

Meram ilçesindeki okullarda iç ortam hava kalitesinin değerlendirilmesi ve ilişkili faktörlerin belirlenmesi

Evaluation of indoor air quality in schools in Meram district and determination of related factors

Enes KASAPOĞLU¹ (ID), Mehmet UYAR² (ID)

ÖZET

Amaç: Okullarda iç ortamdan ve dış ortamdan kaynaklanan çeşitli kirleticiler iç ortam hava kalitesini olumsuz etkileyebilmekte ve öğrenciler bu durumdan olumsuz etkilenebilmektedir. Bu çalışmada, Meram bölgesinde okullarda sabah ve akşam hava kalite parametrelerini ve bu parametrelerin nasıl değişim gösterdiğini belirlemek ve hava kalitesiyle ilişkili faktörleri belirlemek amaçlandı.

Yöntem: Konya ili Meram ilçesinde 2 Mayıs 2023-16 Haziran 2023 tarihleri arasında yürütülen kesitsel tipte olan bu çalışmada basit rastgele yöntemle belirlenen 34 okulun derslik, kantin ve yemekhanelerinde ölçümler yapıldı. Ölçümler ders başlangıcından önce ve ders bitiminde olmak üzere günde iki kez yapıldı. Okullarda iç ortam hava kalitesi için sıcaklık, bağıl nem, hava akım hızı, NO, H₂S, SO₂, CO, CO₂ gazları ve partikül madde (>0,3 µm, >0,5 µm, >1µm, >2,5 µm, >5µm, >10 µm) ölçüldü.

Bulgular: Ölçüm yapılan okulların %76,5'i devlet okulu, %44,1'i ilkokuldu. Okulların %94,1'inde pencereler yoluyla havalandırma sağlanmaktaydı.

ABSTRACT

Objective: In schools, various indoor and outdoor pollutants can adversely affect indoor air quality and students can be negatively affected. The aim of this study was to determine the morning and evening air quality parameters and how these parameters change in schools in the Meram region and determine the factors associated with air quality.

Methods: In this cross-sectional study conducted in Meram district of Konya province between May 2, 2023 and June 16, 2023, measurements were made in classrooms, canteens and cafeterias of 34 schools determined by simple random method. Measurements were made twice a day, before the beginning and at the end of the lesson. Temperature, relative humidity, air flow rate, NO, H₂S, SO₂, CO, CO₂ gases and particulate matter (>0.3 µm, >0.5 µm, >1.0 µm, >2.5 µm, >5.0 µm, >10.0 µm) were measured for indoor air quality in schools.

Results: Of the schools measured, 76.5% were public schools and 44.1% were primary schools. Ventilation was provided through windows in 94.1% of the schools. In the morning, 94.10% of the temperature, all of the

¹Düzce Merkez Toplum Sağlığı Merkezi, Düzce, Türkiye
²Necmettin Erbakan Üniversitesi Tıp Fakültesi, Halk Sağlığı AD., Konya, Türkiye



İletişim / Corresponding Author : Enes KASAPOĞLU
Çumra İlçe Sağlık Müdürlüğü, Çumra / Konya - Türkiye
E-posta / E-mail : eneskasapoglu26@gmail.com

Geliş Tarihi / Received : 23.02.2024
Kabul Tarihi / Accepted : 20.03.2025

DOI ID : 10.5505/TurkHijyen.2026.33716

Kasapoğlu E, Uyar M. Meram ilçesindeki okullarda iç ortam hava kalitesinin değerlendirilmesi ve ilişkili faktörlerin belirlenmesi. Turk Hij Den Biyol Derg, 2026; 83(1): 15 - 28

Sabah dersliklerde ölçülen sıcaklık değerlerinin %94,10'u, bağıl nem ve CO₂ değerlerinin ise tamamı uygun aralıktaydı. Akşam ise ölçülen sıcaklık değerlerinin %47,10'u, bağıl nemin %76,50'si ve CO₂'nin ise %47,10'u uygun bulundu. Dersliklerde akşam ölçülen sıcaklık, CO₂, PM>2,5 µm, PM>5 µm ve PM>10 µm değerleri sabah ölçülen değerlerden yüksekti. Kantinlerde akşam ölçülen sıcaklık, CO₂, PM>2,5 µm ve PM>5 µm değerleri sabah ölçülen değerlerden yüksek bulundu. Kantinlerde akşam bağıl nem değeri sabah ölçülen değerden düşüktü. Yemekhanelerde akşam sıcaklığı sabah sıcaklığından yüksek, akşam bağıl nem değeri sabah bağıl nem değerinden düşük görüldü. Sınıf mevcudu 30'un üzerinde olan sınıflarda 1000 ppm CO₂ sınırı daha fazla aşılmaktaydı.

Sonuç: Dersliklerde uygun değerlerin dışına çıkan parametreler gözlemlendi. Okullarda gün sonunda hava kalitesi düşüş göstermektedir. Okullarda hava kalitesinin izlenmesi ve iyileştirilmesi için düzenlemeler yapılması gerekmektedir.

Anahtar Kelimeler: Hava kalite parametreleri, iç ortam hava kirliliği, partikül madde, okul

relative humidity and CO₂ values measured in the classrooms were within the appropriate range. In the evening, 47.10% of temperature measurements, 76.50% of relative humidity measurements and 47.10% of CO₂ measurements were in the optimum range. In classrooms, the evening temperature, CO₂, PM>2.5 µm, PM>5µm and PM>10 µm values were higher than the morning values. Temperature, CO₂, PM2.5 µm and PM>5µm values measured in the canteens in the evening were higher than the values measured in the morning. In the canteens, the evening relative humidity value was lower than the morning value. In the dining halls, the evening temperature was higher than the morning temperature and the evening relative humidity was lower than the morning relative humidity. The 1000 ppm CO₂ limit was more likely to be exceeded in classrooms with class sizes above 30.

Conclusion: In classrooms, parameters exceeding the appropriate values were observed. Air quality in schools declines at the end of the day. Arrangements need to be made to monitor and improve air quality in schools.

Key Words: Air quality parameters, indoor air pollution, particulate matter, school

GİRİŞ

Havanın bileşiminin insan sağlığını olumsuz etkileyecek ve çevresel dengeleri bozacak şekilde değişmesi hava kirliliği olarak tanımlanmaktadır (1). Kamu binası, iş yeri, ev, okul gibi kapalı ortamlardaki hava, iç ortam havası olarak adlandırılmaktadır (2). Çocuklar vücut ağırlıklarına göre daha yüksek hacimde hava soludukları, doku ve organları aktif olarak büyüdüğü için çevresel kirleticilere yetişkinlerden daha duyarlıdır. Çocuklar günlerinin %90'ını başta okullar olmak üzere kapalı ortamlarda geçirmektedir. Bu sebeple okullardaki kapalı

ortamlar özellikle önemlidir. Birçok çalışmada, iç ortam hava kirliliğinin öğrenciler ve öğretmenler için rahatlık, üretkenlik ve akademik performans açısından olumsuz etkileri bildirilmiştir (3).

Okullarda; yetersiz havalandırma, yetersiz temizlik, çok sayıda öğrencinin bir arada bulunması ve fiziksel aktivite hava kalitesiyle ilgili sorunlara yol açabilmektedir. Bunların yanında kullanılan temizlik malzemeleri, zemin kaplamaları, mobilyalar, yazıcılar, fotokopi makineleri ve el işleri için kullanılan bazı malzemeler de okullarda hava kirliliğinin kaynağı olabilmektedir. Ayrıca okulun ana yollara, sanayi kuruluşlarına yakın

olması veya şehir merkezinde bulunması okulların iç ortam hava kalitesini etkileyen faktörlerdir (3-5).

Hava kalite parametreleri; sıcaklık, bağıl nem, hava akım hızı, karbondioksit (CO₂), karbonmonoksit (CO), partikül maddeler (PM) ve kirlenici gazlar olarak sıralanabilir. Yüksek veya düşük iç ortam sıcaklıkları kişilerde çeşitli şikâyetlere yol açmakta ve bilişsel performansı olumsuz etkilemektedir (6). Uygun sıcaklık aralığı olarak 20,0-25,5 °C aralığı belirlenmiştir (7). Bağıl nemin düşüklüğü mukozalarda kuruluğa bağılı şikâyetlere ve üst solunum yolu enfeksiyonlarına, yüksekliği ise alerjik şikâyetlere yol açabilmektedir (6). Uygun bağıl nem değerinin %30-60 aralığında olduğu belirtilmektedir (7). Havalandırma iç ortamda bulunanların kirlenmiş havaya maruziyeti azaltır ve konforu olumlu etkiler (6). İç ortamlarda, temel kaynağı insan metabolizması olan CO₂ gazı için birçok ülkenin standartlarında 1000 ppm sınır değeri olarak belirlenmiştir (8). Yüksek düzeyleri öğrencilerin öğrenme performansını olumsuz etkilemektedir (9). Bunların yanında yoğunlukla dış kaynaklı kirlenici olan CO, azot oksitler (NO_x), kükürt dioksit (SO₂) ve hidrojen sülfür (H₂S) de iç ortamlarda saptanabilmektedir (3). PM, havada asılı duran katı ve sıvı parçacıkların karışımından oluşan yaygın bir hava kirlenicisidir (10). Partikülün boyutu sağlık etkileri açısından belirleyici olmaktadır. PM'lerin çapı ne kadar küçükse, o kadar derine nüfuz edebilmektedir. Burun solunumunda silialar ve mukus, çapı 10 µm'yi aşan partiküllerin çoğunu ekili bir şekilde tutar. Bu sebeple sağlık üzerindeki olumsuz etkiden 10 µm'den küçük parçacıklar sorumludur. Yaklaşık 5 ila 10 µm arasındaki parçacıklar trakeobronşiyal ağaçta birikirken, 1 ila 5 µm arasındaki parçacıklar gaz değişiminin gerçekleştiği solunum bronşiyollerinde ve alveollerde birirmektedir. Genel olarak 1 µm'den küçük parçacıklar, gaz moleküllerine benzer şekilde davranır ve bu nedenle alveollere kadar nüfuz eder, hücre dokusuna ve dolaşıma geçebilir (11). Boyutları 1 µm'nin altında olan parçacıklar gaz kirlenicilerin yoğunlaşması ve birbirleriyle tepkimeye girmeleri sonucunda meydana gelmektedir. PM'ler yoğunlukla

fosil yakıtların ve biyokütlenin yakılması sonucu oluşmaktadır (10). PM maruziyeti kardiyovasküler ve solunumsal morbidite ve mortaliteyi artırmaktadır (12).

Bu çalışmada okullarda; ders öncesi ve ders sonrası sıcaklık, bağıl nem, hava akım hızı, CO₂, CO, H₂S, SO₂, NO ve PM düzeylerini belirlemek, bu parametrelerin sabah ve akşam arasında nasıl değişim gösterdiğini ve okulların bazı özelliklerine göre hava kalite parametrelerinin nasıl değişim gösterdiğini belirlemek amaçlanmıştır.

GEREÇ ve YÖNTEM

Araştırmanın evrenini Konya ili Meram ilçesinde yer alan her kademedeki 176 devlet okulu ve 57 özel okul olmak üzere toplam 233 okul oluşturmaktaydı. Araştırmanın örneklemini G Power programıyla %5 hata payı, %80 güç ve orta etki büyüklüğü (0,50) ile bağımlı gruplarda t testi baz alınarak 2 bağımlı grup için 34 olarak hesaplandı. Ölçümler basit rastgele yöntemle belirlenmiş 26 devlet okulu ile sekiz özel okulda 2 Mayıs 2023-16 Haziran 2023 tarihleri arasında yapıldı.

Ölçüm yapılacak okulların idarecileriyle ölçümler yapılmadan önce görüşülerek yapılacak ölçümlerle ilgili bilgi verildi ve okulun kapalı alanı, temizlik sıklıkları, öğrenci sayıları, ısıtma ve havalandırma şekilleri hakkında bilgi alındı. Ölçümler; seçilen okulların belirlenen sınıf, kantin ve yemekhanelerinde yapıldı. Tüm alanlarda yapılan ölçümler sabah dersler başlamadan önce ve akşam ders bitiminde olmak üzere iki ölçüm olacak şekilde yapıldı. Ölçümler, belirlenen alanın orta noktasında, yerden en az bir metre yükseklikte olacak şekilde yapılarak kaydedildi.

İç ortamın anlık sıcaklık ve nem ölçümü için Extech RH300 marka portatif sıcaklık ve nem ölçüm cihazı kullanıldı. Uygun sıcaklık değeri 20-25,5 °C, bağıl nem seviyesi ise %30-60 olarak alındı (7). İç ortam hava akım hızı TSI 9515 marka portatif anemometre ile ölçüldü. Uygun hava akım hızı 100-500 mm/sn olarak kabul edildi (13). İç ortamda partiküller madde ölçümü Cem DT-9880 markalı portatif partiküller madde ölçüm cihazıyla yapıldı. Ölçümler ile partikül

maddelerin boyutlarına göre ($>0,3 \mu\text{m}$, $>0,5 \mu\text{m}$, $>1 \mu\text{m}$, $>2,5 \mu\text{m}$, $>5,0 \mu\text{m}$, $>10,0 \mu\text{m}$) yoğunlukları belirlendi. Okullarda partikül sayıları ile ilgili sınır değerler literatürde mevcut olmadığından partikül sayıları için uygun aralık belirlenmedi. Gaz ölçümleri Honeywell Multirae Lite marka pompalı çoklu gaz (CO , CO_2 , H_2S , SO_2 ve NO) ölçüm cihazı ile anlık olarak yapıldı. CO_2 için sınır değer 1000 ppm, CO için 9 ppm, NO için 0,1 ppm, SO_2 için 0,075 ppm, H_2S için 5 ppm alındı (14, 15).

Araştırma sonucu elde edilen veriler bilgisayar ortamına aktarılarak SPSS (Statistical Package for Social Sciences) 27.0 paket programı ile analiz edildi. Tanımlayıcı analizlerde frekans verileri sayı (n) ve yüzde (%) olarak, sayısal veriler ise ortanca (1.çeyreklik-3.çeyreklik) olarak sunuldu.

Kategorik verilerin karşılaştırılmasında ki-kare (χ^2) testi, Fisher'ın kesin ki-kare testi veya Fisher-Freeman-Halton testi kullanıldı. Sayısal verilerin normal dağılıma uygunluğu görsel (Histogram, Q-Q plot) ve analitik (Shapiro-Wilk) yöntemle değerlendirildi. Normal dağılmayan sayısal verilerin iki grupta karşılaştırılmasında; gruplar bağımlı ise Wilcoxon testi, gruplar bağımsız ise Mann-Whitney U testi kullanıldı.

Bu çalışma, Necmettin Erbakan Üniversitesi Tıp Fakültesi İlaç ve Tıbbi Cihaz Dışı Etik Kurulu'nun onayı ile gerçekleştirilmiştir (Tarih:17.03.2023, Karar no: 2023/4256). Etik kurul izninin alınmasından sonra okullarda ölçümlerin yapılabilmesi için Konya İl Millî Eğitim Müdürlüğünden 26.04.2023 tarihinde izin alındı.

BULGULAR

Ölçüm yapılan okulların %76,5'i devlet okulu idi. Okulların %17,6'sı anaokulu, %44,1'i ilkokul, %20,6'sı ortaokul, %17,6'sı lise kademesindeydi. Okulların %50,0'ında kantin, %29,4'ünde yemekhane bulunmaktaydı. Okulların %94,1'inde pencereyle havalandırma/doğal havalandırma kullanılmaktaydı. Ölçüm yapılan

dersliklerin %64,7'sinde her dersin bitiminde veya daha sık, %35,3'ünde sabah ve akşam havalandırma yapılmaktaydı. Okulların %85,3'ünde tekli öğretim uygulanmaktaydı. Okulların %35,3'ünde günde bir seferden daha fazla, %58,8'inde günde bir sefer, %5,9'unda günde bir seferden daha az sıklıkta temizlik yapılmaktaydı (Tablo 1).

Ölçüm yapılan okulların; bina yaşı ortancası 16,00 (8,75-32,00) yıl, bina alanı ortancası 600,00 (442,50-1043,00) m^2 , okulda bulunan toplam sınıf sayısı ortancası 16,00 (9,75-22,25) sınıf, okuldaki toplam öğrenci sayısı ortancası 380,00 (185,75-751,00) öğrenci, ölçüm yapılan sınıftaki öğrenci sayısı ortancası 25,00 (18,75-31,75) öğrenci, ölçüm yapılan sınıf alanı ortancası ise 38,00 (30,00-45,00) m^2 olarak tespit edildi.

Sabah dersler başlamadan önce yapılan sıcaklık ölçümlerinin %94,1'i uygun aralıktayken ($20-25,5 \text{ }^\circ\text{C}$), %5,9'u uygun aralığın altındaydı. Akşam ise %47,1'i uygun aralıkta, %52,9'u uygun aralığın üzerinde saptandı. Bağıl nem ölçümlerinin tamamı sabah uygun aralıktayken (%30-60), akşam %76,5'i uygun aralıkta %20,6'sı uygun aralığın altında %2,9'u uygun aralığın üzerindeydi. Sabah dersliklerde yapılan CO_2 ölçümlerinin tamamı sınır değer (1000 ppm) altındayken akşam yapılan ölçümlerin %47,1'i sınır değer altında %52,9'u sınır değer üzerinde bulundu. Dersliklerde sabah ve akşam ölçümlerinde bakılan hava akım hızı uygun değer (100-500 mm/sn) altındaydı. CO , H_2S , SO_2 , NO saptanmadı.

Dersliklerde akşam sıcaklıkları ortancası ($25,65 \text{ }^\circ\text{C}$) sabah sıcaklıkları ortancasından ($22,10 \text{ }^\circ\text{C}$) anlamlı düzeyde yüksekti ($p<0,001$). Dersliklerde akşam CO_2 ölçümleri sabah ölçümlerinden anlamlı düzeyde yüksekti ($p<0,001$). Dersliklerde akşam CO_2 ölçümleri ortancası (1000,00 ppm) sabah CO_2 ölçümleri ortancasından (300,00 ppm) anlamlı düzeyde yüksekti ($p<0,001$). Dersliklerde akşam $\text{PM}>2,5 \mu\text{m}$, $\text{PM}>5 \mu\text{m}$ ve $\text{PM}>10 \mu\text{m}$ ölçümleri sabah düzeylerinden istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yüksekti (sırasıyla $p=0,010$, $p=0,019$, $p=0,004$).

Tablo 1. Ölçüm yapılan okulların özellikleri

Özellik	Sayı (n)	Yüzde (%)	
Okul Türü	Devlet Okulu	26	76,5
	Özel Okul	8	23,5
Okulun Kademesi	Anaokulu	6	17,6
	İlkokul	15	44,1
	Ortaokul	7	20,6
	Lise	6	17,6
Okulda Kantin Bulunma Durumu	Var	17	50,0
	Yok	17	50,0
Okulda Yemekhane Bulunma Durumu	Var	10	29,4
	Yok	24	70,6
Havalandırma Şekli	Havalandırma sistemi	2	5,9
	Pencere/Doğal havalandırma	32	94,1
Dersliklerin Havalandırma Sıklığı	Her dersin bitiminde veya daha sık	22	64,7
	Sabah ve akşam	12	35,3
	Günde bir sefer veya daha az	0	0,0
Öğretim Şekli	İkili öğretim	5	14,7
	Tekli öğretim	29	85,3
Temizlik Sıklığı	Günde bir seferden daha sık	12	35,3
	Günde bir sefer	20	58,8
	Günde bir seferden daha az	2	5,9

Dersliklerde sabah ölçümlerinde saptanan bağıl nem, hava akım hızı, $PM_{>0,3}$, $PM_{>0,5}$, $PM_{>1}$ değerleri ile akşam saptanan değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmadı (Tablo 2).

Sabah kantinlerde yapılan sıcaklık ölçümlerinin %82,4'ü uygun aralıkta ($20-25,5$ °C), %11,8'i uygun aralığın altında ve %5,9'u uygun aralığın üzerindeydi. Akşam sıcaklıklarının %47,1'i uygun aralıkta ve %52,9'u

uygun aralığın üzerinde saptandı. Sabah kantinlerde yapılan nem ölçümlerinin tamamı uygun aralıktayken (%30-60) akşam %52,9'u uygun aralıkta iken %47,1'i uygun aralığın altındaydı. Sabah kantinlerde yapılan CO_2 ölçümlerinin tamamı sınır değerinin (1000 ppm) altındayken akşam ölçümlerinin %5,9'u sınır değerinin üzerinde bulundu. Yapılan tüm ölçümlerde hava akım hızı belirlenen uygun değerinin (100-500 mm/sn) altındaydı. CO , H_2S , SO_2 , NO saptanmadı.

Tablo 2. Dersliklerde sabah ve akşam yapılan ölçümlerin karşılaştırılması

Ölçüm	Sabah	Akşam	p
	Ortanca (1. Çeyreklik-3.çeyreklik)	Ortanca (1. Çeyreklik-3.çeyreklik)	
Sıcaklık (°C)	22,10 (21,67-23,02)	25,65 (24,07-26,90)	<0,001
Bağıl Nem (%)	39,90(36,57-43,70)	37,20(30,67-45,82)	0,211
Hava Akım Hızı (mm/sn)	0,00 (0,00-10,00)	0,00 (0,00-10,00)	0,115
CO ₂ (ppm)	300,00 (200,00-400,00)	1000,00 (700,00-1225,00)	<0,001
PM>0,3 µm (p/m ³)	961x10 ³ (672x10 ³ -1.733x10 ³)	1.296x10 ³ (916x10 ³ -2.386x10 ³)	0,248
PM>0,5 µm (p/m ³)	293x10 ³ (153x10 ³ -645x10 ³)	471x10 ³ (315x10 ³ -714x10 ³)	0,122
PM>1 µm (p/m ³)	55x10 ³ (28x10 ³ -98x10 ³)	109x10 ³ (69x10 ³ -190x10 ³)	0,057
PM>2,5 µm (p/m ³)	8.155,00 (4.488,75-21x10 ³)	23x10 ³ (10x10 ³ -41x10 ³)	0,010
PM>5 µm (p/m ³)	1.085,00 (271,25-3.158,75)	2.800,00 (700,00-9.222,50)	0,019
PM>10 µm (p/m ³)	420,00 (96,25-1.435,00)	1.190,00 (201,25-4.340,00)	0,004

Kantinlerde akşam sıcaklıkları sabah sıcaklıklarından anlamlı düzeyde yüksekti ($p<0,001$). Kantinlerde akşam sıcaklıkları ortancası (25,70 °C) sabah sıcaklıkları ortancasından (22,10 °C) anlamlı düzeyde yüksekti ($p<0,001$). Kantinlerde akşam bağıl nem değerleri sabah değerlerinden istatistiksel olarak anlamlı düzeyde düşüktü ($p=0,003$). Kantinlerde akşam bağıl nem değerleri ortancası (%30,50) sabah bağıl nem değerleri ortancasından (%40,00) anlamlı düzeyde düşüktü ($p=0,003$). Kantinlerde akşam CO₂ ölçümleri sabah ölçümlerinden anlamlı düzeyde yüksekti ($p=0,002$). Kantinlerde akşam CO₂ ölçümleri ortancası (500,00 ppm) sabah CO₂ ölçümleri ortancasından (300,00 ppm) anlamlı düzeyde yüksekti ($p=0,002$). Kantinlerde akşam PM>2,5 µm ve değerleri PM>5 µm değerleri sabah değerlerine göre anlamlı düzeyde yüksekti (sırasıyla $p=0,028$, $p=0,049$). Kantinlerde akşam PM>2,5 µm değerleri ortancası (16x10³ p/m³) sabah PM>2,5 µm değerleri ortancasından (10x10³ p/m³) anlamlı düzeyde düşüktü ($p=0,028$). Kantinlerde akşam

PM>5 µm değerleri ortancası (1.470,00 p/m³) sabah PM>5 µm değerleri ortancasından (1.365,00 p/m³) anlamlı düzeyde yüksekti ($p=0,049$). Kantinlerde sabah ölçümlerinde saptanan hava akım hızı, PM>0,3 µm, PM>0,5µm, PM>1µm, PM>10 µm değerleri ile akşam saptanan değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmadı (Tablo 3).

Sabah yemekhanelerde yapılan sıcaklık ölçümlerinin tamamı uygun aralıktayken akşam yapılan ölçümlerin %60,0'ı uygun aralıkta (20-25,5 °C) %40,0'ı uygun aralığın üzerindeydi. Sabah yemekhanelerde yapılan nem ölçümlerinin tamamı uygun aralıktayken (%30-60), akşam ölçümlerin %60,0'ı uygun aralıkta ve %40,0'ı uygun aralığın altında saptandı. Yemekhanelerde sabah ve akşam yapılan CO₂ ölçümlerinin tamamı sınır değer (1000 ppm) altındaydı. Sabah ölçüm yapılan bir yemekhanede NO düzeyi 0,5 ppm ile belirlenen eşik değer (0,1 ppm) üzerinde bulundu. Yapılan tüm ölçümlerde hava akım hızı belirlenen uygun değer (100-500 mm/sn) altındaydı. CO, H₂S, SO₂ saptanmadı.

Tablo 3. Kantinlerde sabah ve akşam yapılan ölçümlerin karşılaştırılması

Ölçüm	Sabah	Akşam	P
	Ortanca (1. Çeyreklik-3.çeyreklik)	Ortanca (1. Çeyreklik-3.çeyreklik)	
Sıcaklık (°C)	22,10 (20,75-23,65)	25,70 (24,60-27,55)	<0,001
Bağıl Nem (%)	40,00 (36,75-45,30)	30,50 (26,75-35,40)	0,003
Hava Akım Hızı (mm/sn)	0,00 (0,00-10,00)	10,00 (0,00-10,00)	0,642
CO ₂ (ppm)	300,00 (250,00-400,00)	500,00 (300,00-550,00)	0,002
PM>0,3 µm(p/m ³)	1.311x10 ³ (739x10 ³ -2.405x10 ³)	1.455x10 ³ (994x10 ³ -2.527x10 ³)	0,210
PM>0,5 µm (p/m ³)	368x10 ³ (176x10 ³ -615x10 ³)	427x10 ³ (333x10 ³ -595x10 ³)	0,149
PM>1 µm (p/m ³)	70x10 ³ (29x10 ³ -107x10 ³)	89x10 ³ (54x10 ³ -140x10 ³)	0,076
PM>2,5 µm (p/m ³)	10x10 ³ (5.565,00-28x10 ³)	16x10 ³ (8.452,50-30 x10 ³)	0,028
PM>5 µm (p/m ³)	1.365,00 (472,50-5.127,50)	1.470,00 (805,00-6.772,50)	0,049
PM>10 µm (p/m ³)	595,00 (105,00-1.995,00)	665,00 (227,50-3.062,50)	0,115

Yemekhanelerde sabah sıcaklıkları akşam sıcaklıklarından anlamlı düzeyde düşüktü (p=0,005). Yemekhanelerde sabah sıcaklıkları ortancası (22,60 °C), akşam sıcaklıkları ortancası (25,10 °C) anlamlı olarak düşüktü (p=0,005). Yemekhanelerde sabah bağıl nem değerleri akşam bağıl nem değerlerinden anlamlı olarak düştü (p=0,037). Yemekhanelerde sabah bağıl nem değerleri ortancası (%42,15), akşam bağıl nem değerleri ortancasından (%35,95) anlamlı olarak düşüktü (p=0,037). Yemekhanelerde sabah yapılan ölçümlerde saptanan hava akım hızı, CO₂, PM>0,3 µm, PM>0,5µm, PM>1µm, PM>2,5 µm, PM>5 µm, PM>10 µm değerleri ile akşam yapılan ölçümlerde saptanan değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmadı (Tablo 4).

Akşam derslik CO₂ düzeyiyle sınıftaki öğrenci sayısı karşılaştırıldığında arada istatistiksel olarak anlamlı fark bulundu (p=0,046). Aradaki fark sınıftaki öğrenci sayısının 31 ve üzeri olan grupta 1000 ppm

ve üzeri CO₂ ölçümünün daha fazla olmasından kaynaklanmaktaydı. Sınıftaki öğrenci sayısı, akşam derslik sıcaklığı ve akşam derslik bağıl nem düzeyi arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmadı (p>0,05) (Tablo 5).

Her ders bitiminde havalandırılan sınıfların sabah bağıl nem ortancası (%38,25), sabah ve akşam havalandırılan sınıfların sabah bağıl nem ortancası (%43,15) olarak bulundu. Aradaki fark istatistiksel olarak anlamlıydı (p=0,010). Dersliklerin havalandırma sıklığına göre ölçümü yapılan diğer parametreler arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmadı.

Okul türüne, kademesine ve öğretim şekline göre dersliklerde sabah ve akşam ölçülen parametrelerde anlamlı farklılık saptanmadı. Temizlik sıklığına göre derslik, kantin ve yemekhanelerde sabah ve akşam partikül sayımlarında istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptanmadı.

Tablo 4. Dersliklerde sabah ve akşam yapılan ölçümlerin karşılaştırılması

Ölçüm	Sabah	Akşam	P
	Ortanca (1. Çeyreklik-3.çeyreklik)	Ortanca (1. Çeyreklik-3.çeyreklik)	
Sıcaklık (°C)	22,60 (21,37-23,20)	25,10 (24,40-27,35)	0,005
Bağıl Nem (%)	42,15 (35,82-45,77)	35,95 (28,10-39,42)	0,037
Hava Akım Hızı (mm/sn)	0,00 (0,00-12,50)	5,00 (0,00-22,50)	0,141
CO ₂ (ppm)	300,00 (200,00-400,00)	300,00 (275,00-425,00)	0,751
PM>0,3µm(p/m ³)	1.282x10 ³ (606x10 ³ -5.138x10 ³)	1.360x10 ³ (770x10 ³ -3.426x10 ³)	0,646
PM>0,5µm (p/m ³)	359x10 ³ (183x10 ³ -1.560x10 ³)	372x10 ³ (290x10 ³ -871x10 ³)	0,878
PM>1µm (p/m ³)	60x10 ³ (42x10 ³ -270x10 ³)	96x10 ³ (64x10 ³ -142x10 ³)	0,878
PM>2,5µm (p/m ³)	10x10 ³ (7.542,50-45x10 ³)	20x10 ³ (11x10 ³ -31x10 ³)	0,959
PM>5µm (p/m ³)	1.452,50 (507,50-3.325,00)	2.345,00 (997,50-3.115,00)	0,859
PM>10µm (p/m ³)	577,50 (236,25-1.426,25)	805,00 (332,50-1.312,50)	0,721

Tablo 5. Sınıftaki öğrenci sayısı ile akşam hava kalite parametrelerinin karşılaştırılması

Özellik		Sınıftaki Öğrenci Sayısı		x ²	P
		≤30	>30		
		n (%)	n (%)		
Akşam Derslik Sıcaklık(°C)	20,00-25,50	12 (50,00)	4 (40,00)	0,283	0,440
	>25,50	12 (50,00)	6 (60,00)		
Akşam Derslik Nem(%)	<30,00	6 (25,00)	1 (10,00)	3,195	0,202
	30,00-60,00	18 (75,00)	8 (80,00)		
	>60,00	0 (0,00)	1 (10,00)		
Akşam Derslik CO ₂	<1000	14 (58,30)	2 (20,00)	4,163	0,046
	≥1000	10 (41,70)	8 (80,00)		

TARTIŞMA

Yapılan bu çalışmada Konya ili merkez Meram ilçesindeki belirlenen okullarda derslik, kantin ve yemekhanelerde derslerin başlamasından önce ve derslerin bitiminde iç ortam hava kalitesi düzeyi, iç

ortam hava kalitesiyle ilişkili faktörlerin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Derslik, kantin ve yemekhanelerde sabah yapılan sıcaklık ölçümlerinin hemen hemen tamamı araştırmada belirlenen uygun aralıkta bulunmuşken akşam yapılan ölçümlerin yaklaşık yarısı belirlenen

aralığın üzerinde görüldü. Akşam sıcaklıkları sabah sıcaklıklarına göre istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yüksek tespit edildi. Yapılan çalışmalarda da benzer şekilde sıcaklıkların gün içinde artış gösterdiği bildirildi (16, 17). Ayrıca yaz mevsiminde sıcaklıkların arttığı belirtilmiştir (18, 19). Okulların iç ortam havasının sıcaklık değerleri gün içinde değişiklik göstermektedir. Bu değişiklik sırasında sıcaklıkların uygun değerlerin dışına çıkabildiği, yapılan bu çalışma ve literatürdeki benzer çalışmalarda görülmektedir. Gün içindeki değişim dış ortam sıcaklıklarındaki günlük seyirle paralellik olduğunu düşündürmektedir. Dış ortam sıcaklığının günlük değişiminin yanında mevsimlik değişiminin de iç ortam sıcaklığı üzerinde etkisi olacaktır. Uygun aralığın dışındaki sıcaklıklar kişilerde bilişsel fonksiyonları olumsuz etkileyebilmektedir (6). Bu yüzden özellikle sınıflardaki sıcaklıkların uygun aralıkta tutulması önemlidir.

Bu çalışmada; derslik, kantin ve yemekhanelerde ölçülen bağıl nem değerlerinin tamamının uygun aralıkta olduğu belirlendi. Akşam ise dersliklerdeki ölçümlerin yaklaşık %75'inin, kantin ve yemekhanelerdeki ölçümlerin yaklaşık yarısının uygun aralıkta olduğu saptandı. Dersliklerde sabah ve akşam bakılan bağıl nem düzeyleri arasında anlamlı farklılık yokken, kantin ve yemekhanelerde akşam bağıl nem düzeyleri sabah bakılan değerlerden daha düşük tespit edildi. Ryan ve ark. (20) yaptıkları çalışmada sabah ve öğlen saatlerinde bağıl nemin düştüğünü bildirmiştir. Gün boyunca bağıl nem düzeyini ortalama %30 olarak saptamışlardır. Diğer bir çalışmada da iç ortam bağıl nem düzeyleri dış ortamdaki değerlere yakın olarak ölçülmüştür (21). Kantin ve yemekhanelerde yapılan çalışmalarda da gün içinde bağıl nem düzeyleri uygun aralıkta bildirilmiştir (16, 17). Yapılan bir çalışmada bağıl nemin sıcak mevsimde daha düşük olduğu görülmüştür (19). Bu çalışmada dersliklerdeki bağıl nem düzeyinde gün içinde anlamlı bir değişim gözlenmemesinin, kantin ve yemekhanelerde ise gün içinde akşama doğru bağıl nem düzeyinin düşmesinin sebebi bu alanlardaki öğrenci yoğunluğunun farklılığından

kaynaklanmış olabilir. Öğrencilerin dersliklerde uzun süre geçirmeleri, derslik havasındaki bağıl nem düzeyinin düşmesini önlemiş olabilir. Okullarda bağıl nem düzeyinin ölçümlerin çoğunda uygun düzeyde bulunmuş olması hava kalitesi açısından olumlu bir bulgudur. Sıcaklıkta olduğu gibi bağıl nem de dış ortamdaki hava koşullarından etkilenmektedir dolayısıyla ölçüm yapılan dönemdeki hava koşulları da bağıl nemin uygun aralıkta seyretmesine katkıda bulunmuş olabilir.

Yapılan tüm ölçümlerde hava akım hızı belirlenen uygun aralığın altında bulundu. Yeterli havalandırılmayan ortamlarda üst solunum yolu enfeksiyonları gibi bulaşıcı hastalıkların yayılımı kolaylaşmaktadır (22). Ölçümler pencereler ve kapılar kapalı olarak yapıldığından ve okulların hemen hemen hiçbirinde havalandırma sistemi bulunmadığından hava akım hızının düşük olması beklenen bir sonuçtur. Okullarda pencerelerin havalandırma amacıyla yeterince kullanılmadığı soğuk ve yağışlı mevsimlerde sınıflarda havalandırmanın yetersiz olacağı söylenebilir.

Yapılan bu çalışmada, dersliklerde sabah ölçülen CO₂ değerlerinin tamamı 1000 ppm'in altında bulunurken, akşam ölçülen değerlerin yarısında bu değerin aşıldığı belirlendi. Ayrıca dersliklerde akşam ölçülen CO₂ düzeyinin, sabah ölçülen CO₂ düzeyinden yüksek olduğu görüldü. Turanjanin ve ark. (23) tarafından yapılan çalışmada sınıfların hemen hepsinde ortalama CO₂ düzeyleri 1000 ppm üzerinde bulunmuş yarısından çoğunda gün içinde 2000 ppm ve üzerinde değerler ölçüldüğü bildirilmiştir. Yurtseven (24) tarafından yapılan ölçümlerde; çoğu okulda 1000 ppm üzerinde, okulların yarısında ise 2000 ppm'in üzerinde değerler bildirilmiştir. Yıldız (25) tarafından yapılan araştırmada ise en yüksek değerler kış aylarında ölçülmüşken en düşük değerler haziran ve eylül aylarında ölçüldüğü belirtilmektedir. Yapılan çalışmaların sonuçlarında da görüldüğü üzere dersliklerde yetersiz havalandırma sık görülen bir sorundur. Yapılan bu çalışmada ise gün sonunda yapılan ölçümlerin yarısının sınır değeri aşmış

olması, sınır değerin aşılmadığı sınıflarda yeterli havalandırmanın sağlanabildiğini göstermektedir. Çalışmanın yürütüldüğü okulların tamamına yakını pencereler yoluyla havalandırılmaktaydı. Dolayısıyla ölçüm yapılan mevsim itibarıyla sınıfların daha fazla havalandırılması mümkün olmuş ve ölçümleri olumlu yönde etkilemiş olabilir. Soğuk ve yağışlı mevsimlerde havalandırması yetersiz sınıfların oranının artması olasıdır.

Sınıf mevcudu 30'un üzerinde olan sınıflarda akşam 1000 ppm ve üzerinde CO₂ düzeyinin daha fazla olduğu bulundu. Dorizas ve ark. (26) CO₂ konsantrasyonlarının artan öğrenci sayısı ile beraber arttığını bildirmiştir. Sınıf havasındaki CO₂'in kaynağı içeride bulunan bireylerdir. Dolayısıyla artan sınıf mevcudu ile CO₂ düzeylerinin yükselmesi yeterli havalandırma sağlanamadığında kaçınılmazdır.

Kantinlerde sabah ölçülen CO₂ değerlerinin tamamı 1000 ppm'in altındayken, akşam ölçümlerinin %5,9'unda bu değer aşıldığı ve akşam ölçülen CO₂ düzeyleri sabah değerlerinden yüksek bulundu. Yemekhanelerde ise sabah ve akşam ölçümlerinin tamamı 1000 ppm'in altında saptandı ve sabah ve akşam ölçümleri arasında anlamlı farklılık görülmedi. Yapılan bir çalışmada kantinde gün içinde 500-2000 ppm aralığında değerler ölçülmüş ve en yüksek ölçümler öğlen saatlerinde yapılmıştır (16). Yemekhanelerde yapılan bir çalışmada, gün içinde CO₂ düzeyi 500-1000 ppm aralığında seyretmiştir (27). Kantin ve yemekhanelerde dersliklere göre daha düşük CO₂ düzeyleri görülmektedir. Kantin ve yemekhanelerin öğrenciler tarafından gün içinde daha kısa sürelerde ve daha düşük yoğunluklarda kullanılması bu duruma sebep olmaktadır. Bu alanlarda yemek saatlerinde ve teneffüslerde daha yüksek değerler beklenebilir.

Derslik, kantin ve yemekhanelerde CO saptanmadı. Yapılan bazı çalışmalarda, kantin ve yemekhanelerde yüksek düzeyde CO saptandığı bildirilmiştir (28, 29). CO yanma olayından kaynaklanan bir gazdır ve okullardaki CO çoğunlukla yakınlardaki yollardan kaynaklanmaktadır (3).

Ölçümlerin yapıldığı okullar bu tip alanlara yakın konumlanmamış olabilir. Kantin ve yemekhanelerde ise pişirme için kullanılan ocaklardan kaynaklı olarak tespit edilebilir.

Derslik, kantin ve yemekhanelerde yapılan ölçümlerde H₂S saptanmadı. Bu kirlenici genellikle su arıtma tesisleri, atık bertaraf tesisleri ve bazı endüstri tesislerinden salınmaktadır. Dolayısıyla bu tip tesislere yakın konumlanmış okullarda iç ortam havasında saptanabilmektedir (3). Çalışmaya dâhil edilen okulların çevresinde bu tesisler bulunmuyor olabilir.

Derslik, kantin ve yemekhanelerde yapılan ölçümlerde SO₂ saptanmadı. Yurtseven (24) tarafından yürütülen araştırmada sınıflarda ortalama 16 ppm SO₂ saptanmıştır. Bu gazın kaynağı kömür içeren kömür gibi yakıtların yakılmasıdır. Dış ortam kaynaklı bir kirlenicidir. Özellikle çevresinde ısıtma amacıyla kömür kullanılan yapılar bulunan okullarda SO₂ bulunabilir.

Derslik ve kantinlerde NO saptanmazken, bir yemekhanede NO bulundu. Yapılan bir çalışmada, kenar mahallede bulunan okulda şehir merkezinde bulunan okula göre daha yüksek NO değeri saptanmıştır. Araştırmacılar iç ortam NO konsantrasyonuyla dış ortam konsantrasyonları oranlandığında bu kirlenicinin hem iç hem dış ortam kaynağı bulunduğu yorumunu yapmışlardır (30). Portekiz'de yürütülen bir çalışmada ise eşik değerleri aşmadığı bildirilmiştir (19). NO yanma kaynaklı bir gazdır. Bundan dolayı çoğunlukla dış ortamdan kaynaklanmaktadır (3). Kantin ve yemekhanelerde pişirme işlemlerinden de kaynaklanabilir. Yalnızca bir ölçümde tespit edilmiş olması diğer ölçümler yapıldığı sırada pişirme işlemi yapılmaması ya da pişirme işleminin ayrı bir yerde yapılmasından kaynaklanmış olabilir. Çalışmamızda ölçümlerin ısıtmanın kullanılmadığı mevsimde yapılmış olması NO saptanmamasında etkili olmuş olabilir. Seçilen okullar işlek caddelere yakın olarak konumlanmamış olabilir. NO saptanmaması hava kalitesi açısından olumlu bir bulgu olarak değerlendirilebilir.

Akşam dersliklerde $PM>2,5\mu m$, $PM>5\mu m$ ve $PM>10\mu m$ değerleri sabah değerlerinden yüksek bulundu. Kantinlerde ise akşam ölçülen $PM>2,5\mu m$ ve $PM>5\mu m$ değerleri sabah ölçümlerinden yüksek belirlendi. Okullarda partikül maddelerin yüksekliği çoğunlukla; yetersiz temizlik, yetersiz havalandırma, öğrenci yoğunluğunun yüksek olması ve fiziksel aktivite ile ilişkilidir (3). Sabah ölçümlerindeki $PM>2,5\mu m$, $PM>5\mu m$ ve $PM>10\mu m$ değerlerinin daha düşük olması ve akşam ölçümlerinde yüksek bulunması; gece boyunca bu partiküllerin çökmesi ve gün içinde sınıflardaki hareketlilik nedeniyle tekrar havaya karışmalarından kaynaklanmaktadır. Akşam ölçümlerinin öğrenciler çıktıktan hemen sonra yapılması o saatlerdeki yoğun hareketlilikten dolayı partikül madde miktarlarını artırmış olabilir. Kantin ve yemekhanelerde yapılan pişirme işlemi de partikül madde miktarında artışa yol açabilir. Yapılan bir çalışmada, yemek pişirme bölümünün öğrencilerin kullanım alanından ayrı olmadığı kantinde ayrı olan kantinin 8,5 katı PM_{10} saptanmıştır (31). Yemekhanelerde akşam saatlerinde partikül sayılarının farklı bulunmaması ölçümlerin yemek saatinde yapılmamış olmasından kaynaklanmış olabilir. Yemekhaneler yemek saati dışında kullanılmadıklarından fiziksel aktivite de partikül düzeyini etkilememiştir. Kantinler her teneffüste kullanılabildiğinden $PM>2,5\mu m$ ve $PM>5\mu m$ değerleri fiziksel aktivite ve belki pişirme süreçleri etkisiyle gün içinde yükselmiştir. Yapılan bir çalışmada, PM_1 , $PM_{2,5}$ ve PM_{10} ölçümleri yapılmış ve tespit edilen $PM_{2,5}$ miktarının önemli bir kısmını PM_1 'in oluşturduğu bildirilmiştir. Gün içinde ise PM_{10} diğerlerinden daha fazla artış göstermekle beraber çalışmada belirlenen eşik değerlerin altında olduğu görülmüştür (19). Özellikle çapı $1\mu m$ 'nin altında olan partiküller kan dolaşımı rahatlıkla geçebildiğinden bu partiküller sağlık etkileri bakımından yakından izlenmelidir. Mohammadyan ve ark. (32) tarafından yapılan bir çalışmada, iç ortamdaki partikül düzeyinin dış ortamdaki PM düzeyleri ve hava koşullarından etkilendiği bildirilmiştir. Bu çalışmada dış ortamda

partikül ölçümleri yapılmamıştır ancak dış ortamdaki partikül değerlerinin de gün içinde değişim göstermesi ve bunun da sınıflardaki partikül sayısını etkilemiş olması olasıdır. PM 'ler yanma sonucu ortaya çıkabilen kirleticiler olduğundan ölçüm yapılan okulların yollara uzaklığı da ölçüm sonuçlarını etkilemiş olabilir.

Sonuç olarak; okulların tüm bölümlerinde yapılan ölçümlerde gün içinde sıcaklığın yükseldiği ve sıklıkla uygun aralığın dışına çıktığı belirlendi. Sıcaklıkları uygun aralıkta tutmak için özellikle sınıflarda iklimlendirme sistemleri önerilebilir. Okullarda yeterli hava akımının sağlanmadığı görüldü. Okulların yapım aşamasında yeterli hava dolaşımı sağlanacak şekilde planlama yapılması ve mümkünse havalandırma sistemleri kurulması gerekmektedir. Bunlar mümkün olmadığında hava şartları uygun olduğunda pencereler sık sık açılarak hava şartları uygun olmadığında ders aralarında ya da öğrencilerin okulda bulunmadığı saatlerde pencereler açılarak havalandırma sağlanmaya çalışılmalıdır.

Akşam dersliklerde yapılan ölçümlerde CO_2 konsantrasyonlarının başta mevcudu $30'$ ün üzerine çıkan sınıflarda olmak üzere belirlenen sınır değerleri sıklıkla aştığı görülmektedir. Bunun önlenmesi için sınıflarda havalandırma artırılmalı ve sınıf mevcutları sınırlandırılmalıdır. Farklı mevsimlerde ve farklı hava koşullarında hava kalitesinin nasıl değiştiğinin tespit edilebilmesi için yılın içinde çok sayıda ölçümün yapıldığı çalışmalara ihtiyaç vardır. Özellikle kış döneminde dış ortam hava kirliliğindeki artışın ve soğuk havanın havalandırma imkanını kısıtlamasının iç ortam hava kalitesine etkisi bu yolla daha iyi ortaya konulabilir.

Bu çalışmanın bazı kısıtlılıkları vardır. İlk olarak ölçümler sabah ve akşam olmak üzere günde iki kez yapıldı. Gün içinde gerçekleşen tüm değerler kayıt altına alınamadı. Bundan dolayı gün içinde gerçekleşen minimum ve maksimum değerler tam olarak tespit edilememiş olabilir. Ayrıca ölçümler farklı günlerde yapıldığından hava şartlarında meydana gelen değişimler iç ortamdaki ölçümleri de etkilemiş olabilir. Yıl içinde farklı dönemlerde

ölçüm yapılmadığından ölçümler yalnızca yılın belirli dönemini yansıtmaktadır. Okulların farklı bölgelerde yer alması da dış ortamda farklı hava koşulları ve kirlilik düzeyinin ölçümleri etkilemiş olması ihtimalini

doğurmaktadır. Hava kalite parametrelerinin öngördürücülerinin belirlenebilmesi için anlamlı bir regresyon modeli kurulamaması da bir diğer kısıtlılık olarak belirtilebilir.

ETİK KURUL ONAYI

* Bu çalışma, Necmettin Erbakan Üniversitesi Tıp Fakültesi İlaç ve Tıbbi Cihaz Dışı Etik Kurulu'nun onayı ile gerçekleştirilmiştir (Tarih:17.03.2023, Karar no: 2023/4256).

ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazarlar bu makale ile ilgili herhangi bir çıkar çatışması bildirmemişlerdir.

KAYNAKLAR

1. Güler Ç, Akın L. Halk Sağlığı Temel Bilgiler. 3. Baskı. Ankara: Hacettepe Üniversitesi Basımevi, 2015.
2. Güler Ç, Çobanoğlu Z. Kapalı Ortam Hava Kirlenmesi. Ankara: Sağlık Bakanlığı, 1994.
3. De Gennaro G, Dambruoso PR, Loiotile AD, Di Gilio A, Giungato P, Tutino M, et al. Indoor air quality in schools. Environmental Chemistry Letters, 2014;12:467-82.
4. Kotzias D. Indoor air and human exposure assessment-needs and approaches. Exp Toxicol Pathol, 2005;57(Suppl 1):5-7.
5. Destailats H, Maddalena RL, Singer BC, Hodgson AT, McKone TE. Indoor pollutants emitted by office equipment: A review of reported data and information needs. Atmospheric Environment, 2008;42(7):1371-88.
6. Wolkoff P, Azuma K, Carrer P. Health, work performance, and risk of infection in office-like environments: The role of indoor temperature, air humidity, and ventilation. Int J Hyg Environ Health, 2021;233:113709.
7. ASHRAE, Standard 62.1-2007 user's manual. American society of heating, refrigerating and air-conditioning engineers; 2007.

8. Azuma K, Kagi N, Yanagi U, Osawa H. Effects of low-level inhalation exposure to carbon dioxide in indoor environments: A short review on human health and psychomotor performance. *Environ Int*, 2018;121(1):51-6.
9. Fan Y, Cao X, Zhang, J, Lai D, Pang L. Short-term exposure to indoor carbon dioxide and cognitive task performance: A systematic review and meta-analysis. *Build Environ*, 2023;237:110331.
10. WHO. Air Quality Guidelines Global Update 2005. World Health Organization, 2005.
11. Kim KH, Kabir E, Kabir S. A review on the human health impact of airborne particulate matter. *Environ Int*, 2015;74, 136-43.
12. Demir LS. Aktuđ Demir N. Hava. In: Demir LS. Sağlık bilimleri iin evre sağlığı. 1. Baskı. Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık; 2023:89-116.
13. Őaşmaz T, Öner S, Buğdaycı R, Kurt AÖ, Öner H, Güler . Büro Ergonomisi. Sağlık Boyutuyla Ergonomi Hekim ve Mühendisler İin. Güler ., ed. Ankara: Palme Yayıncılık. 2004:345-61.
14. ASHRAE. Indoor environmental health. ASHRAE handbook-fundamentals. Atlanta: ASHRAE; 2017.
15. EPA. United States Environmental Protection Agency. Healthy buildings healthy people a vision for the 21st century. USA; 2001. p. 1-8.
16. Işık E, ibuk S. Yemekhaneler ve kantinlerde i hava kalitesi ile ilgili ölçüm sonuçları ve analizi - Tunceli Üniversitesi örneği. *Dicle Üni Müh Fak Müh Derg*, 2015;6(1):39-50.
17. Dede G, Dede C. Determination of Indoor Air Quality in University Student Canteens. *Sakarya Uni J Sci*, 2021;25(6), 1322-31.
18. Godwin C, Batterman SA. Indoor air quality in Michigan schools. *Indoor Air*, 2007; 17(2):109-21.
19. Branco PTBS, Alvim-Ferraz MCM, Martins FG, Sousa SIV. Quantifying indoor air quality determinants in urban and rural nursery and primary schools. *Environ Res*, 2019;176:108534.
20. Ryan I, Deng X, Thurston G, Khwaja H, Romeika X, Zhang W et al. Measuring students' exposure to temperature and relative humidity in various indoor environments and across seasons using personal air monitors. *Hyg Environ Health Adv*, 2022;4(7):100029.
21. Asif A, Zeeshan M, Jahanzaib M. Indoor temperature, relative humidity and CO2 levels assessment in academic buildings with different heating, ventilation and air-conditioning systems. *Build Environ*, 2018;133:83-90.
22. Fisk WJ. Estimates of potential nationwide productivity and health benefits from better indoor environments: an update. In: J. Spengler, JM Samet, J.F McCarthy. *Indoor Air Quality Handbook*. New York: McGraw Hill, 2001: 1-36.
23. Turanjanin V, Vuičević B, Jovanović M, Mirkov N, Lazović I. Indoor CO2 measurements in Serbian schools and ventilation rate calculation. *Energy*, 2014;77:290-6.
24. Yurtseven E. İki farklı coğrafi bölgedeki ilköğretim okullarında i ortam havasının insan sağlığına etkileri yönünden değerlendirilmesi. Doktora Tezi. İstanbul Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, 2008.
25. Yıldız M. İ hava kalitesinin ilkokullarda araştıırılması. Yüksek Lisans Tezi. Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2008.
26. Dorizas PV, Assimakopoulos MN, Helmis C, Santamouris M. An integrated evaluation study of the ventilation rate, the exposure and the indoor air quality in naturally ventilated classrooms in the mediterranean region during spring. *Sci Total Environ*, 2015;502:557-70.

27. Alves CA, Vicente ED, Evtuygina M, Vicente AM, Nunes T, Lucarelli F, et al. Indoor and outdoor air quality: A university cafeteria as a case study. *Atmosph Poll Res*, 2020;11(3):531-44.
28. Woolley K, Bartington S, Pope F, Thomas G, Kabera T. Characterisation of carbon monoxide concentrations associated with biomass fuel cooking in two university canteen settings, Kigali Rwanda. *Environ Epidemiol*, 2019;3(Suppl 1):444.
29. Sushma R, Shilpa Shet S. Indoor air quality monitoring in college campus. *Int J Innov Res Sci Engin Tech*, 2015;4(7):5931-6.
30. Demirel G, Özden Ö, Döğeroğlu T, Gaga EO. Personal exposure of primary school children to BTEX, NO₂ and ozone in Eskişehir, Turkey: Relationship with indoor/outdoor concentrations and risk assessment. *Sci Total Environ*, 2014;473-474:537-548.
31. Zhang X, Li F, Zhang L, Zhao Z, Norback D. A longitudinal study of sick building syndrome (SBS) among pupils in relation to SO₂, NO₂, O₃ and PM₁₀ in schools in China. *PLoS One*, 2014;9(11):e112933.
32. Wang J, Smedje G, Nordquist T, Norbäck D. Personal and demographic factors and change of subjective indoor air quality reported by school children in relation to exposure at Swedish schools: a 2-year longitudinal study. *Sci Total Environ*, 2015;508(1):288-96.
33. World Health Organization (WHO). Health effects of particulate matter: Policy implications for countries in eastern Europe, Caucasus and central Asia. Copenhagen:WHO Regional Office for Europe, 2013.