



# Üniversite toplu kullanım alanlarında iç ortam hava kalitesinin iş sağlığı ve güvenliği açısından değerlendirilmesi

## Indoor air quality in university public use areas evaluation in terms of occupational health and safety

Yeşim Yılmaz<sup>1</sup> , Ayşegül Bayın Sariahmetoğlu<sup>2,\*</sup> 

<sup>1,2</sup> İstanbul Teknik Üniversitesi, İşyeri Sağlık ve Güvenlik Birimi Koordinatörlüğü, 34467, Maslak-Sarıyer, İstanbul Türkiye

### Öz

Üniversite çalışanları ve öğrenciler yaşamlarının büyük bir bölümünü kapalı ortamlarda geçirmekte ve bu ortamlarda bulunan hava kirleticilerine maruz kalmaktadırlar. Bir devlet üniversitesinde yapılan bu çalışmada, ders çalışma, yemek yeme ve sosyal aktivitede bulunma gibi farklı aktivitelerin yapıldığı alanlarda, iç ortam hava kalitesi (İOHK) parametrelerinden sıcaklık, nem ve CO<sub>2</sub> konsantrasyonu ölçümleri yapılmış ve sonuçları analiz edilmiştir. Farklı havalandırma tesisatlarına sahip bu alanlardan alınan veriler sonucunda, İOHK parametrelerinden CO<sub>2</sub> konsantrasyonunu ile sıcaklığın kişi sayısı ve yapılan aktiviteye göre doğrusal değiştiği tespit edilmiştir. CO<sub>2</sub> konsantrasyon verilerinin yemek yeme alanlarında 1000 ppm üzerine çıktığı, ders çalışma aktivitesinin yapıldığı alanlarda havalandırma tesisatı olmasına rağmen kişi sayısının artmasıyla bu değerlerin 1000 ppm civarında olduğu görülmüştür. Nem ve sıcaklık değerlendirmesinde, ortamda havalandırma tesisatı bulunmasıyla birlikte, maruz kalınan değerlerin standart limit değerlerini aşmadığı görülmüştür. Sonuçlar, sürdürülebilir iş sağlığı ve güvenliği bakışıyla irdelenmiş, mühendislik tedbirleri yönünden değerlendirme yapılarak çözüm önerileri sunulmuştur.

**Anahtar kelimeler:** İç ortam hava kalitesi, Hasta bina sendromu, Salgın hastalık, Sürdürülebilir iş sağlığı ve güvenliği

### 1 Giriş

İnsan yoğunluğunun fazla olduğu üniversite ortamlarında iç ortam hava kalitesi (İOHK), alanı kullanıcıların kapalı alanlarda çalışma, dinlenme, yaşama vb. faaliyetlerini yapmaları, bu ortamlarda sağlıklı ve verimli olmaları açısından önemlidir. İnsanların yaşamlarının yaklaşık %90'ını kapalı mekanlarda geçirmeleri hususu da göz önüne alındığında, İOHK'nın insanların yaşam konforunu etkileyen önemli bir kavram olduğu anlaşılmaktadır [1-3].

İOHK kavramı, kapalı bir alan içerisinde yaşayan insanların, iç mekan hava kalitesi, aydınlatma, termal konfor, akustik, içme suyu, ergonomi, elektromanyetik radyasyon vb. gibi parametrelere maruz kalmaları olarak açıklanabilir [4]. Çalışma hayatımızda İOHK parametrelerinin standart değerlerin üzerinde olması, günümüz insanların önemli

### Abstract

University staff and students spend most of their lives indoors and are exposed to air pollutants in these environments. In this study conducted at a state university, temperature, humidity and CO<sub>2</sub> concentration measurements were made from indoor air quality (IAQ) parameters and the results were analyzed in areas where different activities such as study, eating and social activities are carried out. As a result of the data obtained from these areas with different ventilation installations, it has been determined that the CO<sub>2</sub> concentration and temperature, which are among the IOHK parameters, vary linearly according to the number of people and the activity. CO<sub>2</sub> concentration data was found to exceed 1000 ppm in dining areas, and although there is ventilation in the areas where study activities are carried out, these values were observed to be around 1000 ppm as the number of people increased. In the humidity and temperature evaluation, it was observed that the exposure values did not exceed the standard limit values, even though there was a ventilation system in the environment. The results were examined from the perspective of sustainable occupational health and safety, and solutions were presented by evaluating in terms of engineering measures.

**Keywords:** Indoor air quality, Sick building syndrome, Epidemic, Sustainable occupational health and safety

sağlık konularından biri haline gelmiştir. Öyle ki 1970'li yıllardan itibaren çok sık duyduğumuz "Hasta Bina Sendromu" (Sick Building Syndrome-SBS), bina kaynaklı hastalıkların, okullarda öğrenim performansının ve ofis ortamlarında çalışanların verimliliklerinin azalması gibi sağlık ve verimlilik sorunlarını beraberinde getirmektedir. [5, 6]. Bu sendromun sonucunda, iş ile ilişkili olarak kapalı ortamlarda bulunan kişilerin cilt, solunum sistemi, mukoz membran şikayetleri ile baş ağrısı, halsizlik ve konsantrasyon bozukluğu yaşadıkları tespit edilmiştir [7].

İş sağlığı ve güvenliği açısından İOHK parametrelerinin üniversite ortamlarında değerlendirildiği ve literatüre kazandırılan çalışma sayısı çok azdır. Ülkemizde iş sağlığı ve güvenliği uygulamalarının ana çerçevesini 6331 Sayılı İş Sağlığı Ve Güvenliği Kanunu belirlemektedir [8]. İlgili

\* Sorumlu yazar / Corresponding author, e-posta / e-mail: aysegbayin@itu.edu.tr

Geliş / Received: 13.06.2023 Kabul / Accepted: 22.09.2023 Yayınlanma / Published: 15.10.2023

doi: 10.28948/ngumuh.1313830

kanun, iş sağlığı ve güvenliği uygulamalarının yürütülmesi amacıyla yapılması gereken işlemleri belirtmesinin yanı sıra, çalışanların ve işverenlerin yasal hak ve sorumluluklarını belirlemede, uyulması gereken hususların göz ardı edilmesi ya da uyulmaması halinde idari ceza uygulamalarını bünyesinde barındırmaktadır. Bir çalışma ortamında öncelikli olarak yapılması gereken tehlike ve risklerin belirlenmesi amacıyla oluşturulan risk değerlendirme dokümantasyonu sürecinde, çalışma ortamında yapılacak iş hijyen ölçümlerinden İOHK parametrelerinin bu süreçte belirlenmesi, ortamda bulunan kişilerin bu etkenlere maruziyet seviyelerinin saptanması, sürekli iyileştirmelerin sağlanması amacıyla kullanılan havalandırma tesisatlarının yıllık periyodik kontrollerinin yapılması önemli hususlardır [9-11].

Uluslararası ve ulusal literatürde, İOHK parametrelerinden sıcaklık, nem ve CO<sub>2</sub> konsantrasyonu değerlerinden elde edilen verilerin kabul edilebilir İOHK parametrelerine göre irdelendiği çalışmalar mevcuttur. Özellikle dünyamızda son yıllarda yaşanan COVID-19 salgın sürecinde, İOHK daha önemli hale gelmiş, çalışan sağlığının korunmasına yönelik alınabilecek önlemler çerçevesinde, önceliklendirilen İOHK parametrelerinde değişikliklere gidilmeye başlanmıştır. Ortam sıcaklık ve nem değerleri değiştirilerek ortamın CO<sub>2</sub> konsantrasyon değişimi incelenmeye başlanmıştır. Araştırma ve geliştirme faaliyetlerinin yapıldığı üniversite ortamlarında, iç ortam havasında biyolojik, kimyasal vb. maddelerin varlığından dolayı, İOHK parametrelerine daha fazla önem verilmesi gerektiği, bu parametrelerin hem çalışanları hem de üniversite öğrencilerini doğrudan etkilediği unutulmamalıdır.

Kapalı alanlarda çok sayıda hava kirleticisi bulunmaktadır. Bu hava kirleticilerinin tipleri ve ortamdaki miktarları, binanın konumuna, aynı bina içindeki odadan odaya ve ortamda gerçekleşen faaliyetlere bağlı olarak değişiklik gösterebilmektedir. İnsan etkinliklerinden doğrudan etkilenen ve en önemli kaynağı canlıların solunumu olan CO<sub>2</sub>, renksiz, kokusuz ve yanıcı olmayan bir gazdır. ASHRAE 62.1-2022 ve ASHRAE 62.2-2022 standartlarında tanımlanan verilere göre CO<sub>2</sub> gazı iç ortam havasında 1000 ppm ve altında ise iç ortam havası normal kabul edilmektedir. Dış ortam havasındaki miktarı ise 350 (678 mg/m<sup>3</sup>) ve 400 ppm (775 mg/m<sup>3</sup>) arasında değişmektedir [12,13].

İOHK açısından diğer önemli parametreler olan ortamın sıcaklık ve nem değerleri, kişilerin buldukları alanda ısı konforunu etkileyen özelliklerdir. Bir iç ortamda ASHRAE 55-2020 ve ISO 773 standartlarına göre kapalı alanlarda sıcaklık değerlerinin 20-24°C civarında tutulması, nemin ise %25-45 aralığında olması gerekmektedir [14-16]. Dolayısıyla, kapalı alanlarda kabul edilebilir sıcaklık ve nem değerlerini sağlamak için ortam havalandırmasının mekanik sistemli ve etkin seviyede olması beklenmektedir.

ASHRAE 62.2-2022 standardında iç ortam hava kalitesi, 4 farklı ortam değerlendirilmesine göre sınıflandırılmıştır. Bu standarda göre uygun hava kalitesi ortamları oluşturulmak isteniyorsa, havalandırma sistemlerinin türü, bu sistemlerin ortamdaki havayı nasıl sirküle edeceği ya da

ortamdan uzaklaştırılacağı, iç ortam havasının hangi şartlarda başka alanda kullanılabileceği gibi teknik düzenlemeler belirtilmektedir [12].

İtalya'da iki orta öğretim kurumuna ait sınıflarda CO<sub>2</sub> konsantrasyonu açısından yapılan çalışmada, konsantrasyon düzeylerinin doğal ve mekanik havalandırma sistemlerine göre değiştiği açıkça saptanmıştır. Doğal olarak havalandırılan ve tipik doluluk oranına sahip sınıflarda, asemptomatik bir bireyin varlığı durumunda, diğer bireylerin bu durumdan hemen etkilendiği, mekanik havalandırma sistemine sahip alanlarda ise bu etkileşim durumunun azaldığı sonucuna varılmıştır [17-19]. Ülkemizde yapılan bir diğer çalışmada, bir devlet üniversitesinde bulunan yemekhane ve kantin alanlarında İOHK parametrelerinden sıcaklık, nem ve CO<sub>2</sub> konsantrasyonu ölçümleri değerlendirmesi yapılmıştır. Doğal havalandırma sistemine sahip bu alanların İOHK verilerinin kişi yoğunluğuna bağlı olarak önemli ölçüde değiştiği saptanmıştır [20].

Okullarda İOHK'nın nem, sıcaklık ve CO<sub>2</sub> konsantrasyonları konusunda yapılan çalışmaların sonucunda, öğrencilerin nefes alıp verme hızlarına ve ortam hava kalitesine bağlı olarak bilişsel performanslarının etkilendiği çalışmalar da mevcuttur [21]. Ayrıca, İOHK'nın bu parametrelerinin standart limit değerleri aşmasına bağlı olarak, öğrencilerin okul devamsızlıklarının arttığı ve öğrenme performanslarının olumsuz etkilendiği tespit edilmiştir [22-25].

Son yıllarda İOHK parametrelerinden özellikle CO<sub>2</sub> konsantrasyonunun miktarının belirlenip değerlendirildiği çalışmalarda, doğal havalandırmaya sahip derslik ortamlarında kış aylarında konsantrasyon miktarlarının standart limit değerlerini aştığı ve mekanik havalandırma sistemlerine geçişlerin önerildiği görülmektedir [26-28]. Bazı çalışmalarda, yine doğal havalandırma sistemine sahip ortamlarda bulunan kişilerin dersliklerde sürekli aktivitelerine devam etmeleri halinde, ortam CO<sub>2</sub> konsantrasyonunun sürekli arttığı ve 4000 ppm limitlerine ulaştığı tespit edilmiştir. [29]. Toronto (Kanada)'da kurumsal bir binada yapılan bir diğer çalışmada da sıcaklık ile CO<sub>2</sub> konsantrasyonu arasındaki ilişki değerlendirilmiş, mekanik havalandırma sistemine sahip alanlarda, sıcaklığın 23°C'nin altına indirilmesiyle CO<sub>2</sub> konsantrasyonunun maksimum 900 ppm ile eşik değer olan 1000 ppm'in altında tutmayı başardıkları görülmüştür. [30-32]. Bu çalışmalarda, ortama sabitlenen cihazlardan sürekli bulunan verilerle İOHK değerlendirilmesi yapılmıştır.

Bu çalışmada, bir devlet üniversitesinde doğal ve mekanik havalandırma sistemine sahip yemekhane servis alanında, kütüphanede ve merkezi derslik alanlarında İOHK parametrelerinden nem, sıcaklık ve CO<sub>2</sub> konsantrasyonunun tespitleri yapılmıştır. Elde edilen veriler, üniversite ortamlarında iş sağlığı ve güvenliği bakış açısıyla sürdürülebilir yaşam ortamları oluşturulabilmesi yönünden değerlendirilmiş, benzer kullanım alanlarına sahip kullanıcılara bilimsel veri kaynağı oluşturulması amaçlanmıştır.

## 2 Materyal ve metod

İnsan yoğunluğunun fazla olduğu üniversite ortamlarında, İOHK parametrelerinden olan CO<sub>2</sub> konsantrasyonu, sıcaklık ve nem verilerinin incelendiği bu çalışmada, doğal ve mekanik havalandırma sistemlerine sahip farklı çalışma alanları tercih edilerek, elde edilen verilerin iç hava kalitesi ile havalandırma sistemlerine göre değerlendirilmesi yapılmıştır. Sonbahar ve kış aylarında alınan verilerle, iklim şartlarına göre irdeleme gerçekleştirilmiştir. İOHK'nin CO<sub>2</sub> konsantrasyonu, sıcaklık ve nem parametrelerine göre verilerinin alındığı cihaz, CO<sub>2</sub> konsantrasyonu için ayrı proba sahip, portatif, lazerle anlık veri alan, Extech marka SD800 Dataloggeri model bir cihazdır. Yemekhane Servis (yemek yeme salonu) alanına, kütüphanede sessiz ders çalışma bölgesine ve toplu kullanım alanlarından olan Merkezi Derslik-A'ya yerleştirilen cihazlar, sabit tek bir noktadan veri almışlardır. Belirlenen alanlara sabitlenen cihazlardan 60 sn süreyle sürekli veriler alınmış ve sonuçları, standartlarda belirtilen limit değerlere göre değerlendirilmiştir.

İOHK parametrelerinden olan CO<sub>2</sub> konsantrasyonu, sıcaklık ve nem değerleri, ortamın doğal ya da mekanik havalandırma sistemi türüne göre değişmektedir [6, 33]. **Tablo 1.**'de bazı ortamlara göre kategorize edilen ortam hava kalite sınıfları ve bu mevcut ortamların havalanmasının sirküle edilip edilemeyeceği bilgilerini içeren özet tablo içeriği sunulmuştur. Bu bilgilerle çalışma ortamında mekanik havalandırma sistemi kurulmak isteniyorsa, ortam koşullarına göre nasıl sistem kurulması gerektiği belirtilmektedir [12].

**Tablo 1.** Bazı hava kalite sınıfları ve hava kalitesinin sirküle ve transfer edilip edilemeyeceğini içeren özet bilgileri [12].

Ortam	Hava kalite sınıfı	Havanın sirküle edilip edilemeyeceği
Derslik/Sınıf	Sınıf 1	Ortam havasına yeniden sirküle ve transfer edilebilir.
Laboratuvar	Sınıf 2	Kendi sınıfında sirküle ve transfer edilebilir. Sınıf 1'e gönderilemez Sınıf 3 ve 4'e gönderilebilir.
Mutfak/ Restaurant	Sınıf 2	Kendi sınıfında sirküle ve transfer edilebilir Sınıf 1'e gönderilemez Sınıf 3 ve 4'e gönderilebilir.
Tehlikeli maddelerin kullanıldığı alanlar	Sınıf 3	Kendi sınıfında sirküle ve transfer edilebilir. Başka sınıf kategorilerine gönderilemez.
Mutfak davlumbazları	Sınıf 4	Sirküle ve transfer edilmez
Çeker ocaklar	Sınıf 4	Sirküle ve transfer edilmez

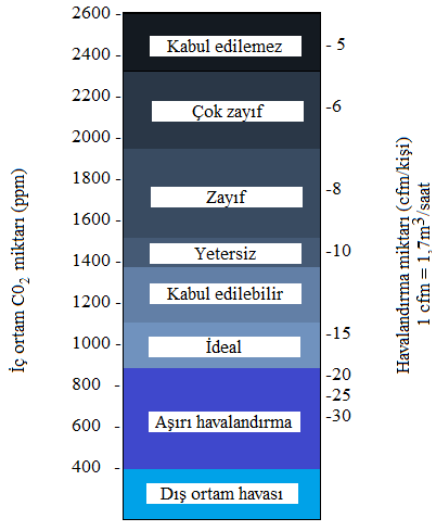
Yapılan bu çalışmada, cihaz yerleştirilen alanlarda, hava kalite sınıflarına uygun iç ortam hava kalitesi değerlendirilmesi de yapılmıştır. İç ortam yemek yeme alanında mekanik havalandırma sistemi yapılmak isteniyorsa, ASHRAE 62.1-2022 standardına göre tesisat Sınıf-2'ye göre kurulmalı ve bu tesisattan diğer bölgelere hava sirküle edilecekse, havalandırma tesisat düzeni bu sınıf türünün şartlarına göre düzenlenmelidir. Yemek üretiminin olduğu alanlarda hava kalite sınıfının Sınıf-3 düzeyinde olması ve havalandırma sisteminin ortam havasını alıp filtreleyerek ortamdaki uzaklaştırması, herhangi bir bölgeye iletilmemesi gerekmektedir.

**Tablo 2.**'de, bu çalışma kapsamında cihaz konumlandırılan alanlarda, mekanik havalandırma sisteminin olup olmadığı ve havalandırma tesisatının hangi hava kalite sınıfına göre kurulduğu bilgisi paylaşılmıştır. Çalışmanın yapıldığı Merkezi Derslik-A bölgesinde kantin bulunmaktadır. Yemekhane servis bölgesinde yemek dağıtımı yapılırken, yemekhane üretim alanına geçiş söz konusu değildir. Ancak yemekhane üretim ve servis bölgelerinde temizlik yapılırken, alanlar arası ara bölme kapıları açılmaktadır. Kütüphane ders çalışma bölgesine yerleştirilen alanda herhangi bir yeme-içme faaliyeti yoktur.

**Tablo 2.** Ortam ölçüm cihazı yerleştirilen alanlardaki mekanik havalandırma sistemi varlığı ve şekli

Konum	Havalandırma Sistemi	Havalandırma Sistemi Türü	Hava kalite sınıfı
Yemekhane Servis	Yok-Doğal	-	-
Kütüphane	Var-Mekanik	Mekanik Emiş+Mekanik Beslemeli	Sınıf 1
Merkezi Derslik-A	Var-Mekanik	Mekanik Emiş+Doğal Beslemeli	Sınıf 1

İOHK parametrelerinden olan ortamın CO<sub>2</sub> konsantrasyonu, hava kalitesi için önemli bir parametredir. Kapalı ortamlardaki en etkili CO<sub>2</sub> üreticisi insanlardır. Eğer bir mahaldeki insan sayısı ikiye katlanırsa CO<sub>2</sub> miktarı da artan insan sayısı ile doğru orantılı olarak ikiye katlanır. Eğer mahaldeki insan sayısı azalırsa, CO<sub>2</sub> miktarı da buna paralel olarak azalmaktadır [34]. Akademik çalışmaların yapıldığı üniversite ortamlarında kapalı alan kullanıcılarının, iç mekanlarda sağlıklı bir ortamda vakit geçirmeleri ve aktivitelerini yapmaları açısından İOHK'nın CO<sub>2</sub> konsantrasyonu, uluslararası standartlarda belirtilen limit değerlerde olması gerekmektedir. Kapalı bir ortamda CO<sub>2</sub> konsantrasyonu ile ortamın havalandırması arasındaki ilişki **Şekil 1.**'de gösterilmektedir. Kapalı ortamın, alan kullanıcılarının aktivitelerine göre uygun havalandırma sistemine sahip olması beklenmektedir [33, 34]. Havalandırma miktarının ortamdaki CO<sub>2</sub> konsantrasyonuna bağlı olarak değişimini gösteren şekilde, CO<sub>2</sub> konsantrasyonunun 1000 ppm değerinde ve kişi başı düşen hava miktarının saatte 15 m<sup>3</sup> olması halinde ideal iç ortam hava şartlarının oluştuğu görülmektedir.



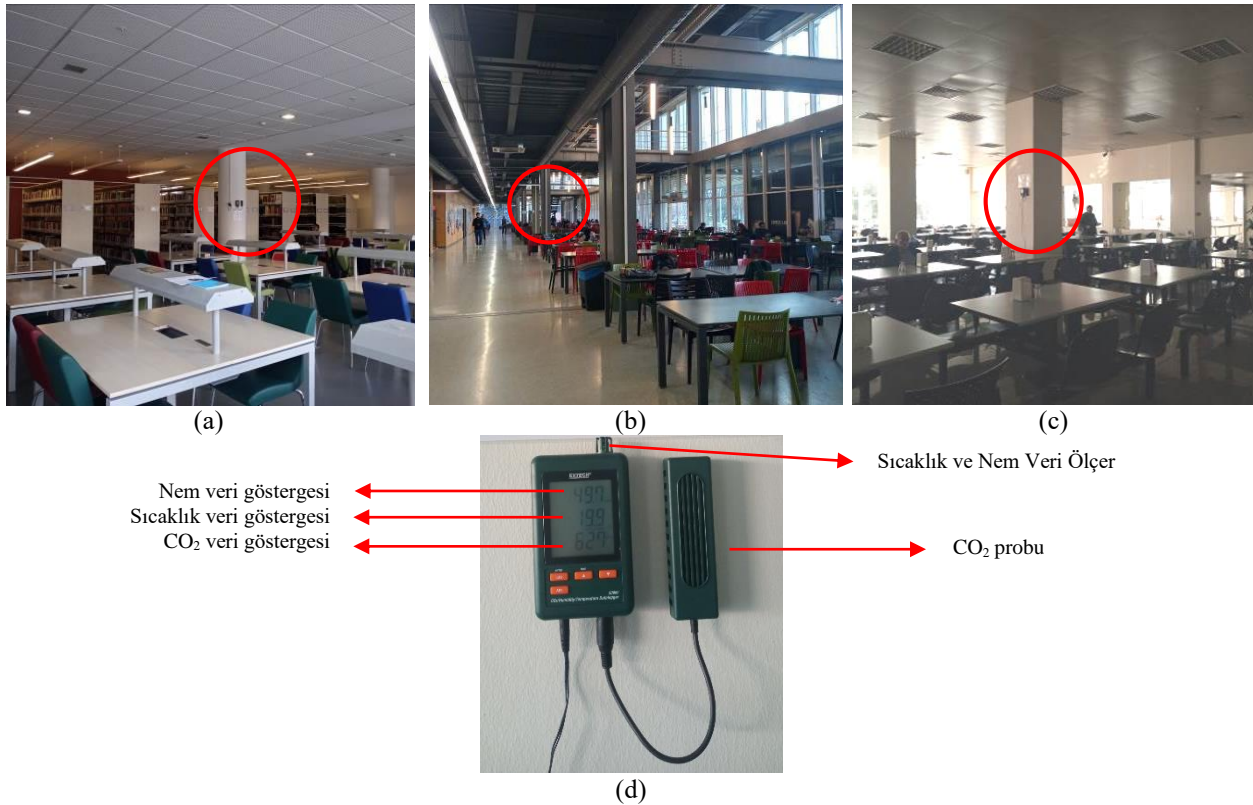
Şekil 1. CO<sub>2</sub> konsantrasyonu ve havalandırma miktarı arasındaki ilişki [33].

6331 Sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu ve mevzuatlarında kişi başına düşen hava miktarı bilgisi net olarak yoktur. Ulusal mevzuatımızdan olan ve günümüzde kullanılmayan İşçi Sağlığı ve Güvenliği Tüzüğü'nde çalışanlarda kişi başına düşen hava miktarı 10 m<sup>3</sup> iken, koğuşlarda bu miktar 12 m<sup>3</sup>'dür [35].

Ortam ölçüm cihazları ölçüm yapılacak hacim duvarına veya kolonuna monte edilmiştir. Montaj alanı seçiminde ölçüm alınacak bölgedeki kişi sayısının en yoğun olabileceği bölgeler tercih edilmiştir. Cihazda ek olarak bulunan CO<sub>2</sub> probu, cihaz yanına ve cihazla aynı yükseklikte olacak şekilde konumlandırılmıştır. Tablo 3.'te cihazların konumlandırıldıkları bölge ve hacim bilgileri ile cihazdan veri alınırken aynı anda ortamda bulunan ortalama kişi sayı bilgileri yer almaktadır. Şekil 2.'de cihazların konumlandırıldıkları bölgeler ve kullanılan cihazın görseli yer almaktadır. Ölçüm alındığı anda ortamda bulunan maksimum kişi sayısı yönünden yapılan değerlendirmede, kişi başına düşen ortalama m<sup>3</sup> hava miktarı hesaplanmıştır.

Tablo 3. Ortam ölçüm cihazlarının konumlandırılma bölgelerinin genel bilgileri

Konum	Yer	Alan Hacim Bilgileri (m <sup>3</sup> -enxboyxyyükseklik)	Aynı Anda Alanda Bulunan Ortalama Kişi Sayısı	Kişi Başına Düşen Yaklaşık Hava Miktarı-m <sup>3</sup>
Yemekhane Servis	Giriş - Salon 2	787.5 m <sup>3</sup> (15x15x3,5)	252	3.1 m <sup>3</sup>
Kütüphane	Giriş - Büyük Salon	504 m <sup>3</sup> (12x14x3)	80	6.3 m <sup>3</sup>
Merkezi Derslik-A	Giriş	1400 m <sup>3</sup> ((20x5x4)+(20x5x10))	200	7 m <sup>3</sup>



Şekil 2. Ortam ölçüm cihazının konumlandırılma görselleri ile cihazın gösterge görseli (a) kütüphane (b) merkezi derslik-A (c) yemekhane servis (d) cihaz ve göstergeleri

İOHK'nin iklimlendirme şartlarına ve ortamda bulunan kişi sayısına bağlı olarak değiştiği, insan yoğunluğunun fazla olduğu alanlarda havalandırma sisteminin teknik yönden seçiminin de önemli olduğu, yapılan çalışmalarla da görülmüştür [33, 36, 37].

### 3 Bulgular ve tartışma

Bir devlet üniversitesinde, kullanım amacı ve kullanıcı yükü farklı olan üç bölgede alınan verilerle İOHK'nin normal çalışma koşullarının değerlendirildiği bu çalışmada, hasta bina sendromu gibi İOHK'ye bağlı olan parametrelerin iş sağlığı ve güvenliği bakışıyla irdelemesi yapılmıştır. Alınan verilere istinaden iç ortamda alınması gereken tedbirlere yönelik bilimsel bir çalışma gerçekleştirilmiştir.

En genel belirtileriyle baş ağrısı, yorgunluk ve konsantrasyon eksikliği olarak bildiğimiz hasta bina sendromu, bu çalışmada sıcaklık, nem ve CO<sub>2</sub> konsantrasyonu parametreleri yönünden incelenmiştir. Kapalı ortamlarda en fazla vakit geçirilen sonbahar ve kış aylarında, bu parametrelerin verileri alınarak değerlendirilmiştir.

Tablo 4.'te Kütüphane, Merkezi Derslik-A ve Yemekhane Servis alanlarında, Eylül 2022 – Mart 2023 aylarında tespit edilen en yüksek nem değerleri ile tespit yapıldığı aynı güne ait en düşük nem değerleri gösterilmiştir.

Aylık olarak en yüksek İOHK parametrelerinin alınarak değerlendirildiği verilerde, kütüphanede iç ortam nem değerinin genellikle öğlene kadar en yüksek seviyelerde olduğu görülmüştür. Cihazın yerleştirildiği salon, sessiz ders çalışıldığı ve konuşmanın gerçekleşmediği bir iç mekandır. Sonuçlardan, iç ortamda nem değerinin genellikle %40'ı aştığı ve uluslararası kabul edilen nem değerinin üzerine çıktığı tespit edilmiştir. Kütüphane 7x24 sürekli kullanılan olan bir alandır. Öğrencilerin normal öğrenim sürecinden

sonra kütüphanede ders çalıştıkları sürekli gözlenmiştir. Nem değerlerinin, en yüksek veri alınan gündeki en düşük olduğu zaman aralıkları 12:00 – 20:00 saatleri arasındadır. Genel nem verileri incelendiğinde sabah saatlerinde ortam nem değerlerinin daha yüksek olduğu görülmüştür.

Kütüphanede mekanik havalandırma tesisatı mevcuttur ve sürekli çalışmaktadır. Kütüphane mekanik havalandırma tesisatının filtre değişimleri ve kabin temizlikleri yıllık yapılmaktadır. Havalandırma tesisatı kabinleri bodrum katta olup, kirli hava, filtrasyon işleminden sonra atmosfere verilmekte, atmosferden de temiz hava alınarak filtrasyon kabinlerine gelmektedir. Havalandırma tesisatının hem kirli hava çıkış hem de temiz hava giriş kabinleri filtrelerle temizlenmektedir.

Merkezi Derslik-A binasında bulunan mekanik havalandırma tesisatının 6 (altı) aylık filtre değişimleri yapılmaktadır. Havalandırma tesisatı kabinleri her katta konumlandırılmıştır. Kabinlerden çıkan kirli hava ile temiz hava kabinlerine gelen hava, binanın çatısında bulunan hava kanallarından ana bacalara bağlanmaktadır. Kirli hava filtrasyon işleminden sonra atmosfere verilmekte, atmosferden de temiz hava alınarak filtrasyon kabinlerine gelmektedir. Mekanik havalandırma sistemi ilk bahar, yaz ve sonbahar aylarında çalıştırılmamaktadır. Cihazın yerleştirildiği Merkezi Derslik-A giriş katından alınan verilerin %40 nem değerini genellikle aştığı ve uluslararası kabul edilen nem değerinin üzerine çıktığı tespit edilmiştir. Bu alan 7x24 aktif olan bir alandır. Öğrencilerin eğitim ve öğretim faaliyetinden sonra saat 17:30'tan itibaren alanda grup halinde ders çalıştıkları gözlenmiştir. Öğrencilerin büyük çoğunluğu gece yarısını hemen geçtikten sonra alandan ayrılmaktadır. İç ortam nem değerinin genellikle öğlene kadar en yüksek seviyelerde; gece yarısından sonra da en düşük seviyelerde olduğu görülmüştür.

Tablo 4. Nem değerlerinin en yüksek olduğu tarihte alınan en yüksek ve en düşük veriler

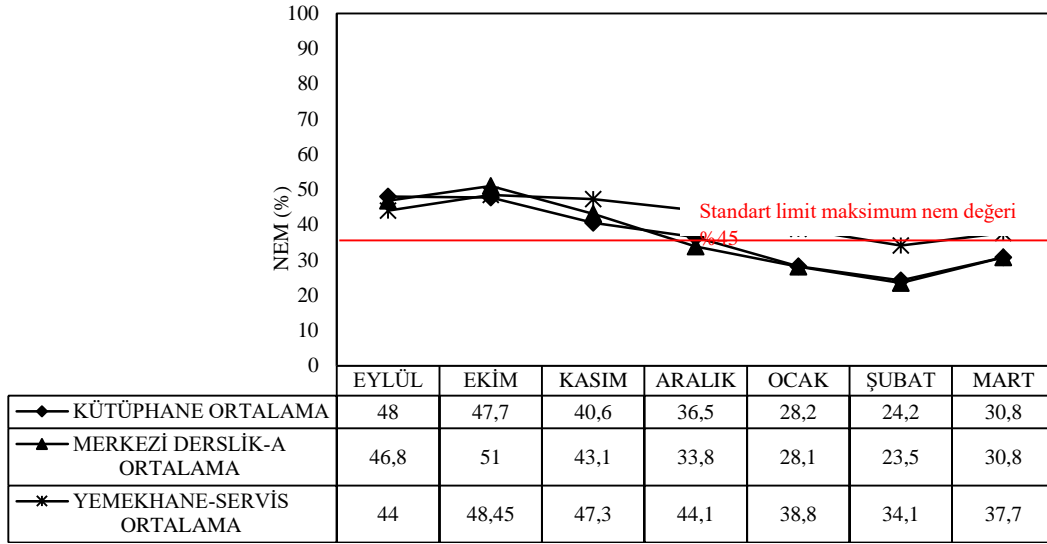
Konum	Veri Alınan Aylar	En Yüksek Nem Veri Tarihi	En Yüksek Nem Veri Değeri (%)	Saati	Aynı Gün En Düşük Nem Veri Değeri (%)	Saati
Kütüphane	Eylül	29.09.2022	64	04:08	49.5	18:15
	Ekim	1.10.2022	60.9	08:44	43.8	18:04
	Kasım	6.11.2022	54.9	23:25	35.2	12:44
	Aralık	16.12.2022	54.7	09:32	43.1	13:50
	Ocak	6.01.2023	37.7	12:11	25.8	15:54
	Şubat	1.02.2023	40.6	09:13	21.7	23:24
	Mart	26.03.2023	41.2	15:22	30.9	03:48
Merkezi Derslik-A	Eylül	18.09.2022	67.4	07:57	39.1	21:13
	Ekim	2.10.2022	67.9	12:20	44.1	02:53
	Kasım	3.11.2022	63.1	10:31	46.8	00:11
	Aralık	1.12.2022	57.2	19:05	43.7	04:28
	Ocak	2.01.2023	40.4	11:10	23.9	15:44
	Şubat	28.02.2023	41	13:40	23	02:20
	Mart	26.03.2023	47	14:17	22.6	00:12
Yemekhane Servis	Eylül	28.09.2022	69.1	08:11	48.3	00:15
	Ekim	16.10.2022	66.7	13:09	50.7	19:23
	Kasım	3.11.2022	65.2	11:36	50.1	00:01
	Aralık	15.12.2022	64.3	17:34	41.5	01:50
	Ocak	12.01.2023	55.3	09:14	39.8	14:36
	Şubat	2.02.2023	56	07:43	23.9	14:30
	Mart	26.03.2023	55	13:41	38.7	00:00

Yemekhane servis alanında mekanik havalandırma tesisatı yoktur. Doğal havalandırma ile havalandırma yapılmaktadır. Yemek servisi öğlen 11:30 – 14:00, akşam da 17:00 – 19:00 saatleri arasında yapılmaktadır. Elde edilen nem veri değerleri sonuçlarından, ortam nem değerinin uluslararası standartları çok fazla aştığı ve en düşük ortam nem değerinin %55 olduğu tespit edilmiştir. Sabah saatlerinde nem değerlerinin yükselmesinin sebebinin, yemekhane üretim kısmının kapılarının açılması olduğu anlaşılmaktadır. Genel veriler incelendiğinde, akşam yemek yeme saatlerinde nem değerlerinin gün içerisindeki en yüksek rakamları gördüğü, en düşük nem değerlerinin ise binanın kullanılmadığı gece yarısından sonraki saatlerde olduğu tespit edilmiştir.

Şekil 3.'te nem verileri, cihaz yerleştirilen alanlarda aylık ortalamaları alınarak gösterilmiştir. Aylık ortalamaların

Eylül, Ekim ve Kasım 2022 aylarında uluslararası standart limit değerleri genellikle aştığı; kış aylarında limit değerlerin altında kaldığı görülmüştür. Ocak 2023 ayındaki değerlerin düşüşünün sebebi, akademik takvime bağlı olarak final sınavlarının tamamlanmasıyla birlikte öğrencilerin alanları boşaltmalarıdır.

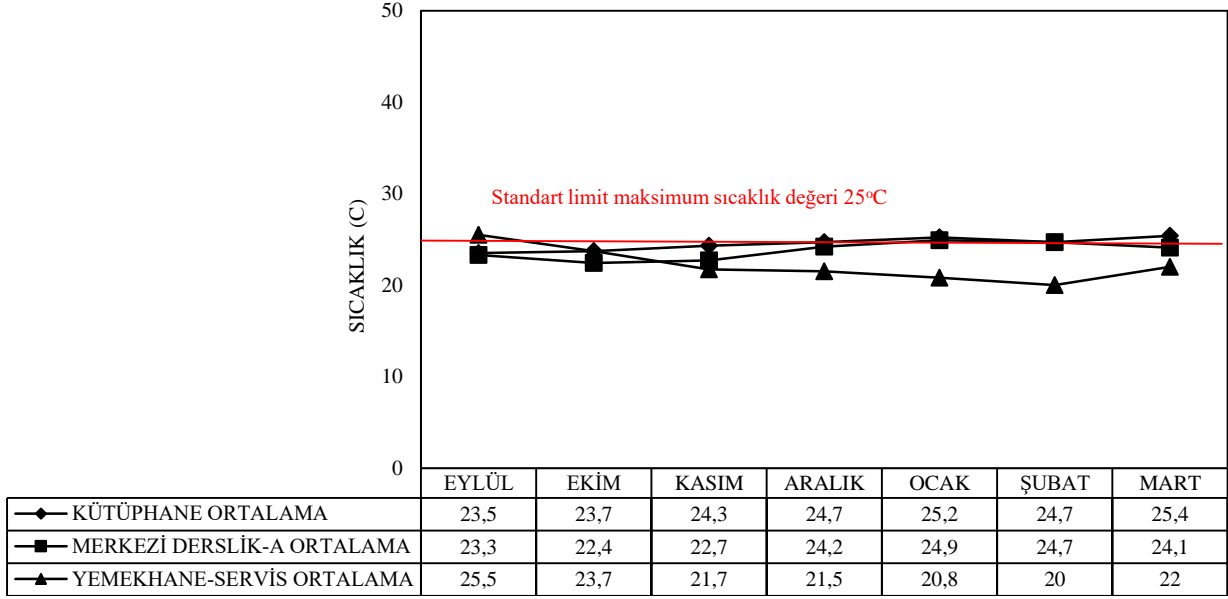
6 Şubat 2023 tarihinde ülkemizde yaşanan ve 11 ilimizi etkileyen deprem felaketi nedeniyle, bu tarihten sonra alınan veri değerlerinde önceki aylara göre düşüş gözlenmiştir. Çalışmanın yapıldığı üniversitede akademik bahar yarıyılı başlangıcı 6 Şubat 2023'tür. Deprem felaketi nedeniyle bu tarihten itibaren dersler uzaktan yapılmıştır. Çalışmanın yapıldığı üniversitede akademik çalışmaların lisansüstü seviyede devam etmesi sebebiyle, bu tarihten itibaren yerleşke, lisansüstü öğrenciler ve personeller tarafından aktif halde kullanılmıştır.



Şekil 3. Nem değerlerinin aylık ortalama veri grafiği

Tablo 5. Sıcaklık değerlerinin en yüksek olduğu tarihte alınan en yüksek ve en düşük veriler

Konum	Veri Alınan Aylar	En Yüksek Sıcaklık Veri Tarihi	En Yüksek Sıcaklık Veri Değeri (%)	Saati	Aynı Gün En Düşük Sıcaklık Veri Değeri (%)	Saati
Kütüphane	Eylül	30.09.2022	26.6	16:47	24.2	16:15
	Ekim	1.10.2022	26.8	16:25	25	07:14
	Kasım	21.11.2022	27.2	14:17	25.8	07:27
	Aralık	29.12.2022	26.6	15:40	25	09:13
	Ocak	18.01.2023	26.7	14:54	25.4	01:33
	Şubat	22.02.2023	27.7	13:39	26.2	21:49
	Mart	8.03.2023	27.3	16:59	24.9	03:50
Merkezi Derslik-A	Eylül	16.09.2022	26.4	13:02	24.2	21:13
	Ekim	2.10.2022	24.7	09:42	21.8	23:53
	Kasım	18.11.2022	26.6	14:45	23.8	00:00
	Aralık	25.12.2022	28.9	13:48	23.3	23:36
	Ocak	18.01.2023	28.9	05:43	25.6	23:24
	Şubat	19.02.2023	28.9	13:19	27.4	18:26
Yemekhane Servis	Mart	05.03.2023	28.3	11:36	23.7	23:50
	Eylül	18.09.2022	29.1	11:34	26.8	05:36
	Ekim	01.10.2022	28	10:46	26	05:58
	Kasım	21.11.2022	25.3	12:58	22.3	05:00
	Aralık	30.12.2022	25.8	14:23	21.3	07:44
	Ocak	27.01.2023	25.7	19:09	20.1	07:49
	Şubat	22.02.2023	26.2	13:46	21	07:31
Mart	09.03.2023	26.1	11:33	21.8	07:50	



Şekil 4. Sıcaklık verilerinin aylık ortalama veri grafiği

Tablo 5.'te cihaz yerleştirilen alanların Eylül 2022 – Mart 2023 aylarında tespit edilen en yüksek sıcaklık değerleri ile tespiti yapıldığı aynı güne ait en düşük sıcaklık değerleri gösterilmiştir. Alınan veri sonuçlarına göre en yüksek sıcaklık değerlerinin standartlarda belirtilen limit değerler olan 24-25°C sıcaklık değerlerini aştığı tespit edilmiştir.

Şekil 4.'te sıcaklık verilerinin, aylık ortalamaları alınarak oluşturulan grafik gösterilmiştir. Aylık ortalamaların genellikle uluslararası standart limit değerleri içerisinde yaklaşık 24°C civarlarında kaldığı görülmüştür. Kış aylarında ısıtma yapılmasından dolayı sıcaklık değerlerinin arttığı tespit edilmiştir. Ocak 2023 ayındaki değerlerin düşüşünün sebebi, akademik takvime bağlı olarak final sınavlarının tamamlanmasıyla birlikte öğrencilerin alanları boşaltmalarıdır.

Sıcaklık değerlerinin, en yüksek veri alınan gündeki zaman aralıkları 12:00 – 17:00 saatleri arasındadır. Genel sıcaklık verileri incelendiğinde sabah ve gece saatlerinde ortam sıcaklık değerlerinin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Kütüphaneden alınan sıcaklık verilerinin 15:00 – 17:00 saatleri arasında en yüksek değerleri gördüğü, genel verilerin incelemesinde de 18:00 – 22:00 saatleri arasında ortam sıcaklığının 25°C'den yüksek olduğu tespit edilmiştir. Kütüphanenin ısıtma sistemleri, merkezi ısıtma sistemli, merkezi havalandırma sistemli ve elektrik kaynaklı olarak üç farklı türde yapılmaktadır. Elektrik kaynaklı ısıtmalarda konvektörler kullanılmaktadır. Merkezi havalandırma ve merkezi ısıtma sistemine bağlı ısıtmalarda sıcaklık, kış aylarında 24-25°C'lerde sabitlenmektedir. Yaz aylarında sadece merkezi havalandırma sistemi kullanılmakta ve sıcaklık 24°C'de sabitlenerek iklimlendirme yapılmaktadır. Yaz ve kış aylarında merkezi havalandırma sistemi sürekli çalışmaktadır. Merkezi ısıtma sistemi ile konvektörle ısıtma sadece kış aylarında kullanılmaktadır.

Merkezi Derslik-A binasında ısıtma sadece kış aylarında, merkezi havalandırma ile fan coil kullanılarak

yapılmaktadır. İlk bahar, yaz ve sonbahar aylarında merkezi havalandırma çalıştırılmadığından dolayı sıcak havalarda, alanlarda bulunan salon tipi klimalarla iklimlendirme yapılmaktadır. Merkezi Derslik-A binasından alınan sıcaklık verilerinin 11:00 – 14:00 saatleri arasında en yüksek değerleri gördüğü, tüm verilerin incelenmesinde bu saatler arasında sıcaklık değerinin ortam sıcaklığının 25°C'den yüksek olduğu tespit edilmiştir. Merkezi Derslik-A binasında cihazın konumlandırıldığı bölgeye yakın kantin bulunmaktadır. Kantinde hızlı hazırlanan yemek pişirme ve hazırlama işlemleri yapılmaktadır. Sıcaklık değerlerinin bu saatlerde yüksek olmasının sebebi, ortamda bulunan öğrenci sayısına bağlı olarak kantinin de etkin biçimde kullanılmasıdır.

Yemekhane servis alanında, öğlen yemek yeme saatlerinde, sıcaklık değerlerinin en yüksek değerlerde olduğu görülmüştür. Verilerin genel incelemesinde de sonbahar aylarında ve akşam yemek yeme saatlerinde sıcaklık değerlerinin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu dönemde ve özellikle 18:00 – 19:00 saatleri arasında sıcaklıkların 27°C civarında olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 6.'da CO<sub>2</sub> konsantrasyon değerlerinin en yüksek olduğu tarihte alınan en yüksek ve en düşük değerler listelenmiştir. Aylık ortalamaların genellikle uluslararası standart limit değerleri içerisinde, fakat sınır değerlere yakın olduğu görülmüştür.

Kütüphaneden alınan CO<sub>2</sub> konsantrasyon verilerinin değerlendirilmesinde, ortamda bulunan kişi sayısına bağlı olarak değerlerin belirgin şekilde arttığı, özellikle akademik takvime göre final sınavlarından önce Aralık 2022 ayının sonlarına doğru bu değerlerin standart limit değerlerin üzerinde çıktığı tespit edilmiştir. En yüksek verilerin akşam 18:30 – 21:30 saatleri arasında, en düşük değerlerin de genellikle sabahın ilk saatlerinde olduğu görülmüştür. Veri sonuçlarından havalandırma sisteminin kullanılmasına rağmen hem sıcaklık hem nem hem de CO<sub>2</sub> konsantrasyon değerlerinin standart limit değerlerini aştığı tespit edilmiştir.

**Tablo 6.** CO<sub>2</sub> konsantrasyon değerlerinin en yüksek olduğu tarihte alınan en yüksek ve en düşük veriler

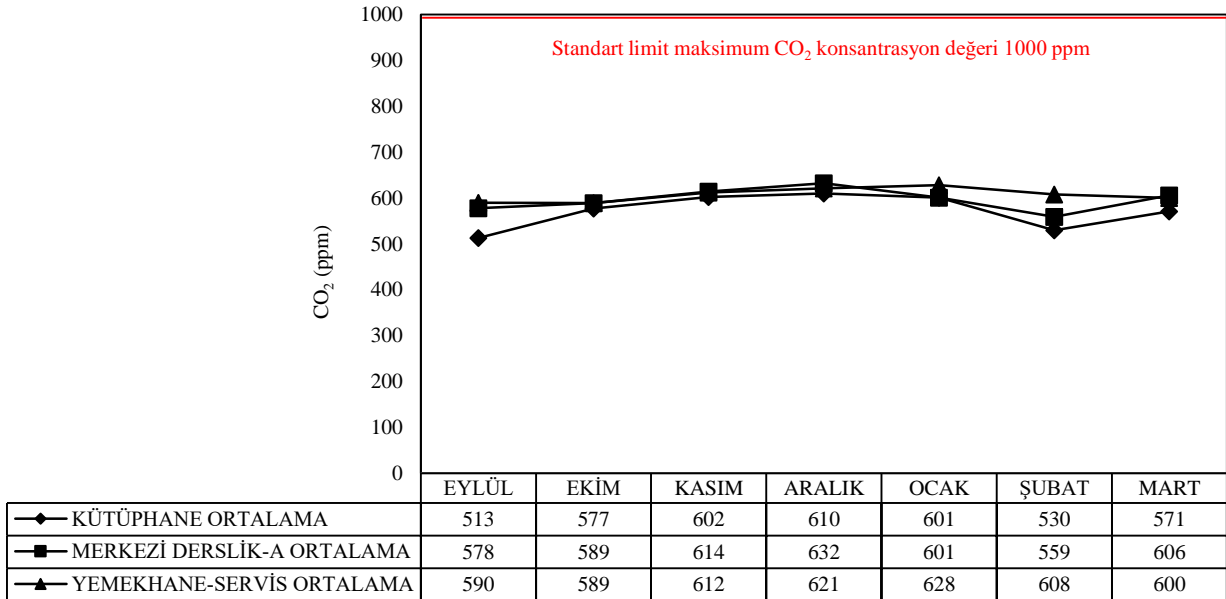
Konum	Veri Alınan Aylar	En Yüksek CO <sub>2</sub> konsantrasyon Veri Tarihi	En Yüksek CO <sub>2</sub> konsantrasyon Veri Değeri (%)	Saati	Aynı Gün En Düşük CO <sub>2</sub> konsantrasyon Veri Değeri (%)	Saati
Kütüphane	Eylül	28.09.2022	1046	19:58	438	02:59
	Ekim	12.10.2022	928	19:28	460	04:19
	Kasım	14.11.2022	1034	18:21	469	05:43
	Aralık	29.12.2022	1325	17:16	608	00:00
	Ocak	3.01.2023	972	21:03	531	06:25
	Şubat	3.02.2023	840	08:53	458	03:06
	Mart	22.03.2023	839	19:49	456	07:08
Merkezi Derslik-A	Eylül	29.09.2022	1069	18:24	475	07:27
	Ekim	6.10.2022	982	19:38	559	11:53
	Kasım	8.11.2022	889	00:18	483	13:21
	Aralık	18.12.2022	1574	20:43	526	09:38
	Ocak	6.01.2023	863	19:50	531	07:13
	Şubat	7.02.2023	1045	22:57	493	06:24
	Mart	16.03.2023	931	19:37	557	07:44
Yemekhane Servis	Eylül	26.09.2022	1765	17:48	517	03:52
	Ekim	31.10.2022	1201	17:43	511	14:34
	Kasım	1.11.2022	1428	17:18	522	15:23
	Aralık	14.12.2022	1689	18:37	519	03:08
	Ocak	6.01.2023	1523	17:31	535	02:59
	Şubat	23.02.2023	1231	13:29	524	22:45
	Mart	27.03.2023	1359	19:54	522	17:28

Merkezi Derslik-A binasından alınan verilerde CO<sub>2</sub> konsantrasyon değerlerinin, kütüphanede alınan verilere benzer şekilde 18:30 – 21:30 saatleri arasında en yüksek değerleri gördüğü, tüm verilerin incelenmesinde bu saatler arasındaki akademik dönem içerisinde konsantrasyon değerlerinin hemen hemen 900 – 1100 ppm değerler arasında olduğu tespit edilmiştir. Merkezi Derslik-A binasında cihazın konumlandırıldığı bölgeye yakın kantinin bulunması da bu konsantrasyon değerlerine olumsuz etki ettiği anlaşılmaktadır.

Yemekhane servis alanında CO<sub>2</sub> konsantrasyon değerlerinin, akşam yemek yeme saatlerinde en yüksek değerlerde olduğu görülmüştür. Verilerin genel

incelemesinde 17:30 – 19:00 saatleri arasında konsantrasyon değerlerinin standart limit değerlerinin çok üzerinde olduğu tespit edilmiştir. En düşük konsantrasyon değerlerinin nem verilerinde olduğu gibi gece yarısından sonra olduğu görülmüştür.

Şekil 5.'te CO<sub>2</sub> konsantrasyon verilerinin, aylık ortalamaları alınarak oluşturulan grafik gösterilmiştir. Aylık ortalamaların genellikle uluslararası standart limit değerleri içerisinde yaklaşık 570 ppm dolaylarında kaldığı görülmüştür. Aylık alınan ortalama değerler ile günlük verilerin birbirini yansıtmadığı, CO<sub>2</sub> konsantrasyon verilerinin değerlendirilmesi hususunda ortalama değerlerin gerçeği yansıtan bir ölçüt olmadığı anlaşılmaktadır.



**Şekil 5.** CO<sub>2</sub> konsantrasyonu verilerinin aylık ortalama veri grafiği



Kişi başı  $m^3$  hava miktarı, İOHK'nın cihaz yerleştirilerek değerlendirildiği alanlarda, kişi yoğunluğuna bağlı olarak azalmaktadır. Kişi başına düşen  $m^3$  hava miktarının sınır değerde tutulması hususunda hiçbir alanda teknik bir sınırlandırma çalışması söz konusu değildir. Alanlar, öğrencilerin maksimum kişi sayısına bağlı olarak alanlardan yararlanma bakış açısıyla düzenlemiştir. Öğrencilerin akademik çalışma yapmaları ve bilimsel anlamda kendilerini geliştirmeleri önemli bir husustur. Ancak sonuçlardan, öğrencilerin ders çalışırken ya da yaşamsal faaliyetlerini sürdürürken, kaliteli bir iç ortam havasına sahip alanlarda bulunmadıkları anlaşılmaktadır.

Veri sonuçlarından, nem, sıcaklık ve  $CO_2$  konsantrasyon değerlerinin birbirlerinden bağımsız olarak değiştiği anlaşılmaktadır. Nem ve sıcaklık verilerinin ortalama alınan aylık verilerle günlük verilerin kıyaslamasında, benzer veri sonuçları verdiği;  $CO_2$  konsantrasyon değerinin aylık ortalama verilerin günlük verileri yansıtmadığı tespit edilmiştir.

Sonuçlara göre, mekanik emiş ve mekanik beslemeli tesisata sahip alanlarda İOHK parametrelerinin genel olarak daha düzenli ve standart seyir halinde ilerlediği, ortamda bulunan kişi sayısının bu veri değerlerine etki ettiği ve iç ortam hava kalitesini standart limit değerlerini yükselttiği anlaşılmaktadır. Havalandırma tesisatı sistemine sahip olmayan yemekhane servis alanında iç ortam havasının belirgin olarak kişi sayısının artmasıyla azaldığı görülmüştür. Ortam ölçüm verilerine göre İOHK'nin en kötü olduğu alanın, havalandırma tesisat sistemine sahip olmayan yemekhane servis alanında olduğu anlaşılmaktadır.

#### 4 Sonuçlar

İOHK parametrelerinden nem, sıcaklık ve  $CO_2$  konsantrasyonu verilerinin, bir devlet üniversitesine ait kapalı iç ortamlarda belirlenmesi amacıyla yapılan bu çalışma, sürdürülebilir iş sağlığı ve güvenliği kontrol önlemleri bakış açısıyla değerlendirilmiştir.

Sonuçlarda, nem, sıcaklık ve  $CO_2$  konsantrasyonu verilerinin, cihaz yerleştirilen kapalı iç mekanlarda havalandırma tesisatı varlığına bağlı olmadan kişi sayısının artmasıyla arttığı ve uluslararası standart limit değerlerini aştığı görülmüştür. Havalandırma tesisatı varlığının, kişi sayısına bağlı olarak havalandırma sistemine sahip olmayan alanlara kıyasla İOHK sonuçlarını olumlu yönde etkilediği, fakat uluslararası standart limit değerlerinin karşılanmasında ve iç ortam hava kalitesini sınırlandırmada etkin rol oynamadığı anlaşılmaktadır.

İş sağlığı ve güvenliği kontrol önlemlerinde mühendislik tedbirleri önceliklidir. İOHK yönünden iç ortam hava düzenlemesinde havalandırma tesisatlarının varlığı mühendislik tedbirlerinden biridir. Ancak sonuçlardan, bu tedbirin etkin olmadığı anlaşılmaktadır.

Kişi başına düşen  $m^3$  hava miktarının kişi yoğunluğuna bağlı olarak azaldığı, ortamda bulunanların kaliteli bir iç ortam havasına sahip alanlarda bulunmadıkları sonucuna varılmıştır.

Kapalı ortamlarda kişi sayısına bağlı olarak İOHK parametrelerinden nem, sıcaklık ve  $CO_2$  konsantrasyonu

değerlerini azaltmak ve kişi başına düşen  $m^3$  hava miktarını artırmak için ilave teknik önlemler alınması gerektiği sonucuna ulaşılmıştır.

Çalışma sonucunda,

✓ Havalandırma tesisatına sahip alanlarda İOHK parametrelerinden nem, sıcaklık ve  $CO_2$  konsantrasyonu değerlerinin kişi sayısının artmasıyla standartlarda belirtilen limit değerleri aştığı,

✓ Yemekhane Servis alanında İOHK, havalandırma tesisatı bulunmaması nedeniyle olumsuz etkilendiği,

✓ Mekanik doğal hava beslemeli ile mekanik havanın iç ortamda tekrar kullanıldığı havalandırma tesisatlarının karşılaştırılmasında, mekanik doğal hava beslemeli tesisatlarının İOHK parametrelerini iyileştirdiği,

✓ Havalandırma tesisat ve sistemlerinin, iş sağlığı ve güvenliği mevzuatlarında belirtilen sürelerde yetkin kişiler tarafından bakım ve periyodik kontrolünün yapılması hususunun sürdürülebilir iş organizasyonuna olumlu katkı sağlayacağı,

✓ Etkin bir mühendislik kontrol tedbiri sağlanması amacıyla havalandırma tesisatının kurulmasının yanı sıra, kapalı ortamlarda kişi sayısını sınırlayıcı teknik önlem alınması gerektiği,

✓ İOHK parametrelerinin detaylı araştırılması amacıyla ortamdaki toz boyutunun da değerlendirilmesi gerektiği, belirlenmiştir.

#### Teşekkür

Bu proje çalışması, İstanbul Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından, 43415 Proje No ile Genel Araştırma Projesi kapsamında "İç Ortam Hava Kalitesinin İş Sağlığı Ve Güvenliği Açısından Çalışanlar Üzerindeki Etkilerinin Belirlenmesi: İstanbul Teknik Üniversitesi Ayazağa Kampüsü Örneği" başlığıyla desteklenmiştir.

#### Çıkar çatışması

Yazarlar çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedir.

#### Benzerlik oranı (iThenticate): %20

#### Kaynaklar

- [1] Indoor Air Quality Research, Euro Report and Studies. World Health Organization (WHO), No:103, 1988.
- [2] M. Frontczak and P. Wargocki, Literature survey on how different factors influence human comfort in indoor environments. World Health Organization, Building and Environment, 46(4), 922–937, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2010.10.021>
- [3] I. Sarbu and C. Sebarchievici, Aspects of indoor environmental quality assessment in buildings. Energy and Buildings 60, 410–419, 2013. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2013.02.005>
- [4] R. M. Almeida, V. P. De Freitas, J. M. Delgado, School buildings rehabilitation: indoor environmental quality and enclosure optimization. Springer International Publishing, 35-83, 2015.

- [5] T. Kubo, T. Mizoue, R. Ide, N. Tokui, Y. Fujino, P. T. Minh, K. Shirane, T. Matsumoto, T. Yoshimura, Visual Display Terminal Work and Sick Building Syndrome – The Role of Psychosocial -Distress in the Relationship. *Journal of Occupational Health*, 107112, 2006. <https://doi.org/10.1539/joh.48.107>
- [6] Ü. Bulut Karaca, İç Ortam Kalitesinin Önemi Üzerine Bir Araştırma. *Kent Akademisi Dergisi*, 15(4):1724-1741, 2022. <https://doi.org/10.35674/kent.1118122>
- [7] P. L. Ooi, K. T. Goh, M. H. Phoon, S. C. Foo, M. H. Yap, Epidemiology of Sick Building Syndrome and its Associated Risk Factors in Singapore. *Occupational Environment Med.*, 55, 188-193, 1998. <https://doi.org/10.1136/oem.55.3.188>
- [8] 6331 Sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, Ankara, 2012.
- [9] İş Sağlığı ve Güvenliği Risk Değerlendirmesi Yönetmeliği. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, Ankara, 2012.
- [10] İş Hijyeni Ölçüm, Test Ve Analizleri Hakkında Yönetmelik. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, Ankara, 2017.
- [11] İş Ekipmanlarının Kullanımında Sağlık ve Güvenlik Şartları Yönetmeliği. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, Ankara, 2013.
- [12] ASHRAE 62.1-2022, Ventilation and Acceptable Indoor Air Quality. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 2022.
- [13] ASHRAE 62.2-2022, Ventilation and Acceptable Indoor Air Quality in Residential Buildings. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 2022.
- [14] ASHRAE 55-2020, Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 2020.
- [15] I. Mujan, A. S. Anđelković, V. Munčan, M. Kljajić, D. Ružić, Influence of indoor environmental quality on human health and productivity - A review. *Journal of Cleaner Production* 217, 646-657, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.01.307>
- [16] ISO 773, Rectangular or square parallel keys and their corresponding keyways (Dimensions in millimetres). International Organization for Standardization, 1969.
- [17] L. Schibuola, C. Tambani, High Energy Efficiency Ventilation to Limit COVID-19 contagion in School Environments. *Energy Build*, 240, 110882, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2021.110882>
- [18] L. Schibuola, M. Scarpa, C. Tambani, Natural Ventilation Level Assessment in a School Building by CO2 Concentration Measures. *Energy Procedia* 257-264, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2016.11.033>
- [19] N. Mahyuddin, H. B. Awbi, A Review of CO2 Measurement Procedures In Ventilation Research. *Int. J. Vent.*, 353-370, 2012. <https://doi.org/10.1080/14733315.2012.11683961>
- [20] E. Işık, S. Çibuk, Yemekhaneler ve kantinlerde iç hava kalitesi ile ilgili ölçüm sonuçları ve analizi -Tunceli Üniversitesi örneği. *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 6:1, 39-50, 2015.
- [21] I. Annesi-Maesano, N. Baiz, S. Banerjee, P. Rudnai, S. Rive, Indoor air quality and sources in schools and related health effects. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part B*, 16, 491–550, 2013. <https://doi.org/10.1080/10937404.2013.853609>
- [22] Z. Bakó-Biró, D. Clements-Croome, N. Kochhar, Awbi, H. M. Williams, Ventilation rates in schools and pupils' performance. *Building and Environment*, 48: 215–223, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2011.08.018>
- [23] U. Haverinen-Shaughnessy, D.J. Moschandreas and R.J. Shaughnessy, Association between standard classroom ventilation rates and students' academic achievement. *Indoor Air*, 21, 121–131, 2011. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0668.2010.00686.x>
- [24] M.J. Mendell, E.A. Eliseeva, M.M. Davies, M. Spears, A. Lobscheid, W.J. Fisk, and M.G. Apte, Association of classroom ventilation with reduced illness absence: a prospective study in California elementary schools. *Indoor Air*, 23, 515–528, 2013. <https://doi.org/10.1111/ina.12042>
- [25] E. Simons, S. Hwang, E.F. Fitzgerald, C. Kielb and S. Lin, The impact of school building conditions on student absenteeism in upstate New York. *Am. J. Public Health*, 100(9), 1679–1686, 2010. <https://doi.org/10.2105/AJPH.2009.165324>
- [26] C.C. Vassella, J. Koch, A. Henzi, A. Jordan, R. Waerber, R. Iannaccone, R. Charrière, From spontaneous to strategic natural window ventilation: Improving indoor air quality in Swiss schools. *Int. J. Hyg. Environ. Health* 234, 113746, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2021.113746>
- [27] L.M. Geelen, M.A.J. Huijbregts, A.M. Ragas, R.W. Bretveld, H.W. Jans, W.J. Van Doorn, S.J. Evertz, A. Van der Zijden, Comparing The Effectiveness Of Interventions To Improve Ventilation Behavior In Primary Schools. *Indoor Air* 18, 416-424, 2008. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0668.2008.00542.x>
- [28] A.C. Gielen, D. Sleet, Application Of Behavior-Change Theories And Methods To Injury Prevention *Epidemiol. Rev.*, Volume 25. 65-76, 2003. <https://doi.org/10.1093/epirev/mxg004>
- [29] J. Zemitis, R. Bogdanovics, S. Bogdanovica, The Study of CO2 Concentration in A Classroom During The Covid-19 Safety Measures. *E3S Web Conf.* 246, 01004, 2021. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202124601004>
- [30] C. Tam, Y. Zhao, Z. Liao, L. Zhao, Mitigation Strategies for Overheating and High Carbon Dioxide Concentration within Institutional Buildings: A Case Study in Toronto. *Buildings*, 10, 124, 2020. <https://doi.org/10.3390/buildings10070124>
- [31] M.W. Ahmad, J. Hippolyte, J. Reynolds, M. Mourshed, Y. Rezgui, Optimal Scheduling Strategy For Enhancing IAQ, Thermal Comfort And Visual Using A Genetic Algorithm. In *Proceedings Of The ASHRAE IAQ 2016*, Alexandria, VA, USA, 12–14, September 2016.

- [32] B. Chenari, F.B. Lamas, A.R. Gaspar, M.G. da Silva, Simulation Of Occupancy And CO2-Based Demand-Controlled Mechanical Ventilation Strategies In An Office Room Using Energy Plus. Energy Procedia 2017, 113, 51–57., 2017.  
<https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.04.013>
- [33] H. Bulut, Havalandırma ve İç Hava Kalitesi Açısından CO2 Miktarının Analizi. Tesisat Mühendisliği, 128. Sayı, 61-70, 2012.
- [34] E. Bas, Indoor Air Quality-A Guide for Facility Managers. The Fairmont Pres, 2004.  
<https://doi.org/10.1201/9781003151074>
- [35] İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Tüzüğü. Çalışma Bakanlığı, Ankara, 1974.
- [36] B. Karaca, İç Ortam Kalitesinin Önemi Üzerine Bir Araştırma. Kent Akademisi Dergisi, 15(4), 1724-1741, 2022. <https://doi.org/10.35674/kent.1118122>
- [37] F.C. Güney, Yüksel, F. Seçer, Kariptaş, F. Kariptaş, Ofis İç Mekanının Covid-19 Pandemisi Sonrası Yeniden Düzenlenmesi. báb Journal of FSMVU Faculty of Architecture and Design. 3 (1), 85-102, 2022.

