde aerosollerin kullanımı özellikle tehlikeli olabilmektedir. (Aerosol, bir katının veya bir sıvının gaz ortamı içerisinde dağılmasıdır. Duman, sis ve spreyleyler). İrritan, nörotoksik ya da kanserojen özellikte olabilen uçucu organik bileşikler, sudaki klorlardan evde kullanılan cilaya, dış ortam havasından, ayakkabı boyasına kadar birçok nedenle ev ortamına girebilmektedir. Ev dışında kullanılan pestisitler, konut ortamına girebildiği gibi, konut içerisinde kullanılan pestisitler de tehlikeli partiküllerin oluşumuna yol açabilirler. İç hava kalitesini kontrol edebilmek için önemli bir kirletici olan karbondioksit zehirli bir gaz değildir fakat oksijensizlikten dolayı tehlike oluşturabilir. Merkezi nefes sinir alıcıları tetiklenir ve nefes alma noksanlığına sebep olur. Daha yüksek konsantrasyonlarda oksijen azlığından dolayı merkezi sinir sistemi görevini yapamamaya başlar (American Federation of Teachers 2004).

2.5 HAVA KALİTESİ İNDEKSİ (HKİ) HESAPLAMASI

Hava Kalitesi İndeksi belirli bir yerdeki havanın kalitesinin ifade edilmesi için kullanılan ölçüdür. Hava Kalitesi ölçümlerinde gösterge sayısının yükselmesi artan hava kirliliği yüzdesinin ciddi sağlık sorunlarına neden olacağını belirtir. Hava Kalitesi İndeksi değerleri aşamalara göre sınıflandırılmıştır ve her aşama birer renk ile simgelenir. Renkler ve risk aralıkları ülkeden ülkeye değişebilir.

HKİ, 0-500 aralığında düzenlenmiş bir skala olarak düşünülebilir. HKİ değeri yükseldikçe hava kirliliğinin yükseldiği ve sağlık riskinin de arttığı düşünülmelidir. Örneğin; HKİ değerinin 50 olması, hava kalitesinin iyi olduğunu ve toplum sağlığını etkileyebilecek riskin çok az olduğunu gösterir. Buna karşılık, 300'ün üzerindeki HKİ değeri ise, hava kalitesinin kötü ve dolayısıyla sağlık riskinin yüksek olduğunu gösterir. HKİ değerinin 100 olması, genellikle ulusal hava kalitesi standardına karşılık gelir. 100'ün altındaki indeks değeri, genel olarak iyi bir durumun göstergesidir. HKİ değeri 100'ü aştığında, hava kalitesinin sağlıksız olduğu düşünülür. HKİ'nin amacı, yaşadığımız bölgedeki hava kalitesi ile sağlığımızı ilişkilendirmemiz için yardımcı olmaktır. Kolay anlaşılabilir diye HKİ skalası 6 kategoriye bölünmüştür. 5 temel kirlenici için hava kalitesi indeksi hesaplanmaktadır. Bunlar; partiküler maddeler (PM10), karbon monoksit (CO), kükürt dioksit (SO₂), azot dioksit (NO₂) ve ozon (O₃) dur. Hava kalitesi, belli kirlenici konsantrasyonlarını kaydeden ölçüm cihazlarından oluşan bir ağ yardımı ile ölçülür. Bu ham ölçüm değerleri, geliştirilen standart formüller kullanılarak HKİ değerlerine dönüştürülmektedir. HKİ değeri, bölgedeki her bir kirlenici için ayrı ayrı hesaplanır (yer seviyesindeki ozon, partiküller, karbon monoksit, kükürt dioksit ve azot dioksit). Her bir kirlenici için hesaplanan en yüksek HKİ, o güne ait HKİ değerini oluşturur. Örneğin, belli bir alandaki HKİ değerleri, ozon için 90, kükürt dioksit için 88 ise, o güne ait HKİ değeri ozon için hesaplanan 90 değeri olacaktır.

Genel olarak, HKİ, 1'den 6'ya kadar rakamlarla belirlenmek suretiyle, çok iyi, iyi yeterli, orta, kötü ve çok kötü şeklinde altı sınıfa ayrılır. SO₂, NO₂, CO, O₃ ve PM10 ölçülen konsantrasyon değerlerinden en yüksek olan hangi aralığa denk geliyorsa, o süre zarfı için HKİ o sınıfı ve o sınıfa denk gelen rakam değeri ile ifade edilir.

Aşağıda Tablo 2.5.1 ve Eklerdeki Tablo 2.5.2'de Hava kalitesi indeksinin hangi değerlere karşılık nasıl adlandırıldığı belirtilmiştir. Farklı sağlık seviyesine karşılık gelen altı kategoride incelenir.

Tablo 2.5.1: Hava Kalitesi İndeksi Sınıflandırması

Hava Kalitesi İndeksi	SO₂	NO₂	CO	O₃	PM10
	1 saatlik ortalama	24 saatlik ortalama	24 saatlik ortalama	1 saatlik ortalama	24 saatlik ortalama
	[µg/m³]	[µg/m³]	[mg/m³]	[µg/m³]	[µg/m³]
1 (Çok İyi)	0 -50	0 - 45	0 – 1,9	0 - 35	0 - 25
2 (İyi)	51-199	46 - 89	2,0 – 7,9	36 - 89	26-69
3 (Yeterli)	200-399	90 - 179	8,0 – 10,9	90 - 179	70-109
4 (Orta)	400-899	180 - 299	11 – 13,9	180 - 239	110-139
5 (Kötü)	900-1499	300- 699	14,0 - 39,9	240 - 359	140-599
6 (Çok Kötü)	>1500	> 700	> 40,0	> 360	> 600

Kaynak: <http://www.havaizleme.gov.tr/hava.html> 2004

İlk olarak iyi olarak adlandırılan, 0-50 aralığında olan, HKİ değeridir. Bu hava kalitesinin tatmin edici, hava kirliliğinin çok az olduğu veya sağlık riskinin bulunmadığı anlamına gelir. HKİ değeri 51-100 aralığı ise orta olarak adlandırılır. Hava kalitesi kabul edilebilir, ancak bazı kirleticilerin, toplumun küçük bir kesiminde orta düzeyde sağlık etkisi olabilir. Örneğin, ozon kirleticisine çok hassas olan kişilerde bazı solunuma bağlı hastalık belirtilerine rastlanabilir. Üçüncü olarak hassas gruplar için sağlıksız olarak adlandırılan, 101-150 aralığında olan, HKİ değeridir. Toplumun belli bir kesimi, özellikle belli kirleticilere karşı hassastır. Bu grubun, genel nüfusa göre daha düşük seviyelerde dahi etkilenmeleri muhtemeldir.

Örneğin, solunum rahatsızlığı olan kişiler, ozon kirleticisine maruz kalmaları sonucu daha fazla risk taşıırken; kalp rahatsızlığı olan kişiler havadaki partikül kirleticilerine maruz kalmaları sonucu daha fazla risk taşırlar. Genel olarak, toplumun büyük kesimi, bu aralıkta etkilenmez. HKİ değeri 151-200 aralığı ise sağlıklı ismini alır ve toplumun tüm kesimleri sağlık etkileri ile karşılaşmaya başlayabilir. Hassas gruplar, daha ciddi düzeyde etkilenebilir. Bir sonraki sınıf ise çok sağlıklı sınıfıdır. Burada HKİ değeri 201-300 aralığındadır. Sağlık alarmı için bir tetikleme noktasıdır. Toplumun tüm kesimleri, çok ciddi düzeyde etkilenebilir. Son olarak tehlikeli değeri vardır ve HKİ değeri 300'ün üzerindedir. Acil durum alarmı için bir tetikleme noktasıdır. Toplumun tüm kesimleri, büyük bir ihtimalle etkilenecektir (Balta ve diğ. 2010).

Tablo 2.5.2: Hava Kalitesi İndeksi Değerleri

Hava Kalitesi İndeksi (HKİ / AQI)	Sağlık Seviyesi	Renkler
HKİ aşağıda belirtilen aralıkta	Hava Kalitesi	aşağıda belirtilen renkler
0 - 50 arasında	İyi	Yeşil
51 - 100 arasında	Orta	Sarı
101 - 150 arasında	Hassas gruplar için sağlıklı	Turuncu
151 - 200 arasında	Sağlıksız	Kırmızı
201 - 300 arasında	Çok sağlıklı	Mor / Pembe
301 - 500 arasında	Tehlikeli	Kahverengi

Kaynak: http://tr.wikipedia.org/wiki/Hava_Kalitesi_Endeksi

2.6 KARBONDİOKSİT

İnsanlar nefes alıp verme ile ortama karbondioksit verirler. Normal bir iş ile uğraşan bir insan günde 20 litre (0.02m³) karbondioksit üretir. Bu yüzden havalandırma yapılmaz ise insan sayısı arttıkça, ortamdaki karbondioksit miktarı artacağından insan sağlığı etkilenmeye başlar. İnsanların çalışma şekilleri ortamdaki karbondioksit miktarını etkiler. Aşağıda Tablo 2.6.1'de insanların meşguliyet durumlarına göre havaya verdikleri karbondioksit miktarları verilmiştir.

Tablo 2.6.1: İnsanların Meşguliyet Durumlarına Göre Havaya Verdikleri CO₂ Miktarı

Durum	Faaliyet Derecesi	CO₂ veriş miktarı (litre/saat)
Oturan	I	15
Elle Hafif İş Yapma	II	23
Elle İş Yapma veya Yavaş Yürüme	III	30
Ağır İş Yapma veya Hızlı Yürüme	IV	30

Kaynak: Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, Nisan 2011, İzmir

2.7 HAVALANDIRMA

2.7.1 Tanım

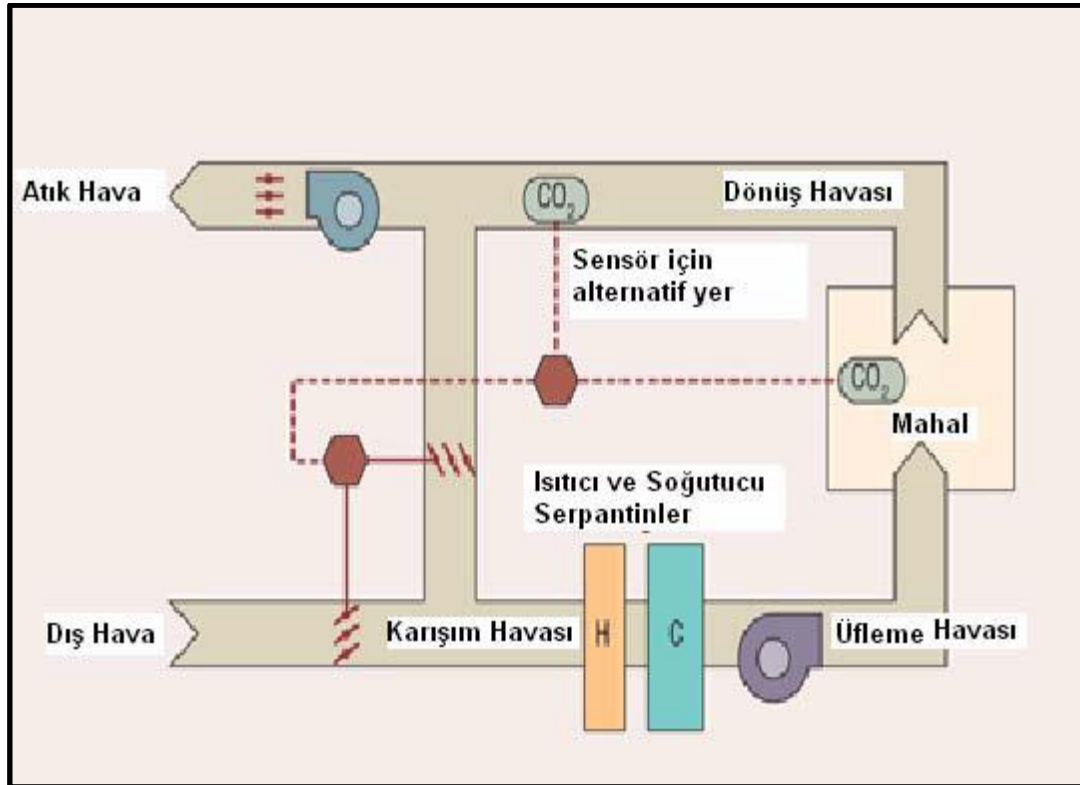
Havalandırma kapalı bir alana doğal ya da mekanik yolla temiz hava akımı sağlanmasıdır. İçeri temiz hava girerken buna eşdeğer hacimde, zararlı gazlarla, kokularla, tozlarla kirlenmiş ve ısınmış hava dışarı atılır. Mekanik yolla havalandırma, kapalı bölmelere temiz hava emen ya da kirli havayı dışarı atan fanlarla yapılır. Isı ve rüzgar gibi etkilere bağlı olmayan mekanik havalandırma, kolayca denetlenebilir, bu nedenle de belirli bir hızda hava değişiminin zorunlu olduğu yerlerde yaygın olarak kullanılır. Havalandırma kirlenen iç havanın temizlenmesidir ve sağlık için yeterli dış havanın sağlanmasıdır.

İç hava kalitesi açısından en uygunu ortamdaki karbondioksit miktarına göre havalandırmanın yapılmasıdır. Karbondioksit bütün diğer kirleticileri yaklaşık olarak temsil ettiği kabul edilmektedir ve karbondioksit miktarına göre havalandırma yapılmaktadır. İç ortamdaki minimum karbondioksit derişikliğini sağlamak için, ortama verilmesi gereken hava miktarı(m³/saat);

$$V = \frac{V_{CO_2}}{C_s - C_d} 10^6 \quad (2.7.1.1)$$

denklemleri ile bulunabilir. Burada V_{CO_2} insanların ürettiği CO₂ miktarı(m³/saat), C_s ve C_d sırasıyla ortamda izin verilen sınır CO₂ miktarı (ppm) ve dış ortam CO₂ miktarını(ppm) vermektedir. CO₂ miktarı için sınır değeri 1000 ppm olarak kabul edilir. Dolayısıyla 1000 ppm CO₂ konsantrasyonu iç hava kalitesi için temel kabul edilmektedir. Eğer CO₂ miktarı bu seviyeden düşük ise ortamdaki hava kabul edilebilir iç hava kalitesindedir. 1000 ppm CO₂ miktarı, *Pettenkofer* sayısı olarak bilinmektedir. Aşağıda Şekil 2.7.1.1'de CO₂ miktarına göre ihtiyaca dayalı bir havalandırma sistemi gösterilmiştir.

Şekil 2.7.1.2: CO₂ Kontrollü İhtiyaca Dayalı Havalandırma Sistemi



Kaynak: Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, Nisan 2011, İzmir

İhtiyaca dayalı havalandırmanın temel amacı yüksek düzeyde bir iç hava kalitesi sağlama ve aynı zamanda fazla havalandırma yapmayı enerji tasarrufu sağlamaktır.

2.7.2 Hasta Bina Sendromu

Kişinin çalışma alanı ile ilişkili şikayetlerinin (sendrom) bileşkesidir. Konutlarda da HBS'na rastlandığı olmuştur. Dünya Sağlık Örgütü'nün 1984 tarihli bir raporuna göre dünyada yeni ve tadil edilmiş binaların yüzde 30'una yakını, bu sendromları oluşturuyor olabilir. Hasta Bina Sendromları genellikle havalandırma HVAC sistemlerindeki kusurlarla bağlantılıdır ve dış hava beslemesi oranını arttırarak 'tedavi edilebilmektedir'. HBS'nun diğer etmenleri, bazı bina yapı malzemelerinden sızan kirleticiler veya iç ortamda kullanılan hafif endüstriyel kimyasallarının yanlış egzoz edilmesi olarak belirlenmiştir. Tüm bu bina içi rahatsızlıkların nedeninin başında iç ortam hava kalitesinin tuttuğu önem büyüktür. İç ortam hava kalitesi günümüzde HVAC endüstrisinin üzerinde çalıştığı en önemli konulardan biridir. İç hava kalitesinin yaratabileceği muhtemel rahatsızlıklara ait Tablo 2.7.2.1 yukarıda verilmiştir.

Ancak binada hastalığın oluşmasına ait kesin bir neden saptanamamaktadır. Yetersiz hava kalitesine neden olan çeşitli etmenler bulunmaktadır. Binaların yapımında veya yenilenmesinde kullanılan yapıştırıcılar ya da solventler gibi kirletici maddeler bu etmenlerden biridir. Binada servis sistemlerinin yetersiz, yanlış tasarlanması sızıntı oluşturan noktalarda nem birikmesine iklimlendirme veya ısıtma sistemlerinin kanallarında mikropların yerleşmesine yol açmaktadır. Tablo 2.7.3.1'de binaların insan sağlığına etkileri gösterilmiştir (Zeydoğan ve diğ. 2010, ss. 587-593).

Tablo 2.7.2.1: İHK ile İlişkilendirilen Muhtemel Semptomlar

<u>Belirtiler veya sağlık bozulması</u>	<u>Bilinen sebepler</u>	<u>Bina ile ilişkili muhtemel sebepler</u>	<u>İHK ile bağıntılı muhtemel sebepler</u>
Baş ağrısı	<ul style="list-style-type: none">• Stres• Göz Gerginliği• Sinüzitler• Migren• Boyun kas gerginliği	<ul style="list-style-type: none">• Stres• Göz gerginliği• Psikolojik, sosyolojik	<ul style="list-style-type: none">• Hava içindeki kimyasal maddeler
Vücutta meydana gelen kızılılık veya lekeler (ısılık)	<ul style="list-style-type: none">• Böcek ısırması• Egzama• Cilt ve deri iltihabı• Diğer cilt hastalıkları	<ul style="list-style-type: none">• Sinirsel deri iltihabı (stres ile ilgili)	<ul style="list-style-type: none">• Fiberglas ve camyünü
Gözlerin kaşınması	<ul style="list-style-type: none">• Kontakt lens problemleri• Alerji• Enfeksiyon	<ul style="list-style-type: none">• Göz gerginliği	<ul style="list-style-type: none">• Düşük nem• Küf• Kimyasal maddeler• Toz• Fiberglas
Burun kanaması	<ul style="list-style-type: none">• Alerjiler• Enfeksiyon• Çarpma, darbe		<ul style="list-style-type: none">• Düşük nem
Yorgunluk	<ul style="list-style-type: none">• Bir dizi ciddi hastalıklar• Depresyon• Uykusuzluk• Kronik yorgunluk sendromu	<ul style="list-style-type: none">• Sıkıntı• İşten doğan tatminsizlik• Aşırı çalışma	<ul style="list-style-type: none">• Muhtemel (nadiren buharlaşabilir kimyasallar)
Çocuk düşürme veya düşük	<ul style="list-style-type: none">• Sebebi bilinmeyen hastalık• Değişik faktörler: Genetik Bünyevi İnfeksiyonel Metabolik v.b.	<ul style="list-style-type: none">• Bilinmiyor	<ul style="list-style-type: none">• Bilinmiyor
Astım	<ul style="list-style-type: none">• Alerjiler Kedi Köpek Evdeki toz, polenler v.b.• Egzersiz sebebiyle• Soğuk hava		<ul style="list-style-type: none">• Alerjiler Toz Küf• Nadiren tahriş edici kimyasallar
Kanser	<ul style="list-style-type: none">• Sigara içme• Soya çekim	<ul style="list-style-type: none">• Bilinmiyor	<ul style="list-style-type: none">• Bilinmiyor
Konsantrasyon sıkıntısı	<ul style="list-style-type: none">• Bir çok ciddi hastalık• Depresyon• Uykusuzluk• Kronik yorgunluk sendromu	<ul style="list-style-type: none">• Sıkıntı• İşten doğan tatminsizlik• Aşırı çalışma	<ul style="list-style-type: none">• Muhtemel (nadiren buharlaşabilir kimyasallar)
Baygınlık	<ul style="list-style-type: none">• Kan Basınç anormalliği (Tansiyon)• Kalp hastalığı• Kuruntu, vesvese, huzursuzluk	<ul style="list-style-type: none">• Kuruntu, vesvese, huzursuzluk	<ul style="list-style-type: none">• Sarhoş edici kimyasallardan (Karbonmonoksit gibi)

Kaynak: Çilingiroğlu S. , İç Hava Kalitesi, 2010

2.7.3 HVAC Sistemler

Modern binalarda iklim kontrolü ve konfor, önemli bir tasarım unsurudur. Isıtma (*Heating*), havalandırma (*Ventilating*) ve hava şartlandırma (*Air Conditioning*) kısa adıyla HVAC sistemleri binalardaki iklimi, sıcaklığı ve hava akışını düzenleyerek kontrol eder ve ortam konforunun sağlanmasına yardımcı olur. HVAC sistemleri ortamda yaşayanların sağlığı için de önemlidir. Çünkü iklim şartları iyi düzenlenmiş ve uygun değerlerde sabit tutulmuş sistemler, küf v.b zararlı organizmaları yaşanılan ortamdan uzak tutar. Bunun yanında HVAC sistemlerinin otomasyonu ile düşük enerji sarfiyatıyla enerji tasarrufu sağlanmaktadır.

HVAC sistemleri, kullanım amacı ve yerine göre farklı özellikler gösterdiğinden, performans iyileştirmeleri ve enerji tasarruf çalışmaları spesifik özelliktedir ve sistemden sisteme değişir. Fakat bir HVAC sisteminin enerji tüketimini belirleyen üç önemli faktör vardır:

- i. İstenilen iç hava kalitesi ve termal kalite
- ii. Aydınlanma ve diğer ekipmanlar sayesinde içeride üretilen ısı
- iii. Yapının karakteristiği ve yeri.

Günümüzde, HVAC sistemlerinde tüketilen enerjinin yapının toplam enerji tüketimindeki payı, kullanım amacına bağlı olarak yüzde 15 ila yüzde 60'ını bulmaktadır. Bu bağlamda, enerjinin ve hatta boşa giden enerjinin etkin ve verimli kullanımı, özellikle büyük önem taşımaktadır. Son yıllarda, sıcaklık, hacim ve kontrol stratejileri konusunda HVAC sistem parametreleri üzerinde yapılan çalışmalar, enerji sarfiyatı azaltılarak daha yüksek verimlerin elde edildiği sistemlerin gerekli olduğunu ortaya koymuştur. HVAC bakımının önemi her geçen gün artmaktadır.

Tablo 2.7.3.1: HVAC Sistemlerinin İnsan Sağlığına Etki Oranları

Kategori	Değişim	Çok yönlü nefes darlığı belirtilerinin artması	Çok yönlü allerji belirtilerinin artması	Binalarda çalışmaya başladıktan sonra astma teşisinin artması
HVAC Dizayn	Dış havanın 7,62m. (25ft)den alınması:			
	-Durgun Su Bulunması	%130	-----	-----
	-Egzost Atışı Bulunması	%140	-----	-----
	-Sihhi Tesisat Havalanması	%120	-----	-----
	-Soğutma Kulesi (Cooling Tower)	-----	-%70	-----
	-Araç Trafığı	%80	-----	-----
	-Çöp Boşaltılması	%110	-----	-----
HVAC Sistemi Bakımı	-Çalışma programına uygunluğu kontrol edilmemiş hava santrali	%100	-----	
	-Test edilmemiş ve denge raporu olmayan hava santrali	-----	%80	
	-Yeri doğru olmayan filtreler	%120	-----	
	-Kirli filtreler	%90	-----	%100
	-HVAC sisteminin temizliği*	%80	%30	
	-HVAC tesisatı durumu:			
	Dış hava alman bölümde hava kanalı içinde enkaz v.b. bulunması	%210	-----	%100
	-Drain tavalalarında atık/kir birikimi	%60	-----	
	-Drain tavalalarında yetersiz drenaj veya tıkanıklık	%200	-----	
	-Kirli hava kanalı	%110	-----	
-HVAC sisteminde nem bulunması	%120	-----		
Asla temizlenmeyen hava kanalları	%180	%80	-%40	
Bina Bakımı	-Temizleme eriyiğiyle günlük yüzey temizliğinin yapılması	-----	-----	-%50
	-Günlük vakum ile temizlik yapılması	-%50	-----	-----
	-Günlük yüzey tozlarının temizlenmesi	-%40	%30	-%50
	-İç mekana böcek zehiri uygulaması	-%50	%50	-----
	-Aylık, döşeme raspalama ve cilalama	-%60	-----	-----
	-Yenileme sırasında tesis edilen sıvasız kuru duvarın son üç haftasında	-----	-----	%150

* Denetlenen her hangi 10 adet HVAC sisteminde, hava santrali toz içindeydi, ses yutucu kaplamalar kirliydi ve dış hava girişi iç tarafında çöp ve moloz yığınları vardı. Ayrıca daha ziyade ses yutucu kaplamalar ve serpantinler çok kirli ve kir birikimli olup dreyn tavası da çöp yığılı olup hemen hemen dreyn yapamamaktaydı; kanallar kirli ve bunlara ait ses yutucu kaplama hem kirli ve hemde nem içindeydi.

Kaynak: Çilingiroğlu S. , İç Hava Kalitesi, 2010

2.8 İÇ HAVA KALİTESİ İLE İLGİLİ YAPILMIŞ BAŞLICA ÇALIŞMALAR

Poulhet ve arkd.'a göre sanayileşmiş ülkelerde insanlar zamanlarının yaklaşık yüzde doksanını konut ve ofis gibi kapalı ortam hava kirleticilerinin yüksek konsantrasyonlarına maruz kalınan kapalı ortamlarda harcamaktalar. Kapalı ortamlar Uçucu Organik Bileşikler 'de (VOC) dış ortamlarda olandan 2-100 defa daha fazla olan kapalı ortam konsantrasyonları ile zenginleştirilmişler. Genellikle kapalı ortam VOC'larının yükseltilmiş konsantrasyonlu açıklamak için vurgulanan nedenler yapı ve mobilya için insan yapımı malzemelerin artan kullanımı, temizlik malzemeleri kullanımı, en son enerji tasarrufu politikaları nedeniyle düşük hava değişimi oranları ve gaz sobaları gibi bacasız yakma işlemleri ile ilgilidir. Bu gözlemler ışığında kapalı ortam hava kalitesi, kapalı ortam kirleticileri konsantrasyon düzeyleri ve doğasını karakterize etmek için son on yılda giderek fazla ilgi çekmiştir. Bilimsel topluluk arasında kapalı ortam kirleticilerine kronik maruz kalmanın astım ve kanser gibi patolojilere yol açacağı konusunda genel görüş birliği vardır.

Formaldehit kapalı ortam çevrelerinde olumsuz sağlık etkilerine neden olduğu bilinen yaygın kirleticidir. Bu çalışma yapı ve mobilya malzemelerinden formaldehit emisyonunu paylaşım için ölçüm prosedürünü tanımlar ve Fransız devlet okullarında gerçekleştirilmiş kaynak paylaşım çalışmasını sunar. Araştırılma yapılmış her bir sınıfta mobilya malzemeleri ile kıyasla yapı malzemelerinden daha fazla emisyonlarla 29'dan fazla formaldehit kaynağı karakterize edilmiştir. Pasif akı örnekleyiciler (FPS) kullanılarak ölçülen formaldehit emisyon oranları ağaç ürünleri ve köpükten yapılmış birkaç güçlü yayıcılar vurgulayarak 1.2'den 252 ng/m²/h'a kadar değişir. İlginç bir şekilde birçok sınıfta tavan formaldehitin ana kaynağı olarak tespit edilmiştir.

Bir diğer yapılan çalışma ise kapalı ortam hava kalitesini geliştirmek için kullanılan botanik hava filtresi olan ve geleneksel mekanik havalandırma sistemi ile karşılaştırıldığında potansiyel olarak yüksek verimli konut binalarda enerji tasarrufu sağlayan *Biowall*'dir (Dunham ve diğ., 2012).

Biowall filtre ortamında yetiştirilen ve konut binasında HVAC sistemi için birincil dönüş hava kanalı içinde bulunan dikey bitki duvarından oluşur. Ana fikir HVAC sistemine gönderilirken havalandırma sisteminden zararlı maddelerin kaldırılmasıdır. Bölge havası bitkiler arasından çekilirken, bitkilerin büyümesi için gerekli olan sulama sisteminden ötürü havanın *latent* enerjisi artarken karbon konsantreleri bitkiler tarafından emilir. Bu araştırma, Kapalı Ortam Hava Kalitesini etkin bir şekilde arttırırken enerjiyi azaltmak için *Biowall* potansiyelini araştırıyor.

Ülkemizde iç hava kalitesi ile ilgili çok fazla çalışma yapılmamıştır. Yapılanlardan bir tanesi Ankara Keçiören'de ilköğretim okullarında iç hava kalitesi durumunu belirleyerek çevresel risk faktörlerinin bilincinin arttırılmasına yönelik bir çalışmadır (Babayiğit ve arkd. , 2013). İlköğretim okulları bünyesindeki hava kirleticilerinin (CO, CO₂, SO₂, NO₂ ve formaldehit) seviyelerini değerlendirmek amacıyla Ankara Keçiören'de 31 ilköğretim okulunda 172 derslikte iç hava kalitesi parametreleri incelenmiştir. Yapılan çalışma sonucu elde edilen bulgular; yoğun trafikte yakın okullarda istatistiksel olarak önemli ölçüde CO ve SO₂ (P < 0.05) vardı. 35'den az (p <0.05) öğrencisi olan dersliklerle karşılaştırıldığında 35'den fazla öğrencisi olan dersliklerde daha yüksek veya önemli ölçüde CO₂, SO₂, NO₂ ve formaldehit vardı. Tüm dersliklerin yüzde 29'u patojenler olmayan daha yüksek mikroorganizmalar konsantrasyonları ve 100 CFU/100 ml sahipti. Bu makalede elde edilen sonuç İç hava kalitesi yönetimi sürekli olarak özellikle biyolojik ve kimyasal kirliliği dikkate alarak, akut ve kronik hastalıkların önlenmesi ve kontrolü için ilköğretim okullarında tutulmalıdır.

Ülkemizde yapılan bir diğer çalışma ise Çilingiroğlu, S. tarafından 2010 yılında yapılmıştır. Bu makale de hasta bina sendromunun ortadan kaldıracabilecek önlemlerden bahsedilmiştir. Binalarda hastalıkların oluşması iki gruba ayrılmıştır. Bina rahatsızlıkları; binayla ilişkili hastalıklar ve hasta bina sendromu olmak üzere iki maddede açıklanmıştır.

HVAC sistemi bakımı (Dış hava alınan bölümde hava kanalı içinde enkaz vb. bulunması, drain tavalarında kir birikimi, drain tavalarında yetersiz drenaj, kirli hava kanalı, HVAC sisteminde nem bulunması, asla temizlenemeyen hava kanalları, vb.) ve bina bakımı (Günlük vakum ile temizlik yapılması, günlük yüzey tozlarının temizlenmesi, iç mekana böcek zehri uygulanması, aylık döşeme cilalama vb.) yapılmadığı takdirde iç hava kalitesinin düştüğü gözlemlenmiştir. Binalarda iç hava kalitesini yükseltmek için yalnızca havalandırma sistemi kurmak ile yükseltilemeyeceğini belirtmektedir. Bakımları yapılması ve gerekli önlemlerin alınması gereklidir.

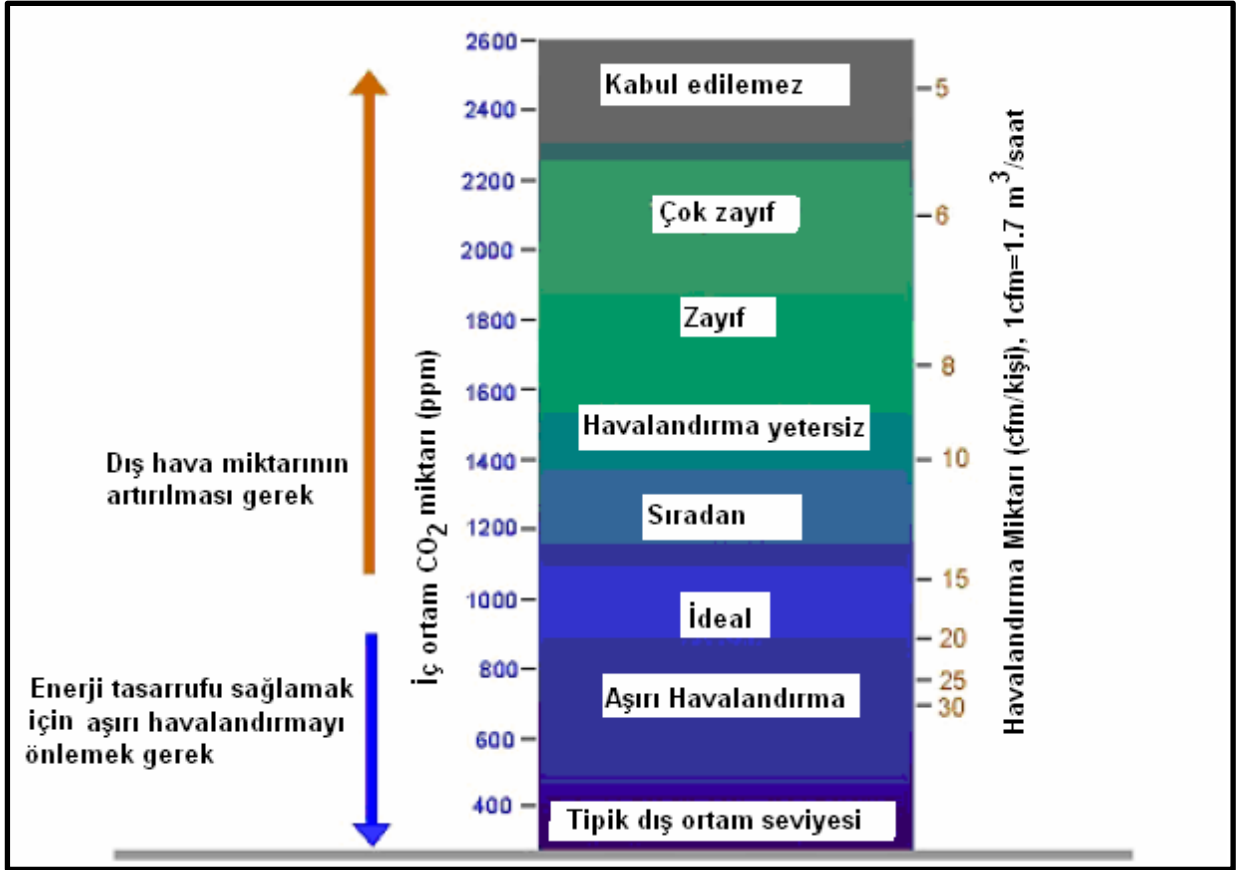
Coşkun, A. ve arkd. 2005 yılında Tesisat Mühendisliği Dergisi'nde yayınlanan Okullarda İç Hava Kalitesinin İncelenmesi ile ilgili bir çalışma yapmışlardır. Bu araştırma, Antalya ilinde bulunan 2 adet İlköğretim okulu ve 1 adet Lise 'de yapılmıştır. Ölçümler; karbondioksit, sıcaklık ve bağıl nem parametrelerini kapsamaktadır. Ölçüm sonuçlarının yüksek çıkması sebebi ile okullarda karbondioksit kontrollü ihtiyaca dayalı bir havalandırma sisteminin kurulması gerektiğine karar verilmiştir. Bunun dışında öğrencilerin, öğretmenlerin ve okul personelinin de bu konuda bilgilendirilmesi gerektiği sonucuna varılmıştır.

Bulut, H. Tarafından yapılan çalışma da ise insanların meşguliyet durumlarına göre havaya verdikleri karbondioksit miktarı belirlendikten sonra iç ortamdaki minimum karbondioksit derişikliğini sağlamak için ortama verilmesi gereken hava miktarı formülünden bir hesaplama yapılmıştır. Bu çalışma da insanların verdikleri karbondioksit miktarına göre ihtiyaca dayalı bir havalandırma sisteminden bahsedilmiştir. İhtiyaca dayalı bir havalandırma sisteminin temel amacı yüksek düzeyde bir iç hava kalitesi sağlamaktır. Bu çalışmada işlenen bir diğer konu ise hava sızıntısı yoluyla iç ortama giren dış hava miktarı hesaplamalarıdır. Makale de verilen formüller ile bu hesaplamalar yapılabilmektedir. Çalışmanın sonucunda varılan nokta doğal havalandırmanın iç hava kalitesini sağlamadığı bu yüzden yüksek düzeyde iç hava kalitesi yaratılmak istenildiğinde karbondioksit kontrollü bir havalandırma sisteminin kurulması gerektiridir.

3. VERİ VE YÖNTEM

Karbondioksit ile havalandırma arasındaki ilişkinin bulunduğu Şekil 2'ye bakıldığında; yaklaşık olarak 400 ppm iç ortam karbondioksit miktarı tipik dış ortam seviyesine, 500 – 900 ppm arası aşırı havalandırmaya, 900 – 1100 ppm arası ideal seviyeye, 1100 – 1400 ppm arası sıradan ortama, 1400 – 1700 ppm arası yetersiz havalandırmaya, 1700 – 2100 ppm arası zayıf ortama, 2100 – 2300 ppm arası çok zayıf ortama ve son olarak 2300 ppm ve üstü kabul edilemez seviyeye denk düşmektedir.

Şekil 3.1: CO₂ miktarına göre sınıflandırma



Kaynak: Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, Nisan 2011, İzmir

Ölçümler 3 farklı okulda gerçekleştirilmiştir. Birinci ölçüm İstanbul Sarıyer İlçesi'nde özel bir İlköğretim okulunda gerçekleştirilmiştir. Diğer iki ölçüm ise İstanbul'da Sarıyer İlçesi'nde özel bir anaokulu, diğeri ise İstanbul'da Bakırköy İlçesi'nde özel bir anaokuludur. Sarıyer İlçesi'nde ölçüm yapılan anaokulunun sınıf mevcudu 20 öğrenci ve 2 öğretmen olmak üzere 22 kişidir. Sınıfın hacmi 129.61m^3 tür. Bakırköy İlçesi'nde ölçüm yapılan anaokulunun sınıf mevcudu 20 öğrenci ve 2 öğretmen olmak üzere 22 kişidir. Sınıf 140.28m^3 tür. Anaokullarında teneffüs olmamakla beraber, gün içerisinde aralıklarla bahçeye çıkılmaktadır. Sarıyer İlçesi'nde ölçüm yapılan ilköğretim okulunun sınıf mevcudu 18 öğrenci ve 1 öğretmen olmak üzere 19 kişidir. Sınıf $115,64\text{m}^3$ tür. Dersler sabah 8.30 da başlayıp, 40 dakika sürüp, 10 dakikalık teneffüsler ve 40 dakikalık öğle teneffüsü ile birlikte 15.30 da son bulur. Ölçümler belirlenmiş olan günlerde saat başı olarak yapılmıştır.

Ölçümlerde Testo 435 cihazı kullanılmıştır. IAQ *probu*, karbondioksit seviyesi, hava nemi ve hava sıcaklığı ölçümü yaparak iç hava kalitesini ölçer. Cihazın ölçüm aralıkları; CO₂ için 0 ile +10000 ppm, nem için 0 ile +100 yüzde Rh ve sıcaklık için ise -50 °C ile +150 °C aralığındadır.

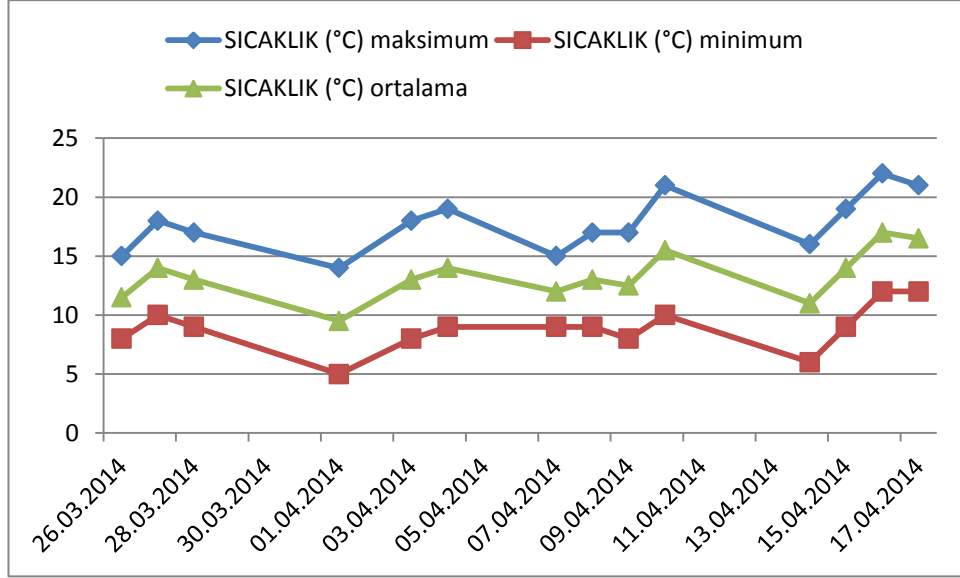
Şekil 3.2: Testo 435 Cihazı



Kaynak: Saadet İrem Altaca tarafından oluşturulmuştur.

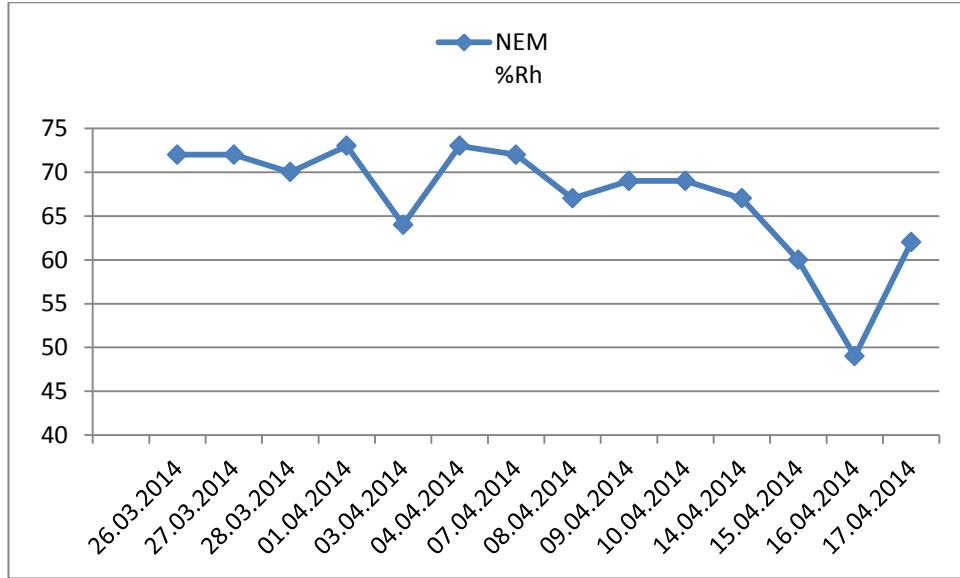
Dış ortam sıcaklık ve bağıl nem değişimleri aşağıda belirtilen kaynaktan ölçüm yapılan günlerdeki değerler alınmış, derlenip grafikte sunulmuştur.

Şekil 3.3: Dış Ortam Sıcaklık Değişimleri



Kaynak: <http://www.wunderground.com>

Şekil 3.4: Dış Ortam Bağıl Nem Değişimi



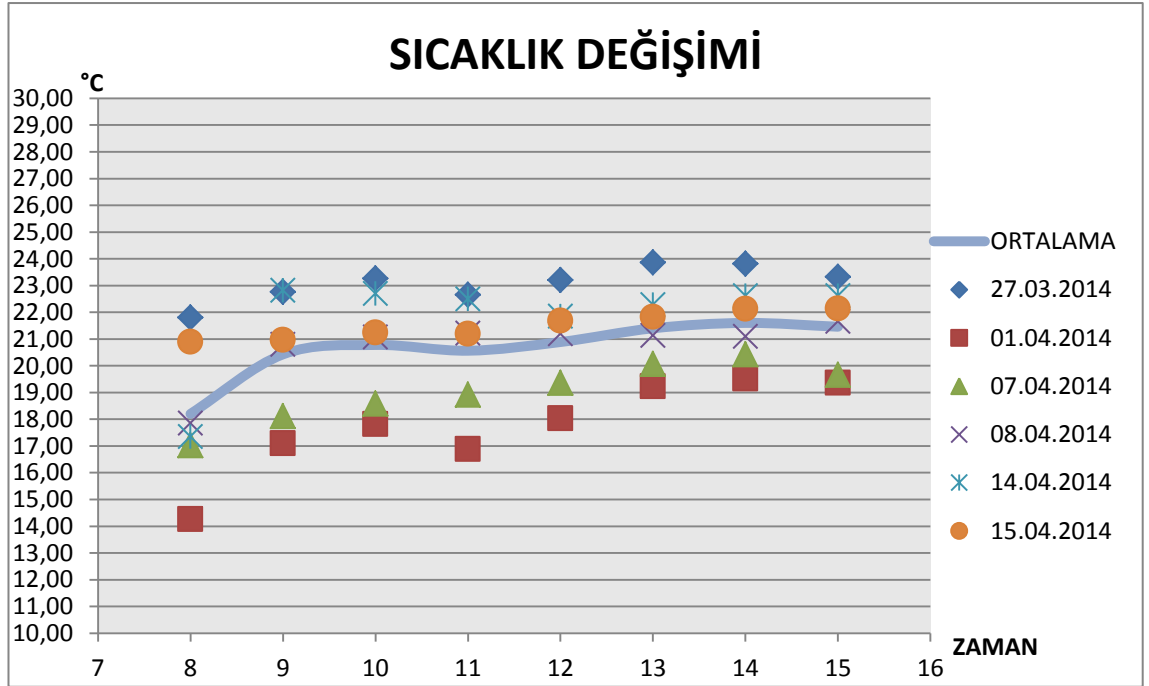
Kaynak: <http://www.wunderground.com>

4. SONUÇLAR

4.1 ÖLÇÜMLER

4.1.1 Sarıyer İlçesi'ndeki Anaokulu

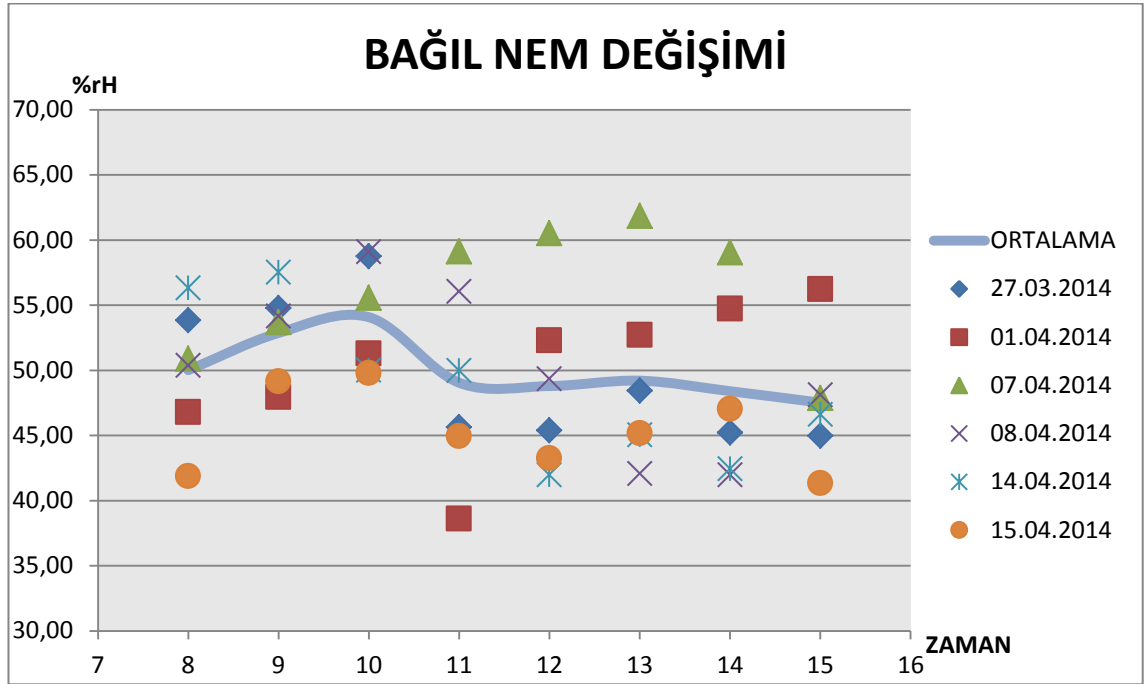
Şekil 4.1.1.1: Sıcaklık Değişimi



Kaynak: Saadet İrem Altaca tarafından oluşturulmuştur.

Sıcaklık sınıflarda 20 °C olmalıdır. Yukarıdaki grafik değerlendirildiğinde ortalama 18 derecede başlayan sıcaklık değişimi gün içerisinde 22 derecelere yaklaşmaktadır. Daha stabil gitmesi ve 20 derecede olması arzu edilmektedir. Bu ölçüm tarihlerinde is ortalama dış ortam sıcaklığı yaklaşık 13 derecedir.

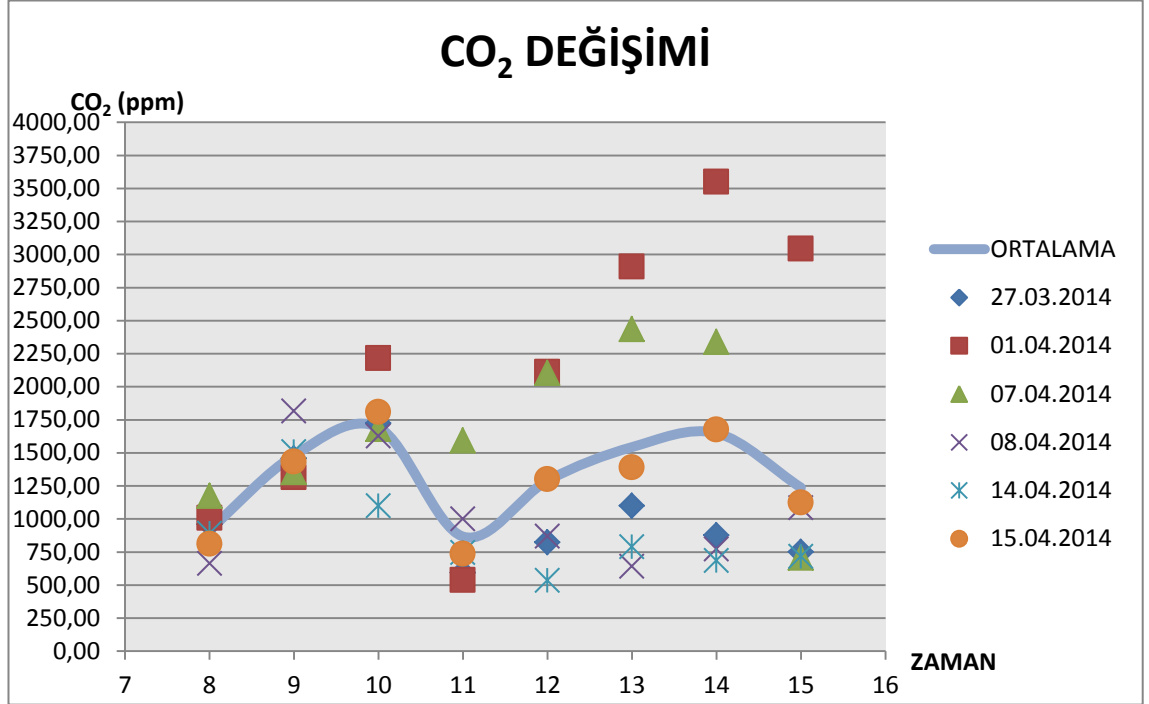
Şekil 4.1.1.2: Bağlı Nem Değişimi



Kaynak: Saadet İrem Altaca tarafından oluşturulmuştur.

Bağıl nem sınıflarda doğal havalandırma yapılıyorsa yüzde 65 olmalıdır. Yukarıdaki grafik değerlendirildiğinde bağıl nemin yüzde 50 de başlayıp, önce yüzde 55 ortalama değere çıktıktan sonra yüzde 45 e düştüğü gözlemlenmektedir. Bu ölçüm tarihlerinde dış ortam bağıl nemi ortalama yüzde 69 dur.

Şekil 4.1.1.3: CO₂ Değişimi

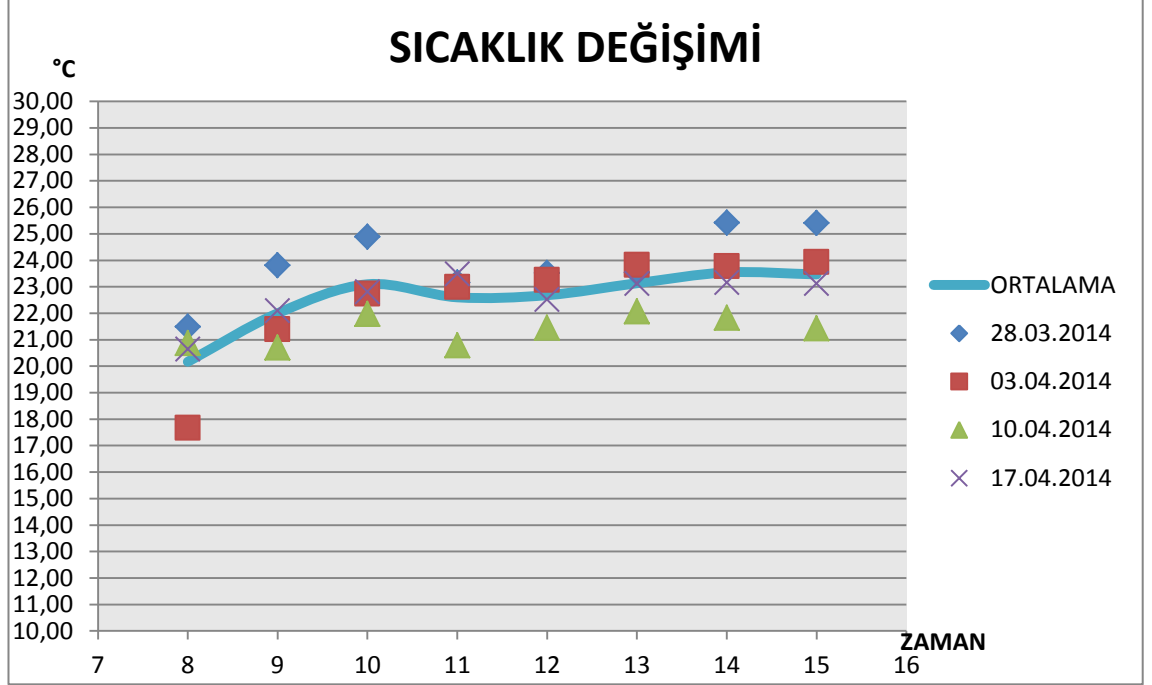


Kaynak: Saadet İrem Altaca tarafından oluşturulmuştur.

İdeal iç ortam CO₂ miktarı 800 ppm ile 1200 ppm arasında olmalıdır. Saat 10:00 a kadar konsantrasyonun yüksek olduğu gözlemlenmektedir. Bu saatten sonra doğal havalandırma sebebiyle düşmeye başlamaktadır. Ardından 14:00 a kadar tekrar yükselmektedir. Sonrasında havalandırma sebebiyle tekrar düşüş göstermektedir.

4.1.2 Bakırköy İlçesi'ndeki Anaokulu

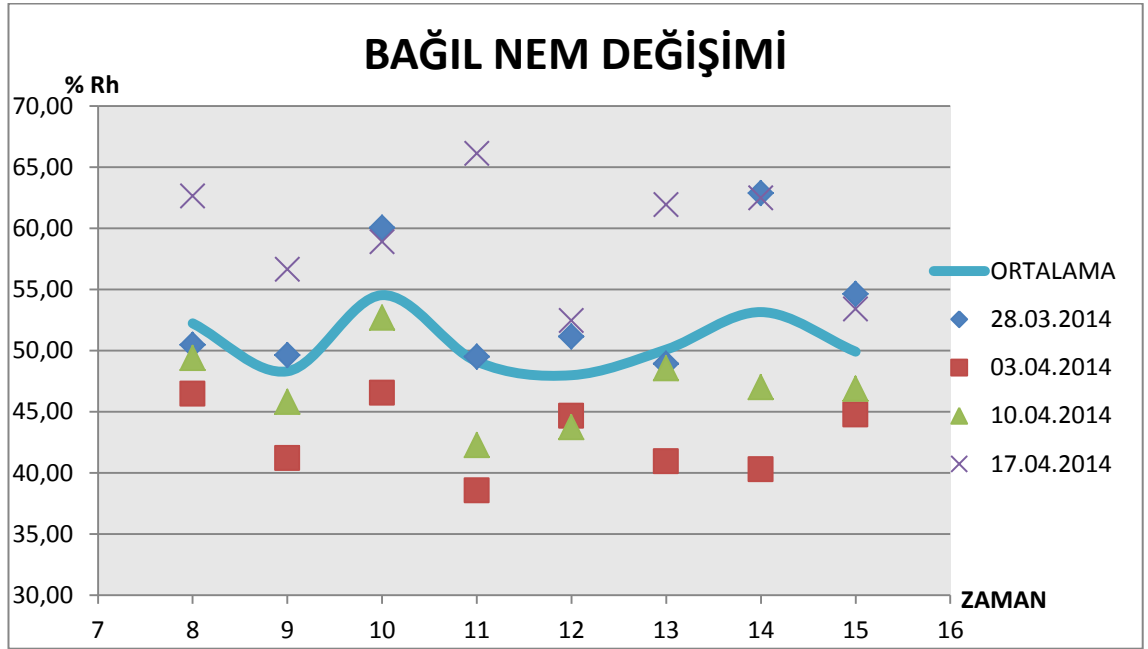
Şekil 4.1.2.1: Sıcaklık Değişimi



Kaynak: Saadet İrem Altaca tarafından oluşturulmuştur.

Sabah saatlerinde öğrenciler sınıfa girmeden önce ve girdikleri anda sıcaklık normal seviyededir. Daha sonra 24 derecelere kadar yükselmektedir. Bu ölçüm tarihlerinde ortalama dış ortam sıcaklığı 15 derecedir.

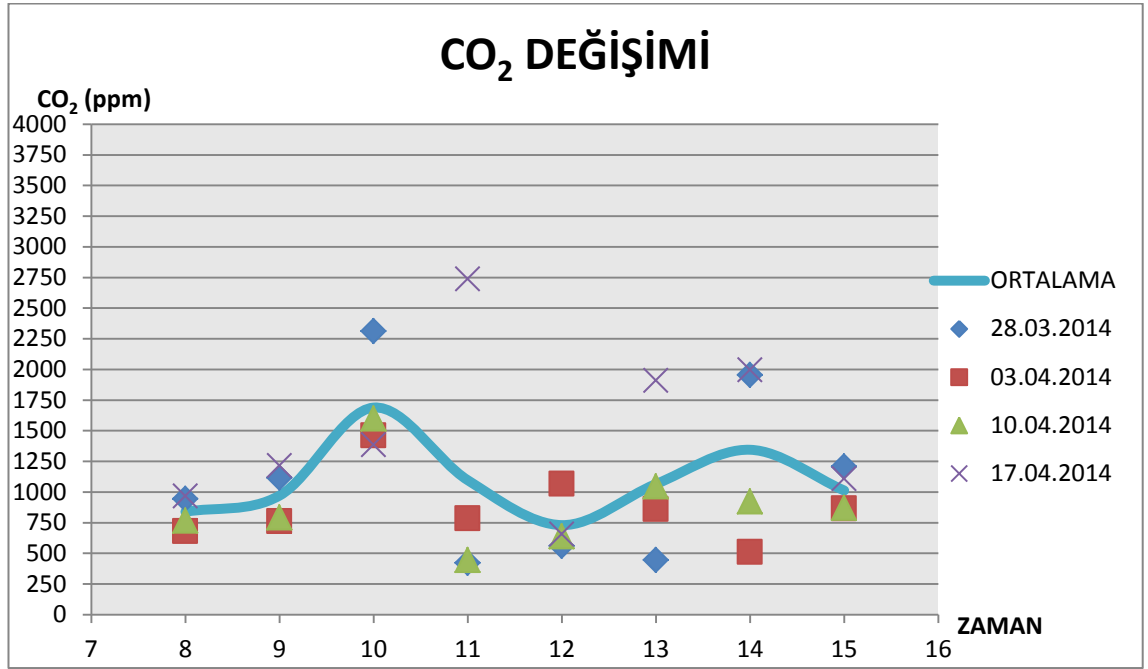
Şekil 4.1.2.2: Bağıl Nem Değişimi



Kaynak: Saadet İrem Altaca tarafından oluşturulmuştur.

Bağıl nem günden güne çok fazla değişim göstermektedir. Ortalama değer dikkate alındığında bile yüzde 45 ile yüzde 55 arasında değişim göstermektedir. Bu ölçüm tarihlerinde dış ortam bağıl nem ortalama yüzde 66 dır.

Şekil 4.1.2.3: CO₂ Değişimi

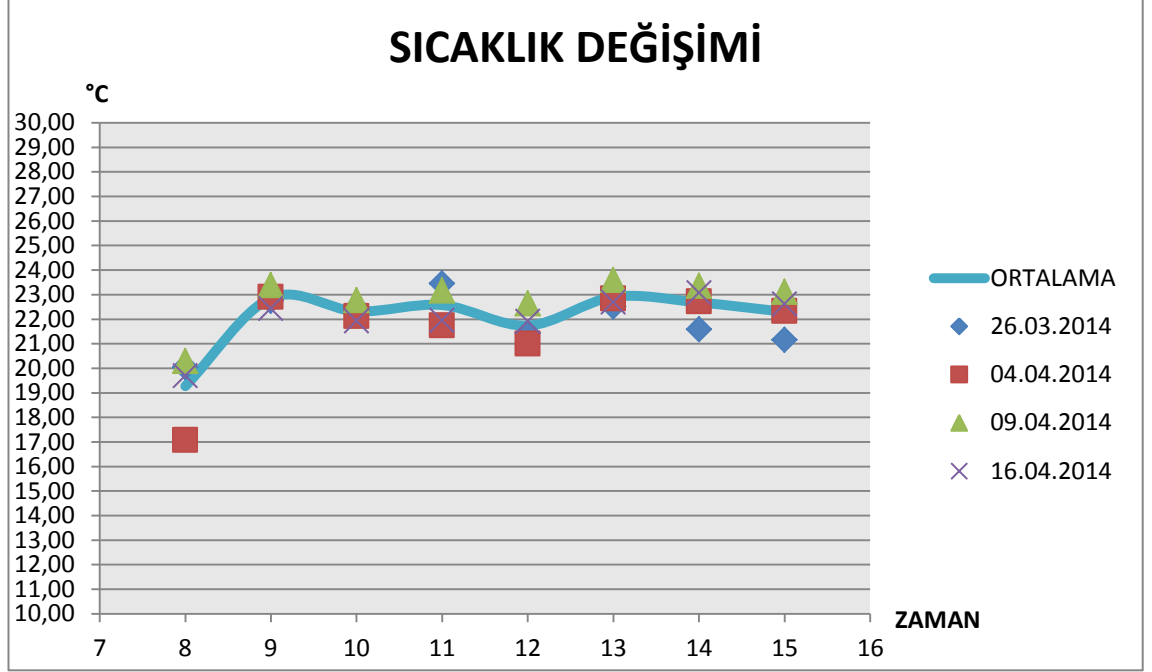


Kaynak: Saadet İrem Altaca tarafından oluşturulmuştur.

CO₂ miktarı, öğrenciler okula gelmeden olması gereken seviyededir fakat daha sonrasında artış göstermektedir. Öğleden sonra tekrardan yapılan bir havalandırma ile tekrardan düşmekte fakat yine olması gereken seviyenin üstünde kalmaktadır.

4.1.3 Sarıyer İlçesi'ndeki İlköğretim Okulu

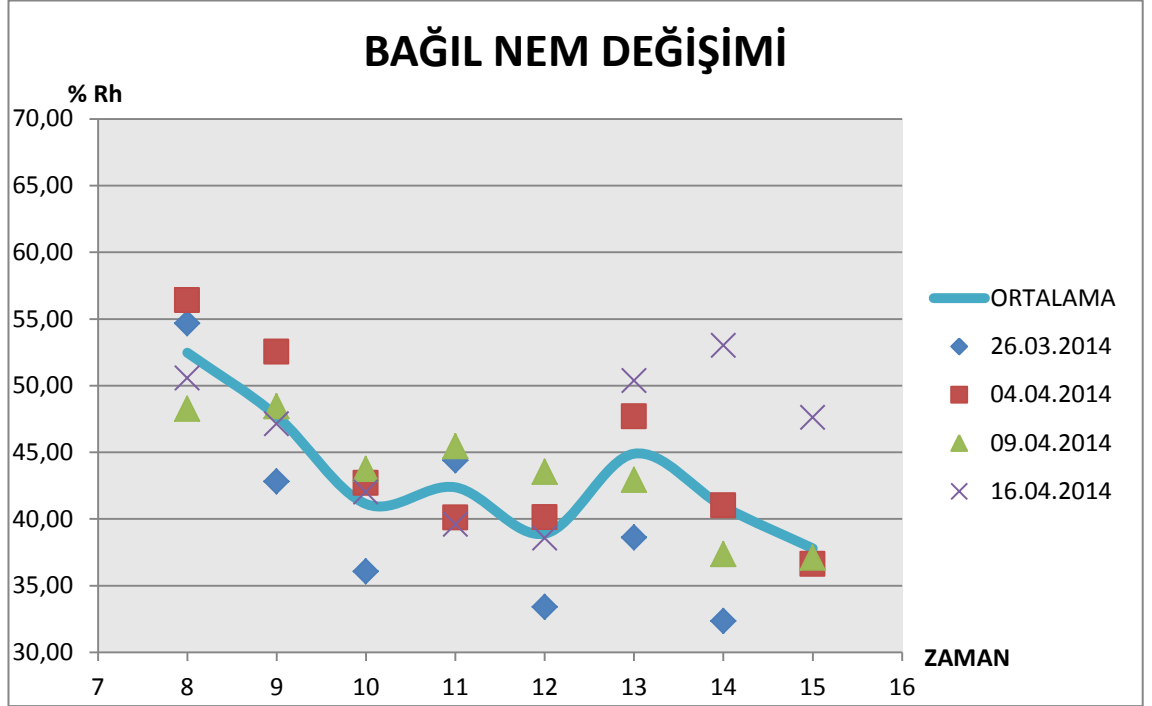
Şekil 4.1.3.1: Sıcaklık Değişimi



Kaynak: Saadet İrem Altaca tarafından oluşturulmuştur.

Gün içerisinde bir sıcaklık artış trendinin olduğu gözlemlenmektedir. Dış ortam sıcaklığı yaklaşık olarak ortalama 14 derecedir.

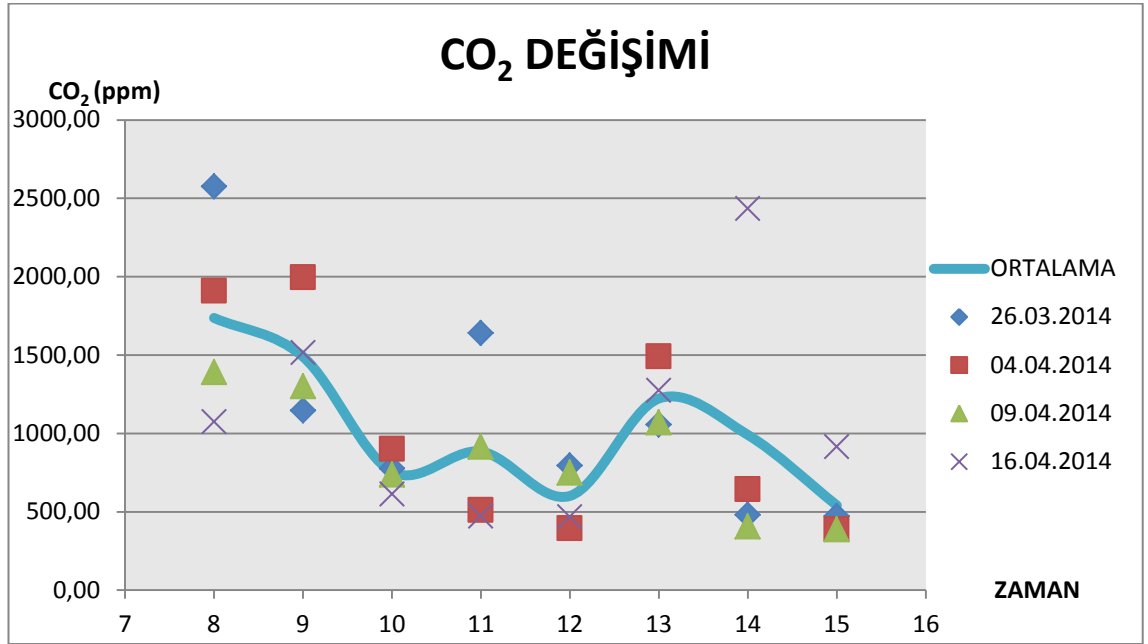
Şekil 4.1.3.2: Bağlı Nem Değişimi



Kaynak: Saadet İrem Altaca tarafından oluşturulmuştur.

Bağıl nemin yüzde 30 lara kadar düştüğü gözlemlenmektedir. İş ortam bağıl nemi bu süre zarfında yaklaşık olarak ortalama yüzde 66 dır.

Şekil 4.1.3.3: CO₂ Değişimi



Kaynak: Saadet İrem Altaca tarafından oluşturulmuştur.

CO₂ miktarı ise diğer iki anaokulunun aksine çok yüksek değerlerle başlamaktadır. Daha sonra yapılan havalandırma ile öğleden önce düşmekte, daha sonra tekrar artış göstermekte ve öğleden sonra yapılan havalandırma ile tekrardan düşüş göstermektedir.

4.2 YORUMLAR

Sıcaklık sınıflarda 20 °C, bağıl nem ise doğal havalandırma yapılan ortamlarda yüzde 65, mekanik havalandırma yapılan ortamlarda ise yüzde 55 olmalıdır.

Sarıyer bölgesindeki anaokulunun sonuçları değerlendirildiğinde ortalama 18 derecede başlayan sıcaklık değişimi gün içerisinde 22 derecelere yaklaşmaktadır. Daha stabil gitmesi ve 20 derece de olması arzu edilmektedir. Yüzde 65 olması gereken bağıl nemin ise yüzde 50'de başlayıp, önce yüzde 55 ortalama değere çıktıktan sonra yüzde 45'e düşmektedir. Isıl konfor açısından olumsuzluklar yaratmaktadır. Karbondioksit açısından incelendiğinde ise saat 10:00'a kadar konsantrasyon yüksek gözlemlenmektedir. Bu saatten sonra karbondioksit konsantrasyonunun düşmeye başlaması öğleden önce doğal havalandırmanın yapıldığını göstermektedir. Öğlen 14:00'a kadar konsantrasyon tekrardan yükselmektedir. Sonrasında tekrardan düşüş göstermektedir. Öğleden önce ve sonra bir havalandırma yapılmaktadır. Sınıfa öğrenci girdiğinde karbondioksit miktarı artmakta, bu artıştan kaynaklı saat 10:00 ve 14:00 da havalandırma yapılmaktadır. Havalandırma yapıldıktan sonra karbondioksit miktarlarında düşüş gözlemlenmektedir.

Yeşilköy bölgesindeki anaokulunun sonuçları değerlendirildiğinde sabah saatlerinde öğrenciler sınıfa girmeden önce ve girdikleri anda sıcaklık normal seviyededir. Daha sonrasında 24 derecelere kadar yükselmektedir. Saat 10:00 civarı bir havalandırmanın yapıldığı ama yeterli olmadığı gözlemlenmektedir. Bağıl nem ise günden güne çok fazla değişim göstermektedir. Ortalama değer dikkate alındığında bile yüzde 45 ile yüzde 55 arasında değişim göstermekte ve olması gereken değer çok fazla altında kalmaktadır. Bu durum termal konfor açısından sorun yaratmaktadır. Sıcaklığın her iki okulda da arttığı gözlemlenmektedir. Öğleden sonra düşüş gösterse de olması gereken seviyeye gelmediği gözükmemektedir. Karbondioksit miktarı öğrenciler okula gelmeden olması gereken seviyededir. Fakat daha sonrasında artış göstermektedir. Öğleden sonra tekrardan yapılan bir havalandırma ile tekrardan düşmekte fakat yine olması gereken seviyenin üstünde kalmaktadır.

Havalandırma yapıldıktan bir süre sonra karbondioksit miktarı tekrardan artış göstermekte, öğrenciler okuldan ayrılırken yüksek karbondioksit miktarı olan bir ortamdan ayrılmaktadırlar.

Sarıyer ilçesindeki ilköğretim okulu değerlendirildiğinde ise gün içerisinde bir sıcaklık artış trendinin olduğu ve bağıl nemin yüzde 30'lara kadar düştüğü gözlemlenmektedir. Karbondioksit miktarı ise diğer iki anaokulunun aksine çok yüksek değerlerle başlamaktadır. Daha sonra yapılan havalandırma ile öğleden önce düşmekte, daha sonra tekrar artış göstermekte ve öğleden sonra yapılan havalandırma ile tekrardan düşüş göstermektedir.

Üç okulda da öğleden önce ve sonra olmak üzere iki kez havalandırma yapılmaktadır. Aynı zamanda üç okulunda bağıl nem değerleri olması gerekenin hep altındadır. Sıcaklıkta gün içerisinde artış göstermektedir. Sabah yapılan doğal havalandırmanın olumlu yönde etkisi olduğu gözükmektedir.

Tüm okullarda yapılan tüm çalışmalar ile ilgili bilgileri içeren tablolar tezin Ekler kısmında detaylı şekilde gösterilmiştir.

5. ÖNERİLER

Bu çalışma göstermiştir ki örnekleme yapılan sınıflarda gerek iç ortam sıcaklığı gerekse iç ortam bağıl nemi ve CO₂ konsantrasyonu gün içerisinde büyük salınımlar göstermektedir. Isıl konfor parametrelerinden olan iç ortam sıcaklığının, günün ilk saatlerinde tipik konfor sıcaklığı olan 20°C veya çok yakın değerlerinde olmasına rağmen gün boyunca +5°C artış gösterdiği görülmektedir. Aynı şekilde, tipik konfor bağıl nemi kabul edilen ve yüzde elli şeklinde ölçülen değerde gün boyunca +/- yüzde 15 değişim göstermektedir. Bu durum ısıl konforun sürekli olarak sağlanamadığını göstermektedir. Bunun en önemli nedeni sadece doğal yollardan havalandırma yapılıyor olmasıdır. Sonuçlar okulların iç hava kalitelerinin iyi durumda olmadıklarını da göstermektedir. Özellikle öğlen saatlerine kadar olan sürede CO₂ konsantrasyonu genelde kabul edilemez seviyelere çıkmaktadır. Bu kötü durum yapılan doğal havalandırma neticesinde kabul edilebilir seviyelere gerileyebilmektedir. Havalandırma sayıları ve sınıf öğrenci yoğunlukları düşürülerek CO₂ konsantrasyonları da düşürülebilir. Böylesi bir durum öğrencilerin yaratıcılık ve üretkenliklerini olumlu yönde etkileyecektir. İlk olarak var olan okullarda ve yeni inşa edilecek okul binalarında mekanik havalandırma sisteminin kurulması gerekmektedir. Sadece ısıtma değil, klima merkezi santral sisteminin kurulması gerekmektedir. Mekanik havalandırmada bağıl nem yüzde 55 olmalıdır. CO₂ sensörlerinin kontrolü düzenli olarak yapılmalıdır. Okullarda merkezi mekanik havalandırma sisteminin tesis edilmesi bu problemi çözebilecektir. Dolayısıyla iç hava kalitesi iyileşecektir. Bu sistemin tesis edilemeyeceği mevcut okullarda tüm ders aralarında öğrencilerin dışarıya çıkartılarak ve ardından sınıfların tüm pencerelerinin açılması ile havalandırma yapılmalıdır. Gün içerisinde de uygun aralık ve sürelerde vasistas pencerelerin de açık tutulmaları olumlu yönde etki yaratacaktır. Fakat bu da özellikle kış aylarında sıcaklığın düşmesine sebep olur ve böylece enerji tasarrufu sağlanmamış olur. Anaokullarında teneffüs olmadığından bu imkan da sağlanmamış olur. Bu sebepten okullarda, enerji tasarrufu ve sağlıklı bir ortam yaratabilmek için havalandırma sisteminin kurulması gereklidir.

Bu çalışma, yapmaya çalıştığı sistematik yaklaşımlar, okul binalarının tam anlamıyla bir iç hava kalitesi değerlendirmesinden geçmesi gerektiğini göstermektedir. Ayrıca, okul binalarının enerji performansları hesaplanırken, enerji harcamalarının yanı sıra, ekonomik ve çevresel şartlar birlikte düşünülmelidir. Bu nedenle, okulların mekanik havalandırma sistemlerini bünyelerinde barındırmaları önem kazanmaktadır. Bununla beraber okul personeli ile öğrencilerin bu konuda bilinçlendirmeleri gerekmektedir. Bu bulgular ışığında, benzer çalışmaların çok sayıda okulda daha yapılarak, sınıf aktivite frekanslarının, yoğunluklarının daha detaylı olarak belirlenmesi ve okullarda , özellikle de anaokulları ve ilköğretim okullarında, uyulması zorunlu bir iç hava kalitesi yönetmeliğinin oluşturulması bir zorunluk olarak karşımıza çıkmaktadır.

Bu çalışma yapılan ölçümler dar bir zaman aralığında gerçekleştirilmiştir. Zaman aralığı daha geniş alındığında daha iyi değerlendirme imkanı bulunmuş olur.

KAYNAKÇA

Kitaplar

Butler, J.D., 1979. *Air Pollution Chemistry*. New York: Academic Press, ss. 1-20.

Denhez, F., 2007. *Küresel Isınma Atlası*. İstanbul: NTV Yayınları.

Masters, G.M. & Ela W.P., 2007. Types of Pollutants. *Introduction to Environmental and Science*. Prentice Hall. ss. 105-122

Seinfeld, H., 1986. *Atmospheric Chemistry, and Physics of Air Pollution*. New York: Wiley.

Sürekli Yayınlar

- Babayiğit, M.A., Bakır, B., Tekbaş, Ö.F., Oğur, R., Kılıç, A., & Ulus, S., 2013. Indoor Air Quality in Primary Schools in Keçiören, Ankara. *Turkish Journal of Medical Sciences*. **44**, ss.137-144.
- Baykut, F., 1987. Çevre sorunları ve korunma, *İstanbul Üniversitesi Yayınları*. **73** (3449), s. 419.
- Bulut, H., 2011. Havalandırma ve İç Hava Kalitesi Açısından CO₂ Miktarının Analizi. *X. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi*. ss. 1679-1688
- Coşkun, A., 2005. Tesisat Mühendisliği Dergisi, **90**, s. 19-27. Okullarda İç Hava Kalitesinin İncelenmesi
- Çilingiroğlu, S., 2010. İç hava kalitesi. *Tesisat Mühendisliği*. **115** (1), ss. 23-26.
- Dunham, B., Hutzler, W. & Hahus, L., 2014. Biowall: a sustainable approach to indoor air quality. *2014 Ashrae Winter Conference*. ss. 1-8
- İncecik, S., 1994. Hava kirliliği, *İstanbul Teknik Üniversite Matbaası*. ss. 26-41.
- Poulhet, G., Dusanter, S., Crunaire, S., Locoge, N., Gaudion, V., Merlena, C., Kaluzny, P. & Coddeville, P., 2013. Investigation of formaldehyde sources in French schools using a passive flux sampler. *Building and Environment*, **71**, ss. 111-120
- Zeydoğan, Z.E. Zeydan, Ö., Yılmaz, Y., 2010. Hasta Bina Sendromu. *IX. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi*. ss. 587-593

Diğer Yayınlar

- Altaca, S.İ., (2011). Araçlardan kaynaklanan hava kirliliği. *Lisans Tezi*. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi, Uçak ve Uzay Bilimleri Fakültesi.
- Ay, E., Balta, M., Çolak, M., Semercioğlu H., (2010). Hava kirliliği modellemesi. *Yüksek Lisans Tezi*. Sakarya: Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Bölümü
- İncecik, S., 2010. Air pollution Fundamentals. *Ders Notları*. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi UUBF.
- Şen, O., 2010. Atmosfer kimyası. *Ders Notları*. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi UUBF.
- Air Quality Index*. 2014, <http://www.airnow.gov/?action=aqibasics.aqi>
- Air Quality Index*. 2014, http://en.wikipedia.org/wiki/Air_quality_index
- İç Mekan Hava Kalitesi, İnsan Sağlığı Etkileşimi*.
<http://www.ekoyapidergisi.org/325-ic-mekan-hava-kalitesi-insan-sagligi-etkilesimi.html>
- Formaldehit*, 2014, <http://tr.wikipedia.org/wiki/Formaldehit>
- Hasta Bina Sendromu*, 2013, http://tr.wikipedia.org/wiki/Hasta_Bina_Sendromu
- Hava Kalitesi İndeksi*, 2013, http://tr.wikipedia.org/wiki/Hava_Kalitesi_Endeksi
- Hava Kalitesi İndeksi*, <http://www.havaizleme.gov.tr/hava.html>
- What You Should Know About Indoor Air Quality*, 2004, American Federations of Teachers

EKLER

EK 1: İstanbul İçin Ölçüm Yapılan Günlerde Sıcaklık ve Bağıl Nem Değerleri

Tablo 3.3: Sıcaklık ve bağıl nem ölçüm değerleri

ZAMAN	SICAKLIK (°C)			NEM %Rh
	maksimum	minimum	ortalama	
26.03.2014	15	8	11,5	72
27.03.2014	18	10	14	72
28.03.2014	17	9	13	70
01.04.2014	14	5	9,5	73
03.04.2014	18	8	13	64
04.04.2014	19	9	14	73
07.04.2014	15	9	12	72
08.04.2014	17	9	13	67
09.04.2014	17	8	12,5	69
10.04.2014	21	10	15,5	69
14.04.2014	16	6	11	67
15.04.2014	19	9	14	60
16.04.2014	22	12	17	49
17.04.2014	21	12	16,5	62

EK 2: Sarıyer İlçesi'ndeki Anaokulu

Tablo 4.1.1.4: 27.03.2014 tarihli ölçüm değerleri

TARİH	ZAMAN	ppm	mbar	°C	%rH
27.03.2014	08:00:00	958,86	1011,23	21,81	53,84
27.03.2014	09:00:00	1456,95	1010,37	22,76	54,77
27.03.2014	10:00:00	1724,74	1010,18	23,26	58,76
27.03.2014	11:00:00	594,06	1010,12	22,65	45,62
27.03.2014	12:00:00	822,14	1010,05	23,2	45,38
27.03.2014	13:00:00	1098,56	1009,84	23,86	48,42
27.03.2014	14:00:00	876,96	1008,71	23,82	45,2
27.03.2014	15:00:00	750,24	1007,92	23,32	44,96

Tablo 4.1.1.5: 01.04.2014 tarihli ölçüm değerleri

TARİH	ZAMAN	ppm	mbar	°C	%rH
01.04.2014	08:00:00	1007,84	1004,35	14,27	46,78
01.04.2014	09:00:00	1315,85	1004,58	17,1	47,94
01.04.2014	10:00:00	2214,81	1004,39	17,82	51,28
01.04.2014	11:00:00	536,5	1004,35	16,89	38,59
01.04.2014	12:00:00	2110,58	1003,62	18,04	52,28
01.04.2014	13:00:00	2907,86	1003,24	19,23	52,71
01.04.2014	14:00:00	3549,47	1003,2	19,52	54,71
01.04.2014	15:00:00	3043,3	1002,26	19,36	56,22

Tablo 4.1.1.6: 07.04.2014 tarihli ölçüm değerleri

TARİH	ZAMAN	ppm	mbar	°C	%rH
07.04.2014	08:00:00	1175,15	1008,71	17,03	50,89
07.04.2014	09:00:00	1352,55	1008,69	18,12	53,68
07.04.2014	10:00:00	1681,47	1008,71	18,58	55,56
07.04.2014	11:00:00	1593,84	1008,73	18,92	59,13
07.04.2014	12:00:00	2103,29	1008,69	19,36	60,53
07.04.2014	13:00:00	2435,2	1008,69	20,07	61,85
07.04.2014	14:00:00	2339,42	1008,2	20,43	59,05
07.04.2014	15:00:00	707,19	1007,84	19,66	47,87

Tablo 4.1.1.7: 08.04.2014 tarihli ölçüm değerleri

TARİH	ZAMAN	ppm	mbar	°C	%rH
08.04.2014	08:00:00	662,8	1012,19	17,86	50,37
08.04.2014	09:00:00	1816,99	1012,55	20,8	54,15
08.04.2014	10:00:00	1627,88	1012,14	21,07	59,09
08.04.2014	11:00:00	999,87	1011,67	21,22	56,04
08.04.2014	12:00:00	870,22	1011,78	21,2	49,35
08.04.2014	13:00:00	642,67	1011,61	21,14	42,06
08.04.2014	14:00:00	772,82	1011,42	21,1	41,96
08.04.2014	15:00:00	1085,89	1011,42	21,66	48,12

Tablo 4.1.1.8: 14.04.2014 tarihli ölçüm değerleri

TARİH	ZAMAN	ppm	mbar	°C	%rH
14.04.2014	08:00:00	891,26	1011,27	17,35	56,31
14.04.2014	09:00:00	1509,61	1011,25	22,82	57,52
14.04.2014	10:00:00	1099,95	1011,38	22,7	50,01
14.04.2014	11:00:00	745,07	1010,63	22,5	49,97
14.04.2014	12:00:00	534,89	1010,05	21,85	41,98
14.04.2014	13:00:00	790,47	1009,99	22,28	45,03
14.04.2014	14:00:00	685,17	1008,69	22,62	42,44
14.04.2014	15:00:00	715,86	1008,69	22,62	46,62

Tablo 4.1.1.9: 15.04.2014 tarihli ölçüm değerleri

TARİH	ZAMAN	ppm	mbar	°C	%rH
15.04.2014	08:00:00	810,42	1005,97	20,89	41,88
15.04.2014	09:00:00	1433,85	1005,99	20,97	49,15
15.04.2014	10:00:00	1807,67	1005,97	21,24	49,78
15.04.2014	11:00:00	735,1	1005,97	21,2	44,93
15.04.2014	12:00:00	1299,65	1005,97	21,68	43,24
15.04.2014	13:00:00	1389,3	1005,31	21,83	45,17
15.04.2014	14:00:00	1676,29	1004,6	22,13	47,04
15.04.2014	15:00:00	1124,07	1004,26	22,14	41,33

EK 3: Bakırköy İlçesi'ndeki Anaokulu

Tablo 4.1.2.4: 28.03.2014 tarihli ölçüm değerleri

TARİH	ZAMAN	ppm	mbar	°C	%rH
28.03.2014	08:00:00	943,31	1011,42	21,49	50,46
28.03.2014	09:00:00	1116,43	1011,42	23,81	49,62
28.03.2014	10:00:00	2312,69	1011,99	24,88	60,05
28.03.2014	11:00:00	421,11	1012,78	23,15	49,5
28.03.2014	12:00:00	560,74	1012,61	23,52	51,14
28.03.2014	13:00:00	445,44	1012,78	23,53	48,92
28.03.2014	14:00:00	1953,05	1011,52	25,41	62,86
28.03.2014	15:00:00	1208,02	1011,42	25,4	54,62

Tablo 4.1.2.5: 03.04.2014 tarihli ölçüm değerleri

TARİH	ZAMAN	ppm	mbar	°C	%rH
03.04.2014	08:00:00	680,08	1019,6	17,67	46,47
03.04.2014	09:00:00	760,21	1019,6	21,39	41,2
03.04.2014	10:00:00	1461,16	1019,56	22,73	46,53
03.04.2014	11:00:00	783,63	1019,11	22,99	38,56
03.04.2014	12:00:00	1065,44	1018,55	23,25	44,66
03.04.2014	13:00:00	860,16	1018,23	23,82	40,94
03.04.2014	14:00:00	508,68	1018,21	23,77	40,27
03.04.2014	15:00:00	864,84	1017,49	23,93	44,77

Tablo 4.1.2.6: 10.04.2014 tarihli ölçüm değerleri

TARİH	ZAMAN	ppm	mbar	°C	%rH
10.04.2014	08:00:00	765,35	1012,78	20,87	49,39
10.04.2014	09:00:00	791,04	1012,78	20,7	45,8
10.04.2014	10:00:00	1598,1	1012,72	21,97	52,7
10.04.2014	11:00:00	444,8	1011,42	20,79	42,28
10.04.2014	12:00:00	637,29	1011,23	21,45	43,73
10.04.2014	13:00:00	1044,98	1010,05	22,07	48,56
10.04.2014	14:00:00	921,49	1010,05	21,83	47,01
10.04.2014	15:00:00	870,52	1010,03	21,42	46,88

Tablo 4.1.2.7: 17.04.2014 tarihli ölçüm değerleri

TARİH	ZAMAN	ppm	mbar	°C	%rH
17.04.2014	08:00:00	966,78	1012,76	20,64	62,63
17.04.2014	09:00:00	1215,94	1012,46	22,09	56,64
17.04.2014	10:00:00	1384,76	1011,91	22,8	58,88
17.04.2014	11:00:00	2736,54	1011,42	23,48	66,12
17.04.2014	12:00:00	657,3	1010,52	22,51	52,45
17.04.2014	13:00:00	1910,66	1010,05	23,12	61,94
17.04.2014	14:00:00	1996,19	1009,27	23,16	62,48
17.04.2014	15:00:00	1107,03	1008,69	23,12	53,4

EK 4: Sarıyer İlçesi'ndeki Özel İlköğretim Okulu

Tablo 4.1.3.4: 26.03.2014 tarihli ölçüm değerleri

TARİH	ZAMAN	ppm	mbar	°C	%rH
26.03.2014	08:00:00	2575,4	1003,26	20,04	54,67
26.03.2014	09:00:00	1146,24	1003,28	22,74	42,8
26.03.2014	10:00:00	775,2	1004,5	22,47	36,07
26.03.2014	11:00:00	1638,94	1004,45	23,45	44,39
26.03.2014	12:00:00	794,63	1004,6	21,42	33,41
26.03.2014	13:00:00	1056,64	1004,58	22,51	38,6
26.03.2014	14:00:00	479,11	1004,6	21,58	32,35
26.03.2014	15:00:00	472,43	1004,35	21,15	29,87

Tablo 4.1.3.5: 04.04.2014 tarihli ölçüm değerleri

TARİH	ZAMAN	ppm	mbar	°C	%rH
04.04.2014	08:00:00	1908,89	1004,6	17,07	56,39
04.04.2014	09:00:00	1996,1	1003,73	22,9	52,53
04.04.2014	10:00:00	901,59	1004,33	22,12	42,68
04.04.2014	11:00:00	510,85	1004,39	21,74	40,1
04.04.2014	12:00:00	393,37	1003,47	20,99	40,12
04.04.2014	13:00:00	1490,94	1003,24	22,84	47,69
04.04.2014	14:00:00	642,35	1003,05	22,72	41,01
04.04.2014	15:00:00	388,61	1001,98	22,33	36,61

Tablo 4.1.3.6: 09.04.2014 tarihli ölçüm değerleri

TARİH	ZAMAN	ppm	mbar	°C	%rH
09.04.2014	08:00:00	1390,52	1004,6	20,29	48,26
09.04.2014	09:00:00	1300,99	1004,6	23,38	48,45
09.04.2014	10:00:00	736,46	1004,6	22,77	43,75
09.04.2014	11:00:00	915,75	1004,56	23,16	45,44
09.04.2014	12:00:00	749,55	1003,73	22,64	43,53
09.04.2014	13:00:00	1070,34	1003,24	23,59	42,94
09.04.2014	14:00:00	406,45	1002,66	23,35	37,36
09.04.2014	15:00:00	387,01	1001,88	23,11	37,1

Tablo 4.1.3.7: 16.04.2014 tarihli ölçüm değerleri

TARİH	ZAMAN	ppm	mbar	°C	%rH
16.04.2014	08:00:00	1073,52	1005,01	19,69	50,57
16.04.2014	09:00:00	1516,02	1005,22	22,43	47,12
16.04.2014	10:00:00	611,87	1005,45	21,92	42,02
16.04.2014	11:00:00	471,3	1004,92	21,95	39,58
16.04.2014	12:00:00	468,62	1004,6	21,91	38,55
16.04.2014	13:00:00	1273,79	1004,6	22,69	50,36
16.04.2014	14:00:00	2434,67	1003,54	23,07	53,01
16.04.2014	15:00:00	915,63	1003,26	22,61	47,62

ÖZGEÇMİŞ

- Adı Soyadı :** Saadet İrem Altaca
- Sürekli Adresi :** Büyükdere Mah. Hacet Sok. No:3 Sarıyer / İstanbul
- Doğum Yeri ve Yılı :** İstanbul, 1989
- Yabancı Dili :** İngilizce, İspanyolca
- İlk Öğretim :** Özel Erol Altaca İlköğretim Okulu, 2003
- Orta Öğretim :** Özel Erol Altaca Lisesi, 2006
- Lisans :** İstanbul Teknik Üniversitesi, 2011
- Yüksek Lisans :** Bahçeşehir Üniversitesi
- Enstitü Adı :** Fen Bilimleri
- Program Adı :** Enerji ve Çevre Yönetimi