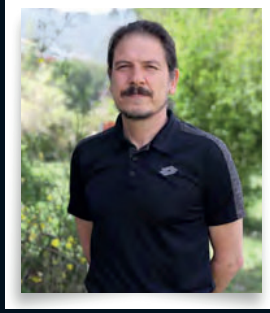




Dr. Macit TOKSOY



Prof. Dr. Sait Cemil SOFUOĞLU



Bu yayını TMMOB Makina Mühendisleri Odası'nın yayınıdır.
Yayın No: MMO/736
E-ISBN: 978-605-01-1547-5

KARBONDİOKSİT VE SINIFLAR

BÖLÜM 7C

SINIFLARDA İÇ HAVA KALİTESİ STANDARTLARINDA VE KODLARINDA KARBONDİOKSİT KONSANTRASYONU LİMİT DEĞERLERİ

Sınıflar, insan yoğun kapalı ortamlardan birisidir. Bu nedenle öğrenciler ve öğretmenler, solunum yoluyla oksijen tüketmeleri ve ortama en başta CO₂ olmak üzere sınıf hacmine biyolojik katkılar (bioeffluent) yapmaları nedeniyle iç ortamdaki hava kalitesini değiştiren ana kaynaklardır. Bundan önceki bölümlerde incelenen CO₂'in insan sağlığı ve bilişsel performansı üzerine etkileri ışığında, uluslararası ve ulusal standartlar, kodlar olarak kapalı hacimlerde havalandırmaya esas olacak limit CO₂ konsantrasyonları belirlenmiştir. Bu bölümde uluslararası ve ulusal standartların, kodların belirlediği sınıflardaki limit CO₂ değerleri, mevcut literatürün ışığında incelenmiştir. Göz önüne alınan limit değerler için mümkün olduğunca güncel standartlar ve güncel araştırmalarda referans verilen değerler göz önüne alınmıştır. Bazı araştırmaların, daha önce örneklediği üzere, güncel olmayan standart ve kodları referans verdikleri bilindiğinden, bazı limit değerlerin güncel olmadığı düşünülebilir. Ancak yapılan çalışma sonunda sınıflar için öngörülen limit CO₂ konsantrasyonlarının

morfolojisi, bazı limit değerlerin olası güncel olmama hatasının etkisini göz ardı ettirecek bir görünümündedir.

Bir kapalı ortamdaki CO₂ konsantrasyonu için Pettenkoffer Sayısı olarak adlandırılan 1000 ppm değeri, 1858 yılında Max Von Pettenkofer tarafından, "Ueber den Luftwechsel in Wohngebäuden" (Konutlarda Hava Değişimi Hakkında) adlı makalesinde önerilmiştir [1]. Bu sayının belirlenmesindeki temel, dışarıdan kapalı hacimlere girişte hissedilen insan kaynaklı emisyonların yarattığı koku konforsuzluğunun giderilmesidir [2]. İç ortamlardaki hava kalitesindeki koku konforu için öngörülen söz konusu limit değer, Pettenkofer'dan bu yana yapılan araştırmaların ışığında, sıradan ve insan kaynaklı emisyonların başat olduğu iç yaşam hacimlerindeki CO₂ ile birlikte diğer organik ve inorganik emisyonların da sağlık seviyesinin altında olmasını karşılar görülmektedir.

Uluslararası kurumlar ve ülkeler tarafından, diğer kirleticiler ile birlikte CO₂ için kabul edilen



limit değerler, ABDUL-WAHAP vd [3, Tablo 3] tarafından, 2015 yılında çok kapsamlı bir çalışma ile yayınlanmıştır. Bu çalışmada, benzeri review makaleler ve günümüzden geriye doğru bir tarihte yayınlanmış makaleler de göz önüne alınarak, çeşitli ülke standartlarında, kurumlarda ve yaygın uygulamalarda, sınıflar için önerilen limit değerler güncel yayınlarda verilen son değerleriyle göz önüne alınmıştır. Bazı standartlarda ve kodlarda, sınıflardaki CO₂ konsantrasyonu için ayrı bir limit değer verilmemiş, iç ortamlar için tek veya endüstriyel ve endüstriyel olmayan sınıflandırılmasıyla ayrı ayrı değerler verilmiştir. Bazı standartlarda ise CO₂ konsantrasyonunu hiç dikkate alınmamış, ASHRAE 62.1-2019 olduğu gibi, sadece havalandırma debilerine yer verilmiştir.

ABD

Günümüzde standart koyan ve standartları yaygın olarak kullanılan iki kurumdan bir tanesi ASHRAE, diğeri Avrupa Topluluğudur. ASHRAE CO₂ limit değeri için, ASHRAE 62-1989 Standardı Ek E, Bölüm 6.1.3'de, 1000 ppm konsantrasyonunu, "Bu seviye, bir sağlık riski olarak değil, insan (koku) konforu için bir göstere (surrogate) olarak kabul edilmektedir" notuyla vermiştir. 1000 ppm değerinin çıkış noktası, iç ortam CO₂ konsantrasyonunun bir mutlak değer olarak değil, dış ortam konsantrasyonunun 700 ppm üstü olarak, kararlı kütle dengesi ile hesaplanan çok anlamlı olmayan bir tanımlamasından gelmektedir ve havalandırma debilerinin rasyonelizasyonunda kullanılmaktadır [2,4]. ASHRAE, standartının yayınlanmasından kısa bir süre sonra bu değeri zorunlu (normativ) standarttan çıkarmasına rağmen, tesisat mühendisliğinde ve akademiada bu değer, bir ASHRAE standardı olarak algılanmaya ve anılmaya devam etmiştir. CO₂ için sınır değer yer almadığı, 1000 ppm konsantrasyonunun insan kaynaklı emisyonlar için koku konforu limiti olarak belirtildiği ANSI/ASHRAE 62 - 1999'da yayınlanmasına rağmen, ANSI/ASHRAE 62-1989 referans verilmeye devam edilmiştir.

2017 yılında yayınlanan HARVARD T.CHAN School of Public Health'in bir yayınında "ASHRAE'nin sınıflar için önerdiği minimum kişi başına 5 l/s havalandırma debisi, sınıf içindeki CO₂

konsantrasyonunu 1000 ppm veya altında tutmak içindir" denilmekte [5] ve bunun içinde ASHRAE 2016 standardı [6] kaynak gösterilmektedir. 1000 ppm değerinin bir limit değer olarak anılmasında ASHRAE'nin bir rolü olmadığı üzerine yayınlar yapılsada 1000 ppm değeri pek çok ülke ve kurum tarafından limit değer olarak kullanılmaktadır. Standartların dışında ASHRAE'nin 1000 ppm CO₂ konsantrasyonu için resmi bir görüşü yoktur ancak, ASHRAE journal da yayınlanan makalelere [3,7,8] bakıldığında ve "yaşam hacimlerindeki 1000 ppm'in altındaki konsantrasyonun her zaman iyi olmadığı gibi, üstündeki konsantrasyonlarında kötü olmadığı" gibi bir bakış açısının benimsendiği görülmektedir. Bu bakış açısı The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) tarafından da benimsenmiştir [9]: "ANSI/ASHRAE 62.1-2016 Standardı bilgi eki D'de şu not yer almıştır: Dış hava CO₂ konsantrasyonunun 700 ppm'in altında olan iç hava CO₂ konsantrasyonu içerde bulunan insanların önemli bir oranını (%80 civarında) tatmin edecektir. Bu değer dış hava CO₂ konsantrasyonu yaygın olarak 375 ile 500 ppm arasında olduğu için iç havadaki 1200 ppm konsantrasyonun altına karşılık gelmektedir. Ancak, CO₂ ölçümü havalandırılan alanda olması gereken insan yoğunluğunun olmadığı bir zamanda yapılmış ise havalandırmanın yeterliliği konusunda etkin bir göstere değildir. Yüksek CO₂ konsantrasyonu, diğer kirleticilerin de konsantrasyonlarının arttığına işaret edebilir. Eğer CO₂ konsantrasyonu yüksekse, iç hacme verilen dış hava miktarı artırılmalıdır" [9].

ABD'de okullardaki iç hava kalitesi konusunda yoğun çalışmalar yapan EPA'nın^b Okullarda İç Hava Kalitesi için Rehber'inde [10], ASHRAE 62.2001 standardı referans verilerek koku konforu için iç hava CO₂ konsantrasyonu üst limitinin dış havanın 700 ppm üzerinde olmasını, bunun da yaklaşık olarak 1000 ppm olduğu bilgisi verilmiştir. Gerek ASHRAE 62'nin önceki (<2019) versiyonları, gerekse kurumlar tarafından referans kurum olarak görülen EPA'nın yayınları nedeniyle, pek çok kurum ve kuruluş 1000 ppm limitine kendi kodları içinde yer vermektedirler.

HARVARD T.H. Chan Toplum Sağlığı Okulu^c tarafından yayınlanan "Sağlıklı Okullar: Okulların Tekrar Açılmasında Risk Azaltıcı Stratejiler" adlı yayında [11] sınıflarda CO₂ konsantrasyonunun 1000 ppm altında tutulması önerilmektedir.

^a Olması gereken insan yoğunluğu (usual occupant density) aslında tasarım için öngörülen insan yoğunluğu olarak düşünülmelidir.

^b Environmental Protection Agency

^c Harvard T.H. Chan School of Public Health

EPA, ABD'de eyaletlerinde ilgili kurulların/ organizasyonların önemli bir referans kurumudur. Illinois Eyaleti toplum Sağlığı Departmanı, iç ortamlarda CO₂ seviyesinin 600 ppm ile 1000 ppm arasında olmasını öngörerek kapalı da olsa yeni bir isteğe bağlı üst limit (600 ppm) getirmiş gibidir [12]. Uygun sıcaklık ve nem ile birlikte konsantrasyonun 800 ppm altında tutulması halinde iç hava kalitesi ile ilgili şikayetlerin minimum olacağını, 1000 ppm'in üstünde şikayet olacağını not ederek üst limit olarak 1000 ppm değerini, EPA önerisine uygun olarak sınır değer olarak belirlemiştir. Rehberde 1000 ppm değerinin üstünün hayatı tehdit eden veya sağlıksız bir ortam olarak anlaşılmasını, 1000 ppm altının yeterli taze dış havanın iç ortama girdiğinin bir ölçüsü olarak kabul edilmesi de ayrıca not edilmiştir. Ortamda insanların dışında bir CO₂ kaynağı varsa limit değer kullanılmayacağı da belirtilmektedir.

Yeşil Bina kavramı içinde de 800 ppm CO₂ konsantrasyonu bir üst limit olarak kullanılmaktadır. Bir ABD organizasyonu olan ve US Green Building

Council'ün desteklediği kar gütmeyen bir kuruluş olan Green Building Certification Institute tarafından onaylanan International WELL Building Institute [13] standardına göre iç hacimlerde öngörülen limit CO₂ değeri 800 ppm'dir [14,15].

Avrupa

Avrupa standardı EN 16798-1:2019'a göre iç çevreden beklenti seviyeleri dört kategoride sınıflandırılmıştır (Tablo 7C.1) ve yüksek beklenti kategorisi, özel gereksinimleri olan gruplar için (çocuklar, yaşlılar, engelliler, vs) orta seviye de normal seviyedir [16]. Beklenti kategorilerinin TS EN 15251-2008:01 deki daha geniş tanımları Tablo 7C.2'de, Uluslararası ISO 17772, Avrupa Standardı EN 16798-1:2019 a göre dört beklenti seviyesindeki CO₂ konsantrasyonları Tablo 7C.3'de verilmiştir. CO₂'ye göre bu sınıflandırma, CO₂ üretimin temel olarak insan metabolizmasının sonucunda oluştuğu iç hacimler için yapılmıştır [17].

Tablo 7C.1. EN 16798-1:2019 göre iç çevreden beklenti kategorileri [16].

| Kategori | Beklenti seviyesi |
|---|-------------------|
| IEQ I | Yüksek |
| IEQ II | Orta |
| IEQ III | Kabul edilebilir |
| IEQ IV | Düşük |
| Tablolarda IEQ sembolleri kullanmadan gösterilmektedir. | |

Tablo 7C.2. TS EN 15251-2008:01 de beklenti kategorilerinin tanımları

| Kategori | Açıklama |
|----------|--|
| IEQ I | Yüksek seviyede beklenti-engelli, hasta, çok genç çocuklar gibi özel ihtiyaçları olan, çok hassas ve kırılğan insanlar tarafından kullanılan mekanlar için tavsiye edilir. |
| IEQ II | Normal seviyede beklenti – yeni binalar ve bakım, onarım için kullanılmalı. |
| IEQ III | Kabul edilebilir, orta seviyeli beklenti – var olan binalar için kullanılabilir. |
| IEQ IV | Yukarıdaki kategoriler için, kriterlerin dışında kalan değerler. Bu kategori, sadece yılın sınırlı bir zaman dilimi için kabul edilir olmalıdır. |

KHOVALYG vd'nin ısı konfor ve iç hava kalitesi standartlarını gözden geçirdikleri çalışmada [18], Avrupa normları içindeki kategoriler için farklı limit değerler öneren bir standart ve Singapur ile Hindistan standartları vardır (Tablo 7C.4).

KAPOOR vd'nin [19] daha güncel çalışmasında ISHRAE 10001:2019 referans verilerek okullarda III. Kategori için 700 ppm üst limiti verilmiştir. KHOVALYG vd'nin verdiği limit değerler yanında KAPOOR vd'nin verdiği değer de Tablo 7C.4'de gösterilmiştir.



Tablo 7C.3. ISO 1772 ve EN 16798-1:2019'a göre iç ortamlarda kabul edilebilir maksimum CO₂ konsantrasyonları [17,18, 20,21].

| | Kategoriler | | | |
|---|-------------|------|------|-------|
| | I | II | III | IV |
| Dış ortam CO ₂ konsantrasyonunun üzerinde kabul edilebilir seviye (ppm). | 550 | 850 | 1350 | >1350 |
| Dış ortam CO ₂ konsantrasyonu 480 ppm olduğunda kabul edilebilir limit değerler (ppm). | 1030 | 1280 | 1830 | >1830 |

Tablo 7C.4. İç çevre kabul edilebilir CO₂ konsantrasyonları [18,19].

| Standardlar | Kaynaklar | Kategoriler | | | |
|-----------------------------|-----------|--|-----|-----|------|
| | | Dış ortam CO ₂ konsantrasyonunun üzerinde kabul edilebilir seviye (ppm) | | | |
| | | I | II | III | IV |
| EN 15251 | [18] | 350 | 500 | 800 | >800 |
| Singapur Standardı 553, 554 | | 700 | | | |
| ISHRAE 10001:2016 | [19] | 350 | 500 | 800 | |
| ISHRAE 10001:2019 | | 350 | 500 | 800 | |

Tablo 7C.3 ve 7C.4 göz önüne alınırsa, Avrupa, Hindistan ve Singapore Standardlarında I. Kategoride yer alan ve çocuklar için de öngörülen limit değerlerin, 480 ppm dış hava konsantrasyonu için yaklaşık olarak 800 ppm ile 1000 ppm arasında olduğu izleniyor.

Avrupa, Isıtma Havalandırma İklimlendirme Derneklerinin Federasyonu olan REHVA genel olarak yaşam hacimlerinde havalandırma debisinin CO₂ konsantrasyonunu 800 ppm veya altında tutacak şekilde sağlanmasını önermektedir [22].

Ülkeler ve Standartlar

Güncel araştırmalarda, bağımsız standartlarda ve ülke okul standartlarında yer alan diğer CO₂ limit değerleri Tablo 7C.5'de verilmiştir. Değerler incelendiğinde genel olarak sınıflarda CO₂ konsantrasyonu için 1000 ppm limitinin zorunlu olduğu veya önerildiği, 800 ppm – 1000 ppm aralığının iyi havalandırma olarak tanımlandığı görülmektedir.

Fransa'da 900 ppm, Avustralya'da 850 ppm limit değerinin olduğu, RESET standardında ise 600 ppm değerinin yüksek performanslı havalandırmaya karşılık geldiği görülmektedir.

İngiltere'de yaygın ve etkin standart olan BB 101'de [17] CO₂ limit değerleri doğal ve mekanik havalandırma için ayrı ayrı verilmiş, ancak iki sistem arasındaki farklılığın açıklaması çok rasyonel bulunmamıştır; doğal havalandırmadaki kısıtlamalar, limit değerini yükseltmesine gerekçe olmamalıdır. İngiltere'deki bazı kurumlar da [15, 23, ÷26], 800 ppm-1000 ppm aralığında bir değeri limit değer olarak önermektedir.

Tablo 7C.5. Farklı ülkelerde sınıflar veya genel olarak iç hava kalitesi için önerilen CO₂ limit değerleri.

| Ülke | Limit CO ₂ konsantrasyonu (ppm) | | [Kaynak] - Tarih |
|---------------------|--|---|----------------------|
| Finlandiya | 1000 | Maksimum kabul edilebilir limit değer | [27] - 2020 |
| Norveç | | | |
| Danimarka | | | |
| Hollanda | | | |
| Almanya | | | |
| Fransa | 900 | | |
| Portekiz | 1000 | RSECE 2006 | [28] - 2011 |
| Hollanda | 800/950/1200 | Netherland Enterprise Agency | [29] - 2022 |
| İspanya | 500 + CO ₂ , dış | Spanish RITE (CO ₂ , dış bilinmiyorsa 400 ppm) | [30] - 2022 |
| İsveç | 1000 | | [31] - 2019 |
| | 800 | Bazı firmalar personeleinin maksimum performansı için limit değerler | [32] - 2022 |
| İngiltere BB 101 | 1500 | Günlük ortalama | [17] - 2018 |
| | 2000 | Maksimum (20 dakikadan az) | |
| | 1000 | Günlük ortalama | |
| | 1500 | Maksimum (20 dakikadan az) | |
| İngiltere | 800 | Sürekli olarak aşıldığında okul yönetimi haberdar edilmelidir. | [23*,24] 2022 - 2020 |
| | 1500 | Aşıldığında sınıf havası dış hava ile yenilenmelidir. | |
| İngiltere | 800-1000 | Chartered Institute of Building Service Engineer (CIBSE) Guide B2 (2016) tarafından önerilen aralık | [15] - 2022 |
| İngiltere | <800 | İyi havalandırma ve enfeksiyon yayılmasının önlenmesi için*** | [25**,26] - 2022 |
| | >1500 | Kötü havalandırma | |
| İsviçre | 2000 | Swiss Standard SN 520180 (2014) | [33] - 2021 |
| İtalya | 1000 | | [34] - 2020 |
| Latvia | 1000 | Gebe kabul gören limit | [35] - 2921 |
| Kanada | 1000 | Konutlarda ve okullarda | [36] - 2022 |
| | | | [37] - 2020 |
| Kanada - Qubec | 1000 | Hedef | [38] - 2022 |



Tablo 7C.5. Farklı ülkelerde sınıflar veya genel olarak iç hava kalitesi için önerilen CO₂ limit değerleri. (DEVAM)

| Ülke | Limit CO ₂ konsantrasyonu (ppm) | | [Kaynak] - Tarih |
|------------------|--|---|----------------------------|
| Kanada - Toronto | <800 | İyi | [39] – 2021 |
| | <1100 | Kabul edilebilir | |
| | >1200 | Sorgulanmalı | |
| Avustralya | 850 | Australia's National Construction Code | [40] - 2022 |
| Yeni Zelanda | <800 | İyi havalandırılmış | [41] – 2017 ⁴ |
| | <1000 | İdeal - Standards New Zealand NZS 4303:1990. | |
| | 1200 - 1600 | Yeterli havalandırma yok | |
| | 1800 - 2200 | Çok yetersiz havalandırma | |
| | 2400 - 2800 | Tüm olarak kabul edilemez | |
| Tayvan | 1000 | | [42] – 2020 [43] - 2015 |
| Hong Kong | 800 | 8 saat ortalama – Mükemmel sınıf (Veri tarihi 2002) | [3] – 2015 |
| | 1000 | 8 saat ortalama – İyi sınıf (Veri tarihi 2003) | |
| Japonya | 1000 | (Veri tarihi 2005) | |
| Malezya | 1000 | (Veri tarihi 2012) | |
| Çin | 1000 | 24 saat ortalama | |
| Filipinler | 1000 | | |
| Güney Kore | 1000 | Kamu alanları | [45]- 2020 |
| RESET Standard | <600 | Yüksek performans havalandırma | [46,4] 2022 |
| | <1000 | Kabul edilebilir havalandırma | |

^(*) Bu değerler ve şartlar İngiltere Kadın Öğretmenler Sendikası Okul Yöneticileri Ulusal Birliği tarafından belirlenmiştir. İnternet sayfasından 6 Haziran 2022'de alınmıştır.

^(**) Engineering and Physical Sciences Research Council (EPSRC) tarafından desteklenen, Imperial College, Cambridge ve Surrey üniversitelerinin işbirliğiyle, okullarda COVID-19'un yayılmasını azaltmak ve alınan tedbirleri değerlendirmek amacıyla yürütülen CO-TRACE projesi sonuçları.

^(***) İngiltere Sağlık ve İş Yönetimi de (The Health and Work Executive) 800 ppm'i öneriyor.

⁽⁴⁾ Yeni Zelanda Eğitim bakanlığı 2007 dokümanlarından alınmıştır.

Sınıflardaki havanın içindeki doğal kirleticilerden biri olan CO₂ konsantrasyonunun, öğrencilerin olduğu kadar tüm kapalı hacimlerde yaşayanların sağlığı açısından, günümüze kadar yapılan araştırmaların ışığında, belli bir limit değerinin üzerine çıkmaması ve bu sınırın havalandırma yoluyla sağlanması günümüz tesisat mühendisliğinin tartışma konularından biridir. Konunun sağlıkla ve koku konforu ile ilgili üzerinde yaklaşık beş yüz yıl öncesinden başlayan

bir bilimsel merak, giderek artan bir yoğunlukta sürse de, CO₂ konsantrasyonunun, sağlık kelimesini sadece fizyolojik sağlık anlamında almak şartıyla, kısa süreli yüksek konsantrasyon maruziyetlerinin etkileri konusunda henüz negatif bir etki görülmediği not edilmektedir. Ancak burada yer verilen yüksek CO₂ konsantrasyonunun, literatürde endüstriyel olmayan, genel ve yaygın yaşam hacimlerinde karşılaşılan yüksek konsantrasyonları temsil

etmekte olduğu anlaşılrsa da niceliksel olarak tanımı yapılmamaktadır. Halbuki BIERWIRT [47] tarafından yapılan güncel çalışmadaki verilere göre fizyolojik etkiler 800 ppm üzerindeki CO₂ konsantrasyonunda da görülmektedir. Sonuç olarak yapılan araştırmalar ve ülkeler tarafından kabul edilen limit değerler göz önüne alındığında sınıflarda 1000 ppm limitinin aşılmamasının, en azında bilişsel performans açısından, tüm dünyada yaygın olarak kabul gördüğü anlaşılmaktadır.

Hiç şüphesiz karbondioksit limitinin ya da hava içindeki insan sağlığına etkili olan herhangi bir bileşenin tek başına limit değerinin sağlanması, söz konusu ortamın

sağlık açısından güvenli olduğu anlamına gelmez. Önemli olan bir ortamdaki havanın tüm bileşenlerinin insan sağlığını etkilemeyecek seviyelerde olmasıdır.

Bu çalışmanın yazarları olarak, şimdiye kadar yapılan araştırmalarla ortaya çıkan bulgular ışığında, CO₂ seviyesinin niteliksel tanımlarında da standart dilinde daha niceliksel bir sınıflandırmanın yararlı olacağı düşünülmüş ve Tablo 7C.6 deki kategorik tanımlar öneri olarak yapılmıştır.■

Tablo 7C.6. İç hava kalitesi literatürü için CO₂ konsantrasyonları kategorileri

| Kategori | Konsantrasyon (C) | Açıklama |
|-----------------------------|---------------------|--|
| Doğal | $C \leq 300$ | İnsan evrimin tamamladığı jeolojik çaplardaki üst CO ₂ konsantrasyonu |
| Normal | $300 < C \leq 800$ | fizyolojik ve bilişsel etkilerin gözlenmediği CO ₂ konsantrasyon aralığı |
| Yüksek | $800 < C \leq 1000$ | Bilişsel etkilerin gözlendiği CO ₂ konsantrasyon aralığı |
| Çok yüksek (Kabul edilemez) | $C > 1000$ | Bilişsel etkilerin yoğun olarak gözlendiği ve fizyolojik sağlık etkileri CO ₂ aralığı |

KAYNAKLAR

- [1] GIDS, W.F. "CO₂ as Indicator for the Indoor Air Quality: General Principles". AIVC, Ventilation Information Paper, No 33, July 2010.
- [2] HERRMANN, D.C. "Understanding CO₂ and Standard 62". Comments/Letters: iaq@ashrae.org, IAQ Applications/Summer 2000.
- [3] ABDULWAHAP, S.A. "A Review of Standards and Guidelines Set by International Bodies for the Parameters of Indoor Air Quality". Atmospheric Pollution Research 6, 751767, 2015.
- [4] STUMM, R.E. "Revisiting the 1,000 ppm CO₂". ASHRAE Journal, June, 2022
- [5] EITLAND, E., vd. "Foundations for Student Success How School Buildings Influence Student Health, Thinking and Performance", Harvard T.H.CHAN School of Public Health, 2017. (Bu kaynağın yayım tarihi verilmemiştir. Kaynaklarında yer alan makalele tarihlerinden en erken olarak 2017 olabileceği tahmin edilmiştir.)
- [6] ASHRAE (2016). ANSI/ASHRAE Standard

62.1-2013. Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality. Accessed March 3, 2016.

[7] PERSILY, A.K. "Don't Blame Standard 62.1 for 1,000 ppm CO₂". ASHRAE Journal, February 2021.

[8] ASHRAE "ASHRAE Position Document on Indoor Carbon Dioxide". February 2, 2022, February 2, 2022, Expires February 2, 2025.

[9] NIOSH. "Indoor Environmental Quality: HVAC Management for Better IEQ".

[https://www.cdc.gov/niosh/topics/indoorenv/hvac.html#:~:text=ASHRAE%20notes%20in%20Informative%20Appendix,about%2080%25\)%20of%20occupants.9](https://www.cdc.gov/niosh/topics/indoorenv/hvac.html#:~:text=ASHRAE%20notes%20in%20Informative%20Appendix,about%2080%25)%20of%20occupants.9) Haziran 2022 de alındı.

[10] Reference Guide for Indoor Air Quality in Schools. https://www.epa.gov/iaq-schools/reference-guide-indoor-air-quality-schools#IAQRG_Appendix_C. 9 Haziran 2022'de alındı.

[11] JONES, E. "Healthy Schools: Risk Reduction Strategies for Reopening Schools". Harvard T.H. Chan School of Public Health Healthy Buildings program. June, 2020.



- [12]<https://dph.illinois.gov/topics-services/environmental-health-protection/toxicology/indoor-air-quality-healthy-homes/idph-guidelines-indoor-air-quality.html> 9 Haziran 2022'de alındı.
- [13]https://en.everybodywiki.com/WELL_Building_Standard. 9 Haziran 2022'de alındı.
- [14]<https://standard.wellcertified.com/air/ventilation-effectiveness>. 9 Haziran 2022'de alındı
- [15]McLEOD, R.S. vd. "An Investigation of Indoor Air Quality in a Recently Refurbished Educational Building". *Front. Built Environ.*, 7:769761, 2022. doi: 10.3389/fbuil.2021.769761
- [16]JENKINS, M. "What Is EN 16798-1:2019? Basics of Thermal Comfort". 14 April, 2021. <https://www.simscale.com/blog/2019/10/what-is-en-16798/>
- [17]"Guidelines on Ventilation, Thermal Comfort and Indoor Air Quality in Schools" *Building Bulletin 101*, Version 1, August 2018.
- [18]KHOVALYG, D. vd. "Critical Review of Standards for Indoor Thermal Environment and Air Quality". *Energy & Buildings* 213, 109819, 2020.
- [19]KAPOOR, N.R. vd. "A Review on Indoor Environment Quality of Indian School Classrooms". *Sustainability*, 13, 11855, 2021.
- [20]"Education and Indoor Climate - Air Quality and Ventilation in Schools", Research Paper, Swegon, 2021. <https://blog.swegon.com/en/knowledge-is-the-first-step-read-our-white-paper-on-education-and-indoor-climate>
- [21]BOGDANOVIĆ, S. vd. "The Effect of CO₂ Concentration on Children's Well-Being during the Process of Learning". *Energies* 13, 6099, 2020. doi:10.3390/en13226099
- [22]WARGOCKI, P. "What We Know and Should Know about Ventilation". *REHVA Journal*, April 2021.
- [23]NASUWT (National Association of Schoolmasters Union of Women Teachers). "Ventilation and Covid-19". <https://www.nasuwat.org.uk/advice/health-safety/coronavirus-guidance/full-reopening-of-schools/ventilation-and-covid-19.html>. 9 Haziran 2022'de alındı.
- [24]SAGE - EMG. "Role of Ventilation in Controlling SARS-CoV-2 Transmission". Scientific Advisory Group for Emergencies - Environmental Modelling Group. <https://www.gov.uk/government/publications/emg-role-of-ventilation-in-controlling-sars-cov-2-transmission-30-september-2020>.
- [25]BROGAN, C. *Curbing COVID-19 in Schools: Imperial Scientists Support CO₂ Monitor Rollout*. Imperial College, London, 2022. <https://www.imperial.ac.uk/news/233154/curbing-covid-19-schools-imperial-scientists-support/>
- [26]CARR, J. "Classroom Carbon Dioxide Levels Up To Three Times above Watchdog Guidelines". 2021. <https://schoolsweek.co.uk/classroom-carbon-dioxide-levels-three-times-above-watchdog-guidelines/>
- [27]"The Impact of CO₂ on Children's Learning" SAV, 2020. <https://www.sav-systems.com/wp-content/uploads/2020/11/The-Impact-of-CO2-on-Childrens-Learning.pdf>
- [28]CANHA, N. vd. "Winter Ventilation Rates at Primary Schools: Comparison between Portugal and Finland". *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A*, 76:6, 400-408, 2013. doi: 10.1080/15287394.2013.76537
- [29]DING, E. vd. "Ventilation Regimes of School Classrooms Against Airborne Transmission of Infectious Respiratory Droplets: A review". *Building and Environment*, 207, 108484, 2022.
- [30]MONGE-BARIO, A. vd. "Encouraging Natural Ventilation to Improve Indoor Environmental Conditions at Schools. Case studies in the North of Spain Before and During COVID". *Energy & Buildings*, 254, 111567, 2022.
- [31]SIMANEC, B. vd. "Indoor Air Temperatures, CO₂ Concentrations and Ventilation Rates: Long-term Measurements in Newly Built Low-Energy Schools in Sweden". *Journal of Building Engineering*, 25, 2019.
- [32]SWEDEN <https://www.geminidataloggers.com/info/carbon-dioxide-air-quality-data-logger>. 9 Haziran 2022 de alındı.
- [33]VASSELLA, C. vd. "From Spontaneous to Strategic Natural Window Ventilation: Improving Indoor Air Quality in Swiss Schools". *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 234, 113746, 2021.
- [34]PULIMENO, M. vd. "Indoor Air Quality at School and Students' Performance: Recommendations of the UNESCO Chair on Health Education and Sustainable Development & the Italian Society of Environmental Medicine (SIMA)". *Health Promotion Perspectives*, 10(3), 2020.
- [35]ZEMITIS, J. vd. "The Study of CO₂ Concentration in a Classroom during the COVID-19 Safety Measures". *E3S Web of Conferences* 246, 01004 (2021) Cold Climate HVAC & Energy 2021.
- [36]<https://www.canada.ca/en/health-canada/services/air-quality/residential-indoor-air-quality-guidelines.html>. 10 Haziran 2022'de alındı.
- [37]Health Canada. "Residential Indoor Air Quality Guidelines, CARBON DOXIDE for Public Consultation", October 2021.

[38]2022 - QUBEC

<https://www.quebec.ca/en/education/preschool-elementary-and-secondary-schools/air-quality-schools#c138570>. 10 Haziran 2022 de alındı.

[39]CABRINI, M. vd "Investigation of Indoor Quality: Three School Ventilation Study". Prepared by for Toronto Catholic District School Board. February 12, 2021.

[40]VAICEKONYTE, R. "4 Indoor Air Quality Issues in Australian Schools and Ways to Address Them". 2022. <https://delos.com/resources/blog/4-indoor-air-quality-issues-in-australian-schools-and-ways-to-address-them/>

[41]LOH, J. Y. S. and ANDAMON, M.M. LOH, J. Y. S. and ANDAMON, M.M. "A Review of IAQ Standards and Guidelines for Australian and New Zealand School Classrooms". M.A. Schnabel (ed), Back to Future: Next 50 Years, 51st International Conference of the Architectural Science Associations (ANZAScA), pp. 695-702, 2017.

[42]CHENG, S.Y. vd. "How to Safely Reopen Colleges and Universities during COVID-19: Experiences from Taiwan". Annals of Internal Medicine · July 2020.

[43]LIU, K.F.R. "Health Risk Analysis of Indoor Air Pollution". International Journal of Environmental Science and Development, Vol. 6, No. 6, June 2015.

[44]ESTRELLA, E.P. vd. "Should Carbon Dioxide (CO2) Monitors be Used to Reduce Transmission of COVID- 19?". Philippine COVID-19 Living Clinical Practice Guidelines, CO2 Monitors to Reduce COVID-19 Transmission, 5 November 2021.

[45]HWANG, S.H. ve PARK, W.M. "Indoor Air Concentrations of Carbon Dioxide (CO2), Nitrogen Dioxide (NO2), and Ozone (O3) in Multiple Healthcare Facilities". Environ. Geochem. Health, 42:1487-1496, 2020. <https://doi.org/10.1007/s10653-019-00441-0>

[46]<https://www.reset.build/standard/air>. 9 Haziran 2022'de alındı.

[47]BIERWIRTH, P.N. "Carbon Dioxide Toxicity and Climate Change: a Major Unapprehended Risk for Human Health". Working Paper · March 2021. doi:10.13140/RG.2.2.16787.48168

Not: Limit değerlerin zamanla değiştiği bilindiğinden, bu bölümde kaynak olarak gösterilen internet adreslerinin incelendiği ve değişimin gözlenmediği son tarihler belirtilmiştir.

ÖZGEÇMİŞLER

Macit TOKSOY

1972'de İTÜ Makina Fakültesini bitirdi. 1976'da Ege Üniversitesinde Mühendislik Fakültesinde Doktora çalışmasını tamamladı. Ege Üniversitesi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsünde öğretim elemanı ve öğretim üyesi olarak çalıştı. 1978 - 1980 seneleri arasında North Carolina Eyalet Üniversitesinde misafir öğretim üyesi olarak çalıştı. 2013 senesinde endüstride çalışmak üzere emekli oldu. 2013-2018 yıllarında tam zamanlı olarak Eneko A.Ş'de çalıştı. 2019 başından bu yana tesisat sektöründe danışmanlık yapıyor.

Üniversitelerde çeşitli kademelerde yöneticilik yaptı. 2005 İzmir Üniversiyade Yaz Oyunları'nda Genel Koordinatör Yardımcısı, 2011 Erzurum Üniversiyade Kış Oyunlarında Genel Sekreter, 2013 Mersin Akdeniz Oyunlarında Genel Koordinatör Yardımcısı olarak görev aldı. Makina Mühendisleri Odası İzmir Şubesinde ve Türk Tesisat Mühendisleri Derneğinde yöneticilik yaptı, her iki kuruluşun çalışmalarına aktif olarak katkı koyuyor. MMO'nun düzenlediği Ulusal Tesisat Mühendiliği Kongresine ve TTMD'nin Uluslararası Yapıda Tesisat Sempozyumu organizasyonlarında yürütme kurullarında görev yaptı. MMO, TTMD, ASHRAE ve TIBTD üyesi, İSKİD Onur Üyesi, REHVA ve EUROVENT çalışmalarına katıldı.

Akademik çalışma alanları ısı transferi, güneş enerjisi, jeotermal enerjini doğrudan ve dolaylı uygulamaları. Diğer ilgi alanları: Üniversite Eğitimi, Proje Yönetimi, Uluslararası Spor Etkinliği Yönetimi, Dijitalleşme, Ortaçağda Aydınlanma. 170 civarında makale ve bildirinin yazarı. REHVA'nın bir ek kitabının yazarlarından biri. Evli iki çocuklu.

Sait Cemil SOFUOĞLU

DEÜ Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümünden mezun oldu. İTÜ Çevre Mühendisliği Bölümünde Araştırma Görevlisi olarak iki yıl çalıştı. Öğrenimine ABD'de devam edip yüksek lisans ve doktorasını Illinois Institute of Technology'den aldı. Halen, İYTE Çevre Mühendisliği bölümünde Prof. Dr. ünvanı ile çalışmakta, iç hava kirliliği, hava kirliliği ve maruziyet - risk değerlendirmesi konularında araştırmalar yapmakta ve dersler vermektedir.

◆ Devamı bir sonraki sayımızda yayınlanacaktır.