



**Bu bir MMO
yayıdır**

MMO bu yayındaki ifadelerden, fikirlerden, toplantıda çıkan sonuçlardan, teknik bilgi ve basım hatalarından sorumlu değildir.

OKULLARDA İÇ HAVA KALİTESİ VE YÖNETİMİ: GÜNÜMÜZ BİLGİ VE PRATİĞİ

**MACİT TOKSOY
ENEKO**



OKULLARDA İÇ HAVA KALİTESİ VE YÖNETİMİ: GÜNÜMÜZ BİLGİ VE PRATİĞİ

Macit TOKSOY

ÖZET

Sınıflardaki iç hava kalitesi (İHK), iç çevre kalitesinin altı bileşeninden (ısı konforu, iç hava kalitesi, aydınlanma, akustik konfor, koku, titreşim) biridir. Çocuk dostu, yüksek performanslı bir okul binasından beklenen özelliklerinden üç tanesi (1) okula devamlılığı arttırmak, (2) hatırlama aktivitesini yükseltmek, (3) öğrenme performansını geliştirmektir. Bu üç özellik okul içindeki, sınıflardaki iç hava kalitesi ile yakından ilgilidir. Yapılan araştırma sonuçlarına bakıldığında, tüm dünyada okul çocuklarının büyük bir bölümü iç hava kalitesi açısından uygun olmayan ortamlarda günlük hayatlarının önemli bir zaman dilimini geçirmektedirler. Bu olgu yetişkinlerin iç hava kalitesi uygun olmayan hacimlerde bulunmasından daha sorunlu bir durumdur. Çünkü çocuklar gelişme çağındadır olduklarından vücut ölçülerine göre izafi olarak yetişkinlerden daha fazla havayı solurlar. Böylelikle hava içindeki zehirleyici ve kirletici maddelere karşı daha büyük risk altındadırlar.

İç hava kalitesinin öğrencilerin sağlığını ve öğrenme performansını etkilediği araştırmalar sonucunda kesinlik kazanmıştır. Bu durum öğretmenler için de geçerlidir. Bu sonuç pek çok ülkede okulların iç hava kalitesi açısından durumunun belirlenmesine yönelik araştırmaların yapılmasına, okullarda iç hava kalitesinin iyileştirilmesi ve uygun iç hava kalitesinin sağlanabilmesi için (ABD’de, Avrupa Birliğinde, Brezilya’da olduğu gibi) çeşitli yöntemlerin geliştirilmesine ve uygulanmasına yol açmaktadır. Bu çalışmada okullarda iç hava kalitesi konusunda yapılan bu araştırmalar, bu araştırmaların ortak sonuçları, okullarda uygun iç hava kalitesinin sağlanması konusunda geliştirilen yöntemler ele alınmıştır.

Anahtar Kelimeler: İç Hava Kalitesi, Okul, İyileştirme.

ABSTRACT

Indoor air quality in classrooms, is one of the six components (thermal comfort, indoor air quality, lighting, acoustic comfort, odor, vibration) of the internal environment quality. Three of the features expected from a child-friendly high-performance school buildings are to improve (1) attendance rates, (2) retention and completion rates, (3) learning achievement. These three features within the school are closely related to indoor air quality in the classroom. According to the researches results, indoor air quality is unsuitable for most of the school children in a large part of the world where they spend a significant period of time in their daily lives. The results are healthier for children than the adults in an improper indoor air quality environment. Compared to their body size, growing children relatively breathe more air than adults. This is the reason why they are at greater risk to toxic contaminants in the air.

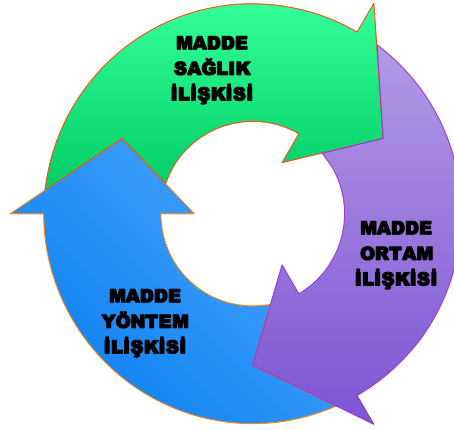
Research results definitely showed that health and learning performance of students are adversely affected by poor indoor air quality. This is also valid for teachers. These results caused to do researches in order to determine the characteristics of indoor air quality in schools and to improve and ensure the proper indoor air quality by developing and implementing various methods in many countries (such as in the US, Brazil, the European Union). Researches conducted on the indoor air

quality in schools, common results of these researches and methods of ensuring proper indoor air quality in schools are discussed in this study.

Key Words:

1. GİRİŞ

İç hava kalitesi insan sağlığı ve üretkenliği açısından önemli bir parametredir. Sağlık tehditlerine karşı daha korumasız olan çocukların zamanlarının önemli bir bölümünü geçirdikleri okulların iç hacimlerindeki hava kalitesi, en başta doğal kirlilik kaynağı (solunum) nedeniyle, tedbir alınmadığı takdirde, onlar için eğitim performanslarını ve sağlıklarını etkileyen ortamlar olurlar. Çocukları bu çevreden korumak için pek çok araştırma yapılmakta, bilgi ve teknoloji üretilmekte ve geliştirilmektedir. Bu bildirinin amacı okul iç (hava) çevresinin tanımlanmasındaki araştırmaları ve sınıf-okul içi kirlilik kaynaklarından korunmak için uygulanan yöntemleri gözden geçirmektir. İçindeki yaşadıkları hava kalitesinin insanlar üzerindeki etkilerinin belirlenmesi ve giderilmesi alanında yapılan araştırmaların üç temel döngüsel bileşeni vardır (Şekil 1):



Şekil 1: İç ortam kalitesi araştırma döngüsü.

1.1. Madde - Sağlık İlişkinin Araştırılması: Bu alan insanın solunumu ile fizyolojik prosesleri içine kattığı farklı gaz ve partiküllerin sağlığına (fiziksel ve mental fonksiyonlarına) etkisini araştırılmasıdır. EPA¹ (ABD), ECHA² (EU), WHO³ gibi çeşitli çevre sağlık organizasyonları ve otoriteleri, her yıl yapılan bu eksenindeki araştırmalar sonucunda insan sağlığına zararlı oldukları belirlenen yeni kimyasalların listesini yayınlamaktadırlar. Ayrıca bu maddelerin kullanımını sınırlayan kurallar getirmektedirler.

1.2. Madde - Ortam İlişkinin Araştırılması: Bu alanın amacı insan sağlığını etkileyen gaz ve partiküllerle yaşam alanlarımızda karşılaşma olasılığımızın araştırılmasıdır. Bir diğer deyişle yaşam hacimlerimizdeki iç ortam havasının bileşenlerinin ne olduğunun belirlenmesi, karakterizasyonudur. Her türlü kapalı hacimde geçici veya (maden ocakları gibi) sürekli yapılan ölçmeler sonucunda sağlık ve üretkenlik için risk oluşturan (solunum gibi) doğal nedenlerden veya yapay proseslerden (temizlik, trafik, fotokopi gibi) oluşan kirlilik

¹ Environment Protection Agency (USA)

² European Chemicals Agency (European Union)

³ World Health Organization (WHO)

kaynaklarının ve maddelerinin belirlenmesi önemli bir adımdır. Diğer yaşam hacimlerinde olduğu gibi okullardaki iç ortam kirliliğinin belirlenmesine yönelik pek çok araştırma yapılmıştır. Bu bildiride, bu alanda yapılan çalışmaların bazıları ülkeler bazında özetlenecektir.

- 1.3. **Madde – Yöntem İlişkisi Araştırılması:** İnsan sağlığını etkileyen gaz ve partiküllerin yaşam alanından uzaklaştırılması, kaynaklarının mümkünse yok edilmesi, kontrol edilmesi, yer değiştirmesi, çevrelenerek yayılmasının kontrol edilmesi, temiz hava ile veya filtrelenerek konsantrasyonunun azaltılması gibi önleyici tedbirlerin geliştirilmesi bu araştırma alanını oluşturmaktadır.

Bildiride önce UNICEF tarafından tanımlanan “çocuk dostu okul” özelliklerine ve bu özelliklerin iç hava kalitesi ile ilişkisine kısaca değinilmiştir. Daha sonra açık ve elde edilebilir kaynaklar kullanılarak, çeşitli ülkelerde iç hava kalitesi alanında yapılan araştırmalar, önemli görülen bulguları ile, özetlenmiştir. Bu bölümün amaçlarından biri de, tüm dünyadaki çocuk sağlığı ve okul iç ortamı arasındaki ilişki konusunda var olan ilgi ve duyarlılığın gösterilmesidir. Bu bölümde ilk olarak farklı ülkelerde farklı gruplar tarafından iç hava kalitesi alanında yapılan çalışmaların ilgi alanları itibarıyla bir sınıflandırılması yapılmıştır. Son bölümde ise iç hava kalitesi yönetimi alanında gelişmiş ülkelerde geliştirilen uygulamalar ışığında genel öneriler sunulmuştur.

Öğrenci sağlığı ve başarısı ile iç hava kalitesi arasındaki ilişkilerin belirlenmesi, iç hava kalitesini belirleyen şartların analizi (iç ortamların karakterizasyonu) ve nihayet kirliliğe maruziyetinin giderilmesi, çocuklar söz konusu olduğunda ülkeler çapında değil, kaynakların optimum kullanılmasını sağlamak ve hızlıca sonuca gitmek amacıyla dünya çapında harmonize olmuş çalışmaların yapılmasını gerektirmektedir. Bu gereklilik 1997 yılında bir Türk mühendis tarafından fark edilmiş ve Birleşmiş Milletlerin konuya sahip çıkması için ASHRAE tarafından oluşan adım atılması istemiştir⁴. Avrupa Topluluğu'nun bu alanda çok ortaklı ellinin üzerinde projeyi destelemesi söz konusu harmonizasyon için ümit veren adımlar olarak görülmektedir.

2. “ÇOCUK DOSTU OKUL” ve İÇ HAVA KALİTESİ

UNICEF tarafından 2009 yılında yayınlanan Çocuk Dostu Okul El Kitabı'nın giriş bölümünde herhangi bir günde dünyada 689 milyon çocuğun ilkokulda, 513 milyon çocuğunda orta okulda olduğu belirtilmektedir. Çocukların büyük bir zaman geçirdikleri okul ve sınıf çevrelerinin güvenli, sınıflarının iç çevre kalitesi açısından onlar için sağlıklı ortamlar olduklarından, en başta öğretmenler ve ebeveynler olmak üzere yetişkinler sorumludur. Çünkü çocuklar büyüklerine güvenirlir. 1997 yılında MUŞKARA'nın [EK 1] UNICEF için öngördüğü rol için adımlar atılmaya başlanmıştır. Unicef'in çıkardığı Çocuk Dostu Okul El Kitabı bu adımlardan biridir.

“Çocuk Dostu Okul” tanımı doğrultusunda bir okulun olması gereken özellikleri aşağıdaki gibi sıralanmıştır [1].

- Devamı arttıran okul olması.
- Ezberleme ve tamamlama hızını arttıran bir okul olması.
- Öğrenme başarısını arttıran bir okul olması.
- Öğrenciler için çekici olması;
- Çocuklar için güvenli, onları dışlamayan, hoş karşılayan bir okul olması.
- Fiziksel ve zihinsel engelleri olan çocuklar da dâhil olmak üzere tüm öğrencilere öğrenme ortamı sağlanması.
- Okul içinde bir topluluk hissi (kurumsal kültür) yaratılmış olması.
- Ebeveynlerin ve toplumun desteklediği ve katıldığı bir okul olması.
- Okul ile çevresindeki toplum arasında harmoninin gelişmiş olması;

⁴ Makina Mühendisi Turhan Muşkara, 1997-1998 yıllarında ASHRAE'ye başvurarak, özellikle dünyanın gelişmemiş ülkelerindeki okullardaki iç çevre şartlarının geliştirilmesiyle amacıyla UN ile işbirliğine gidilerek çalışmalar yapılmasını istemiştir. Bu başvurulara ait bir örnek EK 1'de verilmiştir.



- Öğrencinin iletişim içinde olduğu okul binası, okul bahçesi ve çevresinin harmonize olması.

Yapılan araştırmalar bu özelliklerden ilk üçünün hava kalitesi ile de ilgisi olduğunu göstermiştir:

- Sınıflarda CO₂ konsantrasyonunun 1000 ppm artması devamsızlığı izafi olarak %10 ile %20 arasında arttırmaktadır [2,3].
- Ülkeden ülkeye değişmekle birlikte çocukların %25'inde astım şikâyetleri, %12'sinde ise ciddi astım problemleri vardır [2]. Okullarda devamsızlığa neden olan en önemli etkenlerden biri astımdır[3]. Sınıflardaki hava kirliliğinin (nem ve küf) artması astım ile ilgili sağlık problemleri geliştiren ve tetikleyen bir faktördür [4].
- Daha fazla taze hava verilen sınıflarda okuyan çocukların akademik performansları düşük taze hava verilen sınıflarda okuyanlara göre % 14-15 düzeyinde daha yüksek olduğu bulunmuştur [4].

Bölüm 3'de verilen incelemelerden ve diğer kaynaklardan [4] görüleceği üzere, hemen hemen tüm dünyadaki okullarda her bir öğrenci için saptanması gereken taze hava miktarı (havalandırma debisi) günümüzde öngörülen minimum değerlerden daha azdır. Bu nedenle sınıflarda olması gerekenden daha fazla en başta CO₂ ve partikül maddeler olmak üzere kirlilik söz konusudur. Sınıflarda yeterli taze (ve temiz) hava debisi sağlandığında,

- kirlilik azalmakta buna bağlı olarak,
- enfeksiyon hastalıkları ve devamsızlık azalmakta,
- öğretmenlerin ortalama sağlıkları ve üretkenlikleri,
- öğrencilerin akademik performansları artmaktadır [4].

Unicef'in çocuklar için geliştirdiği kavram, "Çocuk Dostu Okul", özellikleriyle çok doğru tanımlanmıştır. Çocuk dostu okulların yaratılması için de sınıflarda yeterli havalandırmanın sağlanması en önemli araçlardan biri olmaktadır.

3. ÜLKELER VE OKULLAR: İÇ HAVA KALİTESİ

Okullarda iç hava kalitesi son yıllarda akademisyenlerin ve araştırmacıların giderek daha çok ilgisini çeken bir alan olmuştur. Bu alan sadece bir akademik ilgi alanı değildir. Söz konusu araştırmaların sonucunda iç hava kalitesi ile sağlık, akademik performans ve üretkenlik arasında analitik ilişkiler de tanımlanmaktadır [5]. Sonuçta bu araştırmalara göre yaşam ortamlarının tasarım parametreleri de (havalandırma debisi vs) belirlenmektedir.

Literatürdeki iç hava kalitesi ile okullar, öğrenci ve öğretmen sağlığı ve üretkenliği ile ilgili yapılan araştırmaların ilgi alanları aşağıda gibi sınıflandırılabilir:

- Hasta olma ile havalandırma arasındaki ilişki.
- Hastalık yüzünden okula gelememe ile havalandırma arasındaki ilişki.
- Performans (matematik testi – okuma) ile havalandırma arasındaki ilişki.
- Performans (kelime hatırlama, zaman ölçümü, resim hatırlama) ile havalandırma arasındaki ilişki.
- Sınıflardaki kirlenici konsantrasyonlarının seviyeleri.
- Kirlenicilerin, iç ve dış seviyeleri arasındaki ilişkiler.
- Kirlenicilerin birbirileri arasındaki ilişkiler.
- İç çevre bileşenlerinin (ısı konfor – akustik konfor – İç hava kalitesi) aralarındaki ilişkiler.
- Endüstriyel emisyonlar ile sınıf içi hava kalitesi arasındaki ilişkiler.
- Trafik emisyonları ile sınıf içi hava kalitesi arasındaki ilişkiler.
- Trafik cinsi (kamyon, otomobil vs) ile iç hava kalitesi arasındaki ilişkiler.
- Okullarda uygun olmayan iç hava kalitesinin nedenleri.



- Okullarda farklı havalandırma sistemlerinin iç hava kalitesi açısından karşılaştırılması.
- Okullarda farklı havalandırma sistemlerinin çocuklar öğrenciler tarafından algılanması ve çeşitli semptomlar açısından değerlendirilmesi.
- Okullarda iç hava kalitesini etkileyen küf oluşumu.
- Sınıflarda havalandırma senaryolarının hava değişim hızına etkisi.
- Sınıflarda havalandırma senaryolarının partikül konsantrasyonuna etkisi.
- Okul yerinin (şehir içi, şehir çekirdek çevresi, kırsal alan) iç hava kalitesine etkisi
- CO₂ seviyesi gözlemine bağlı pencere açılmasının sınıflarda enerji tüketimine etkisi.
- Okul yapı malzemelerinin ve bileşenlerinin iç hava kalitesine etkisi.
- Okul binalarının yaşları ile kirlilik yoğunluğu arasındaki ilişki.
- Dış hava ısı şartları (hava hızı, sıcaklık ve nem) ile iç hava kalitesi parametreleri (CO, CO₂, PM_{2.5}, PM₁₀) arasındaki ilişki.
- Sınıfın çevresindeki trafik yoğunluğu ile geometrik ilişkisinin (yakın uzak) iç hava kalitesine etkisi.
- Sınıfın iç hava kirliliğinin bulunduğu kat ile ilişkisi.
- Sınıfta kullanılan malzemelerle (yazı tahtası cinsi vs) iç hava kirliliği arasındaki ilişki.
- Kirlilik ölçüm yeri ile okul içindeki kirlilik ilişkisi.
- Kirlilik ölçüm yöntemleri ile çocuk sağlığı arasındaki ilişki.
- Kirliliğin okul içinde yerel dağılımı.
- Dış hava kirliliğinin okul içinde dağılımı, uğradığı değişiklikler.
- Okuldaki emisyonların tek başına çocuk sağlığına etkisinin belirlenmesi.
- Sosyoekonomik yapı ile okul içi hava kalitesi arasındaki ilişki.

Yukarıda sıralanan alanlarda yapılan çalışmaların en önemli sonucu, hemen hemen her ülkedeki okullarda, çoğunlukla diyebileceğimiz bir oranda, iç hava kalitesinin çocukların sağlığı ve performansı açısından, Dünya Sağlık Örgütü (WHO), EPA ve diğer ülke standartlarına uygun olmadığıdır. Bu sonucu doğuran farklı ülkelerde yapılan bazı araştırmaların bulguları aşağıda verilmiştir.

▪ Amerika Birleşik Devletleri

Okullardaki iç hava kalitesi ve buna bağlı sorunlar üzerine en fazla araştırmanın yapıldığı Ülke Amerika Birleşik devletleridir. Bu çalışmaların büyük çoğunluğu beş “review” makalede değerlendirilmiştir [6-11].

ABD’ de en başta EPA olmak üzere pek çok kurum⁵, okullardaki iç hava kalitesi ile ilgili araştırmaları desteklemekte, okullardaki iç hava kalitesi, öğretmen ve öğrencilerin sağlığı ve performansı üzerine yayın yapmakta, rehberler hazırlamaktadır.

Söz konusu yayınlarda öğrenci sağlığı ve başarısı açısından elde edilen önemli bulgular aşağıda verilmiştir.

EPA’ya göre [4]:

- Okulların çoğunda havalandırma yetersizdir.
- Okullarda yeterli havalandırma;
 - bulaşıcı hastalıkları azaltmaktadır;
 - öğretmenlerin sağlığı ve performansını yükseltmektedir;
 - öğrencilerin test başarılarını ve performanslarını yükseltmektedir.

Oak Ride National Laboratuvarları tarafından Amerikan Enerji Bakanlığı için yapılan bir araştırmaya göre [6] her beş okuldan birinde aşağıdaki sorunlara neden olan iç hava kalitesi problemleri vardır.

⁵ EPA, Greenguard Environmental Ins., Healthy School Network Inc, National Safety Council’s Environmental Health Center, Environmental Law Ins., Minnesota Pollution Control Agency, The Center for Green Schools, National Renewable Energy Laboratory.



- 1982 den bu yana okullarda astım problemi olan çocuk sayısı %49 artmıştır.
- Kötü iç hava kalitesi baş ağrısı, sersemlik ve konsantrasyon eksikliği yaratmaktadır.
- 10 yaşına kadar çocuklar, büyüklerden üç defa daha fazla soğuk algınlığı geçirmektedirler.

EPA tarafından desteklenen geniş bir literatür değerlendirmesine (review) göre iç hava kalitesi öğrencilerin okula devamlılıkları ve performansları, hava kirleticilerinin sağlık üzerine etkilerinden ötürü etkilenmektedir [7].

Lawrence Berkeley National Laboratuvarının bir yayınında havalandırma debisinin artırılmasıyla matematik ve okuma testlerinde öğrenci performansının %5 - %10 arasında artabileceği belirtilmektedir [12].

Bir çalışmada daha fazla taze hava verilen sınıflarda okuyan çocukların notlarının düşük taze hava verilen sınıflarda okuyanlara göre % 14-15 düzeyinde daha yüksek olduğu bulunmuştur [13].

Öğrenci sağlığı ve performansı ile ilgili diğer önemli bulgular [4] de verilmiştir. Çeşitli kuruluşların okullardaki iç hava kalitesi konusunda bilgilendirilmesi amacıyla pek çok rehber yayınlanmıştır [15-26]. ABD’de, okullarda iç hava kalitesinin iyileştirilmesi konusunda çoğunluğunu EPA’nın önerdiği (uygulama) programlarını içeren pek çok yayın da söz konusudur [27-37].

▪ **Almanya**

Çok sayıda okulda gerçekleştirilen karakterizasyon çalışmalarından bir tanesi Münih’teki şehir içinde, şehir çevresinde ve şehir dışındaki küçük yerleşim birimlerinde bulunan 64 okulda, kışın 92 sınıfta, yazın ise 75 sınıfta, gerçekleştirilmiştir [38]. Bu çalışmada PM_{2.5} ve PM₁₀ konsantrasyonları farklı iki teknikle ölçülmüş ve diğer parametrelerle (sınıf seviyesi, CO₂ konsantrasyonu, yaz ve kış olması, nem) aralarındaki ilişki istatistiksel analizlerle aranmıştır. Bu çalışmanın sonuçlarına göre kışın:

- Sınıfların %92’sinde CO₂ konsantrasyonu 1000 ppm değerinin, %60’ında da 1500 ppm’in üzerindedir.
- Sınıf seviyesi (8.sınıftan 1.sınıfa doğru) azaldıkça PM konsantrasyonu artmaktadır.
- CO₂ seviyesinin yüksek olduğu yerde PM konsantrasyonu da yüksek olmaktadır.
- Sınıflar ve sınıf seviyeleri küçüldükçe PM konsantrasyonu artmaktadır.

Yazın yapılan ölçümler PM ve CO₂ konsantrasyonlarının daha düşük olduğunu göstermektedir.

Almanya da yapılmış çalışmalardan bir tanesi okul yönetimleri açısından kurala dönüşen sonuçları itibariyle önemlidir. Bu çalışmada biri şehir içinde biri şehir dışında olan iki okulda, havalandırma debisi ve hafta içinde yapılan temizlik sayısı arasındaki ilişki aranmıştır [39]. Araştırma sonucunda PM₁₀ ile havalandırma debisi arasında bir korelasyon görülmemiş, ancak havalandırma debisi ile CO₂ arasında, haftada yapılan temizlik sayısı ile PM₁₀ arasında korelasyonlar belirlenmiştir. Bu çalışmadan sonra, Frankfurt’ta okullarda haftada beş gün ıslak yüzey temizliği yapılmasına zorunlu hale gelmiştir. CO₂ kirliliği için de bir havalandırma programı başlatılmış, öğretmen ve öğrencilere bir broşür ile doğru havalandırma ile ilgili bilgiler verilmiştir.

Ağustos 2008 tarihli İç Hava Hijyen Komisyonu tarafından okul binaları için yayınlanmış rehberde [35] sağlık sorunlarına sebep olan nedenler aşağıdaki gibi sıralanmaktadır:

- Sızdırmaz pencereler ve yetersiz havalandırma nedeniyle CO₂ konsantrasyonunda artma.
- Okul elemanlarında ve havasında aşırı nem ve sonucunda mikrobiyolojik gelişmeler.
- Okul malzemelerinden emisyonlar.
- Temizlik malzemelerinden gelen emisyonlar.
- Teknoloji ve bilim derslerindeki olası toz ve emisyonlar.
- İç ve dış kaynaklardan gelen partiküller.

Rehberde iç ortam havasındaki bu kirliliğin giderilmesi için, pencerelerin teneffüslerde tam olarak açılması, haftada en az iki defa sınıfların derslerde aşırı olarak havalandırılması, bütün bu tedbirler

yetmez ise mekanik havalandırılma yapılması önerilmektedir. Kış günlerinde pencerelerin açılmasından ötürü ortaya çıkacak ısı konforsuzluğun da, ısıtma sistemindeki rezerv kapasitenin kullanılarak hızla giderilmesi önerilmektedir.

Rehber aynı zamanda karbondioksit konsantrasyonu ile ilgili olarak havalandırma açısından alınabilecek tedbirlere veri olabileceği düşünülen aşağıdaki tabloyu içermektedir.

Tablo 1. Karbondioksit konsantrasyonu ve alınması gereken tedbirler [35].

Karbondioksit konsantrasyonu ⁶ (ppm)	Hijyenik değerlendirme	Öneriler
<1000	Hijyenik açıdan önemsiz	Herhangi bir tedbire gerek yok.
1000 - 2000	Hijyenik açıdan sorunlu	Havalandırma hızının, hava değişiminin artırılması
>2000	Hijyenik olarak kabul edilemez.	Havalandırma debisinin artırılmasının gözden geçirilmesi ve gerekli ise daha aşırı tedbirlerin (öğrenci sayısının azaltılması gibi) alınması

Okullardaki iç hava kalitesi, ısı konfor ve enerji tüketimi üzerine son yıllarda yapılan deneysel verilerle denetlenmiş sayısal çalışmalardan biri Bavyera'da (Almanya) yeni yapılmış bir okul için gerçekleştirilmiştir [40-42]. Bu okul ısı geri kazanımlı deplasmanlı havalandırma sistemi ile ısı pompalı bir ısıtma ve soğutma sistemine sahiptir. Çalışmada 30 öğrencili ve 1 öğretmenli, 9.77 m x 7.75 m x 3.0 m ölçülerindeki bir sınıfta hız, sıcaklık, konsantrasyon dağılımları CFD tekniği ile bulunmuştur.

Ana yazarları olarak aynı grup tarafından yayınlanan bu çalışmaların ikisinin önemi sınıf içinde (CO₂ temelinde) iç hava kalitesinin ve (sıcaklık, hava hızı ve tatminsizlik yüzdesi temelinde) ısı konforun kararlı ama yere bağlı dağılımını incelenmesidir [40,43, 40]. Benzeri bir çalışma Türkiye'de de gerçekleştirilmiştir [44]. Böylelikle havalandırma debilerinin yerel konforsuzluklara etkisinin değerlendirilmesi mümkün olmaktadır.

▪ Avrupa Birliği

Avrupa Birliği tarafından desteklenen ve/veya Avrupa ülkelerinde yapılan çeşitli araştırmalar, insanların yaşadıkları kapalı hacimlerde iç hava kalitesi problemleri olduğunu göstermektedir. İç çevre kalitesini belirleyen kirleticilerin limit değerleri de ülkeden ülkeye değişmektedir [45]. Okullardaki havalandırma debisinin ülkeden ülkeye farklılığını göstermek üzere yapılan bir çalışmada [46], içinde 26 öğrencinin bulunduğu 50 m² büyüklükte bir sınıf için, sekiz farklı standarda göre bulunan minimum hava debileri 281 m³/h ile 1296 m³/h arasında değişmektedir (Tablo 2).

Tablo 2. 26 öğrencinin bulunduğu 50 m² büyüklükteki bir sınıfta farklı standartlara göre hesaplanan minimum taze hava debileri [46].

Ülke	Standard	Hava debisi (m ³ /h)
İngiltere	Building Bulletin 101 v1.4- 5th July 2006,	497
USA	ASHRAE 62/1- 2007	780
Portekiz	RSECE Dec-Lei 79/2006	281
Fransa	RŞDTYP Reglement Sanitaire Departemental Type	390
Finlandiya	Building Code Part D2	468
Danimarka	Danish Building Code 2003	562

⁶ Herhangi bir andaki ani değeri .

Avrupa Birliği	EN 15251 : 2007		I	II	III
		A	428	718	1026
		B	446	781	1116
		C	578	907	1296

Tablo 2, Avrupa'daki ulusal kodların havalandırma açısından birbirinden ne kadar farklı olabileceğinin iyi bir göstergesidir.

Avrupa Birliğinin çeşitli organlarının iç hava kalitesi ve insan sağlığı ile ilgili alanlarda desteklediği oldukça çok proje vardır (Tablo 3). Bu projelerin genel değerlendirmeleri ve birbiriyle olan ilişkileri [47,48] 'de verilmiştir. Bu projelerin hemen hepsi birden fazla (ülkeden) ortaklı projelerdir. Çoğunluğu son 15 yılda gerçekleştirilen bu çok ortaklı projelerin sayısı göz önüne alındığında Avrupa Topluluğu'nun ve üye ülkelerin okullardaki iç hava kalitesine ne kadar önem verdiği görülmektedir.

Tablo 3. Avrupa Birliği tarafından desteklenen iç hava kalitesi ile ilgili projeler.

No	Proje	No	Proje	No	Proje	No	Proje
1	2-FUN	15	EFA	28	HESE	41	PATTY
2	AIRALLERG	16	EnVIE	29	HESEint	42	PEOPLE
3	AIRMEX	17	ENVIRISK	30	HITAE	43	PILOT MONIT IA
4	BIBA	18	EORPLYMPH	31	HOPE	44	PINCHE
5	BIBA	19	EU Radon Mapp.	32	IAIAQ	45	PRONET
6	BUMA	20	EXPOLIS	33	IAQ ranking/ VITO	46	RADPAR
7	BREATH	21	GABRIEL	34	IndEx	47	RUPIOH
8	CAIR4HEAKTH	22	GAZLEN	35	Indoor Expo	48	SAUDAR
9	CHILDRENGENONETWORK	23	GEN-AIR	36	INTRASE	49	SCHER
10	DROPS	24	GERIE	37	MACBETH	50	SEARCH
11	E21 – 4 AYC	25	HEALTHYAIR	38	MOCALEX	51	SINPHONIE
12	EC AUDIT	26	HEIMTSA	39	NOMIRACLE	52	THADE
13	ECA	27	HELIOS	40	OQAI	53	WHO Project
14	ECHRS II						

Bu projeler içinde SINPHONIE⁷ projesi, özellikle okullar için geliştirilmiş 25 Ülkenin ve bu ülkelerdeki 38 kurumun katıldığı bir projedir. 300 civarında uzman projede yer almıştır. 23 ülkede 114 okulda yürütülen bu projenin amacı,

- projenin başladığı tarihe kadar yapılan çalışmaların kritik bir değerlendirmesini yapmak,
- Avrupa Birliği'ndeki okulların iç hava kalitesi açısından daha iyi bir karakterizasyonunu gerçekleştirmek,
- okullar için iç hava kalitesi konusunda öneriler ve rehberler geliştirmek,
- geliştirilen öneri ve rehberleri politikalarının belirlendiği organlara götürmektir. (anlamadım.)

Proje kapsamında 264'ü okul öncesi çocuk olmak üzere 5175 öğrencinin maruz kaldıkları emisyonlar değerlendirilmiştir.

⁷ SINPHONIE: Schools Indoor Pollution and Health Observatory Network in Europe

SINPHONIE projesi kapsamında bir rehber [49], öğretmenler, öğrenciler, okul yöneticileri ve ebeveynler için çıkarılmış 20 dilde üç adet broşür [50], proje raporu ve yönetici özeti yayınlanmıştır [51]. Ayrıca çalışmalar esnasında üç tane de bülten yayınlanmıştır. Bu projenin sonuçlarından bazıları aşağıda verilmiştir [51]:

- Okulların %86'sında havalandırma debisi gerekenden daha azdır. Bunun sebeplerinden bir tanesi aşırı öğrenci yoğunluğu, ikincisi de gerekli havalandırma debisinin tespitinde öğrenci başına havalandırma debisi seçileceğine, sınıf hacmine bağlı hava değişim katsayısının belirlenmesidir.
- Batı ve kuzey Avrupa ülkelerinde ortalama karbondioksit seviye 1000 ppm'den küçük iken, Orta ve Güney Avrupa ülkelerinde 1500 ppm'den büyüktür.
- Öğrencilerin ve öğretmenlerin %50'si yüksek seviyede endotoksinlere ve mikroplara maruz kalmaktadırlar.
- Çocukların %60'ından fazlası $13 \mu\text{g}/\text{m}^3$ den fazla formaldehite maruz kalmaktadırlar.
- Öğrencilerin %13,ü $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'den fazla %85'i de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'den fazla $\text{PM}_{2,5}$ konsantrasyonuna maruz kalmaktadırlar.
- Çocukların %50'si $100 \text{Bq}/\text{m}^3$ den fazla radona maruz kalmaktadırlar.
- Çocukların %25'i $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'den fazla benzene maruz kalmaktadırlar.

Görülüyor ki, yoğun bir uzman ve kurumun katıldığı, nispeten harmonize edilmiş ölçme ve değerlendirme yöntemleriyle yürütülen bu projenin sonuçlarına göre, Avrupa'daki okullarda günümüz izin verilebilir sınırlarının ötesinde iç hava kirliliği söz konusudur.

Bu iç ortama hava kirliliğinin sonucunda:

- Öğrencilerin %1.5'i (100.000 öğrenci) okulda, bunlarından üçte biri sınıfta astım atağı geçirmektedir.
- Öğrenciler içinde astım, burun alerjisi ve egzama yaygınlığı sırasıyla %8, %9 ve %17'dir.
- Tüm öğrencilerin %47'si burun tıkanıklığı ile başlayan nezle, üşüme, baş ağrısı, yorgunluk ve yanan boğaz ve bunların devamı rahatsızlıkları yaşamaktadırlar.
- Öğrenciler ve öğretmenler kirli iç ortam havası nedeniyle sağlık riskleriyle karşı karşıyadırlar.

Resmi olarak 2010 – 2012 yılları arasında sürdürülen, sonuçları 2014 yılı sonunda yayınlanan SINPHONIE projesinde kullanılan harmonize edilmiş ölçme ve değerlendirme yöntemleri, sonuçları ve önerileri ile okullarda iç hava kalitesi açısından önemli bir kilometre taşı olarak görülmektedir.

Tablo 3'de yer alan projelerden bazıları da önemli sonuçlarıyla aşağıda özetlenmiştir.

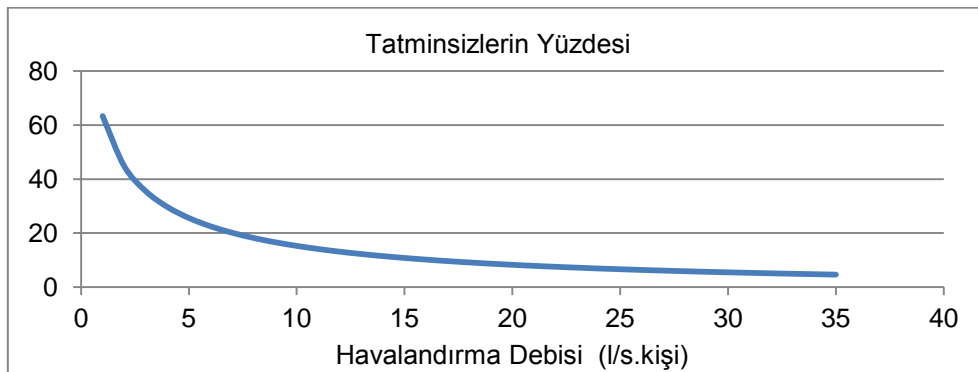
İç hava kalitesi konusunda gerçekleştirilen ilk projelerden bir tanesi European Colaborative Action (ECA) projesidir. Bu projenin sonunda yapılan yayınlardan bir tanesinde [52] verilen bir diagram kişi başına sağlanan taze hava debisi ile tatminsizlik yüzdesi arasındaki ilişkiyi vermektedir (Şekil 2). Söz konusu ilişki 168 kişi ile yapılan araştırmalar sonucunda analitik olarak da ifade edilmiştir:

$$\text{PD} = 395 - \exp(-1.83 \cdot q \cdot 0.25)$$

$$q > 0.32 \text{ l/s.kişi}$$

$$\text{PD} = 100$$

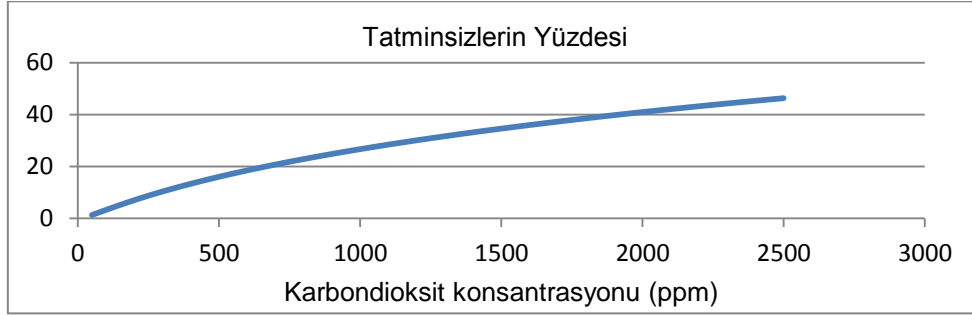
$$q < 0.32 \text{ l/s.kişi}$$



Şekil 2. Kişi başına havalandırma debisine bağlı olarak tatminsizlik yüzdesinin değişimi [52].

Bu çalışmanın önemli sonuçlarından bir tanesi de ortamdaki karbondioksit konsantrasyonu ile tatminsizlerin yüzdesi arasındaki analitik ilişkidir (Şekil 3):

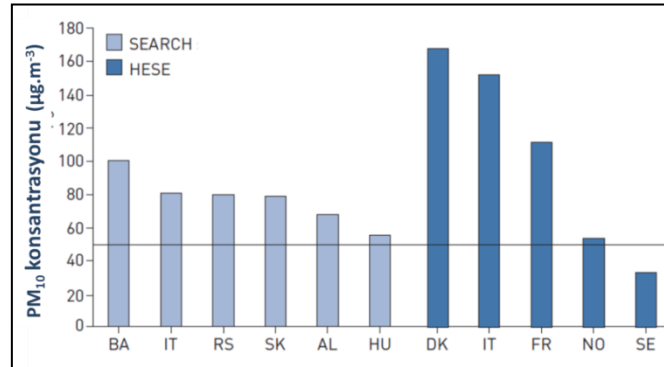
$$PD = 395 \cdot \exp(-15.15 \cdot CO_2^{-0.25})$$



Şekil 3. Karbondioksit konsantrasyonu ile tatminsizlerin yüzdesi arasındaki ilişki [52]

HESE [53], SEARCH [54] projeleri, okullarda iç hava kalitesi ile ilgili ve Avrupa Birliği'nin desteklediği, birden fazla ülkede (HESE: 5 ülke, Tablo 4; SEARCH: 8 ülke⁸) son on yılda yürütülen önemli geniş hacimli araştırma projeleridir. Bu projelerin temel amacı çocukların sağlığı ile iç hava kalitesi arasındaki ilişkinin, ortak-harmonize edilmiş yöntemlerle, belirlenmesi ve değerlendirilmesidir.

HESE ve SEARCH projelerinin sonuçlarına göre, 11 Ülkenin sadece bir tanesinde ölçülen 1 günlük PM₁₀ konsantrasyonu EPA'nın belirlediği yıllık 50 µg.m⁻³ değerinden düşüktür (Şekil 4) [55].



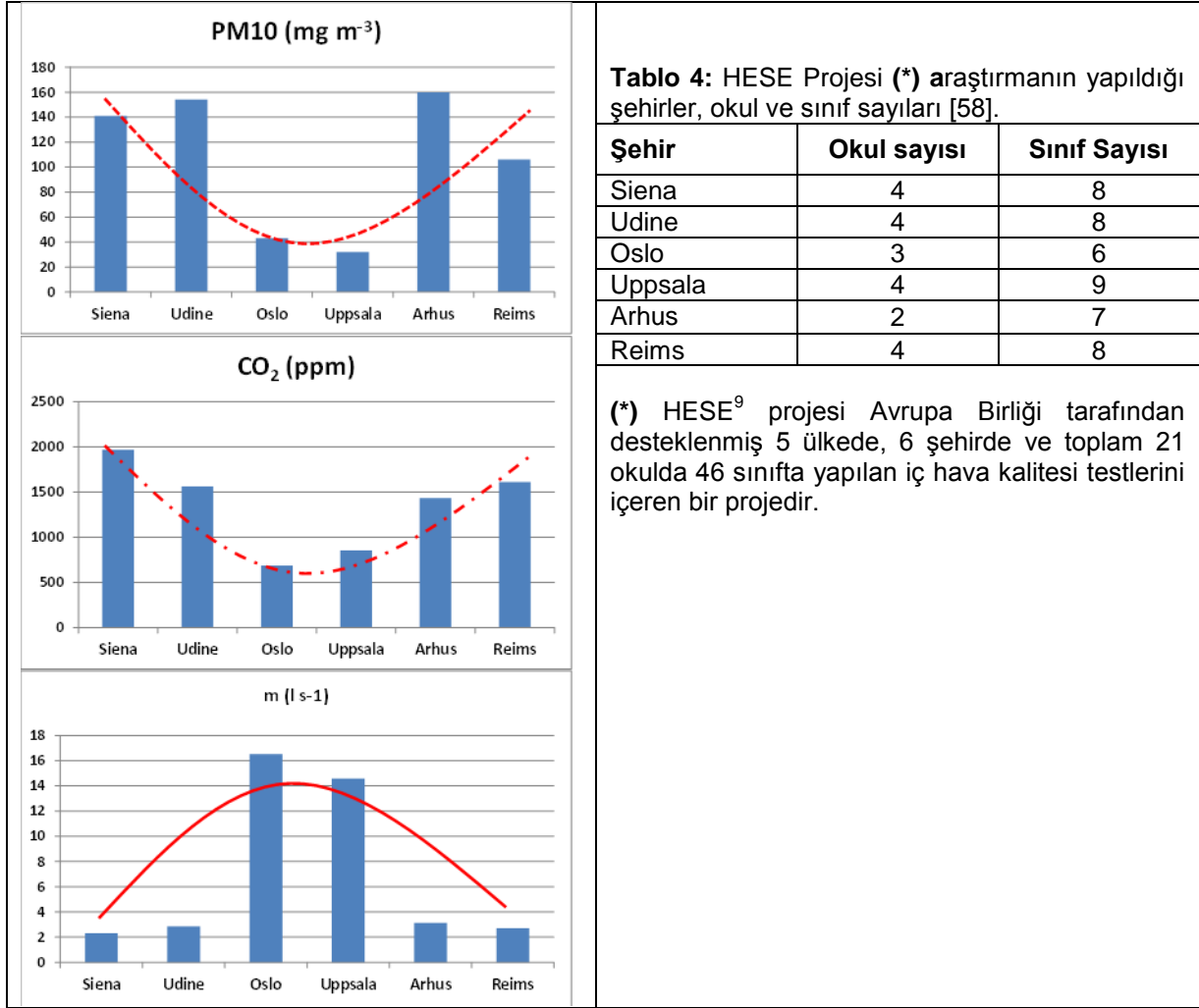
Şekil 4. HESE ve SEARCH Projesi sonuçlarına göre farklı ülkelerde PM₁₀ konsantrasyonu [55].

HESE projesi sonuçlarına göre çalışma yapılan 21 okuldaki 48 sınıfın %78'inde PM₁₀ konsantrasyonu 50 µg.m⁻³'den, CO₂ konsantrasyonu da 1000 ppm'den büyüktür [56]. 1000 ppm üzerindeki karbondioksit konsantrasyonu çocuklar için kuru öksürük ve nezle riski oluşturmaktadır [58].

HESE projesi içerisinde yapılan çalışmalardan havalandırma debisinin partikül ve karbondioksit konsantrasyonuna etkisi açıkça görülmektedir (Şekil 5).

Avrupa Birliği'nin desteklediği çalışmalardan bir tanesi de HITAE [57] olarak adlandırılan bir başka çok uluslu çalışmadır. Bu çalışmada İspanya, Hollanda ve Finlandiya'daki 29'u nemden hasar görmüş 27'si nemden hasar görmemiş okuldaki, 9271 öğrencinin verdiği bilgilere (self reporting) ve gözlemlere dayalı olarak nem hasarlı bina ile kuru öksürük (Nocturnal dry cough) arasında yakın bir ilişki bulunmuştur. Diğer iki ülkeden farklı olarak Finlandiya'daki öğrencilerde okula devamsızlığa neden olan solunum rahatsızlıklarına varan diğer sağlık sorunları da gözlenmiştir [58].

⁸ Arnavutluk, Avusturya, Bosna, İtalya, Macaristan, Norveç, Sırbistan, Slovakya



Şekil 5. Havalandırma debisi ile CO₂ ve PM₁₀ konsantrasyonu arasındaki ilişki [58] .

▪ Avustralya

Bir ilk okulda, iki hafta boyunca okul içinde ve dışında yapılan yoğun partikül sayısı ölçümlerine göre hava değişim sayısı (havalandırma debisi) arttıkça iç ortamdaki partikül sayısı konsantrasyonu azalmıştır [59].

Avustralya'da yapılan çalışmalardan bir diğeri iç hava kalitesi karakterizasyonunda kullanılan yöntemlerin incelendiği ve değerlendirildiği bir çalışmadır [60]. Çalışmanın amacı özellikle trafik emisyonlarının öğrencilerin sağlığına etkisinin belirlenmesine yönelik yöntemlerin değerlendirilmesidir. Ayrıca 16 ülkede 19 lokasyonda, okullarda araç trafiğinden kaynaklanmış kirletici ölçümleri, cinsler ve diğer özellikleriyle birlikte özetlenmiştir. Çalışmada kirliliğin okul içinde ve dışında yerel dağılımının önemi de irdelenmiştir.

Bu bildiri [60] okullardaki iç hava kalitesinin belirlenmesi (öğrencilerin maruz kaldıkları emisyonların karakterizasyonu) konusunda araştırma yapacakların yöntem seçimi, kirleticilerin kaynağına yaklaşımı açılarından değerlendirmeleri gereken bir çalışmadır. Çalışmada aşağıdaki ilişkiler tartışılmıştır

⁹ Health Effects of School Environment



- Kirlilik ölçüm yeri ile okul içindeki kirlilik ilişkisi.
- Kirlilik ölçüm yöntemleri ile çocuk sağlığı arasındaki ilişki.
- Kirliliğin okul içinde yerel dağılımı.
- Dış hava kirliliğinin okul içinde dağılımı, uğradığı değişiklikler.
- Okuldaki emisyonların tek başına çocuk sağlığına etkisinin belirlenmesi.
- Sosyo-ekonomik yapı ile okul içi hava kalitesi arasındaki ilişki.

▪ Belçika

Belçika'da, 27 Okul içinde ve dışında yapılan bir araştırma, en fazla sayıda kirlenici¹⁰ karakterizasyonu içeren araştırmalardan biridir [61]. Çalışmada dış ortam konsantrasyonlarının öğrenci sağlığı açısından endişe yarattığı belirtilmektedir. İç ortamdaki yüksek PM_{2.5} ve benzen hariç olmak üzere BTEX bileşenleri açısından iç ve dış konsantrasyonlar arasında bir ilişki görülmemiştir. Yine Belçika'da, Flaman bölgesindeki 460 okulda yapılan bir çalışmaya göre %41 okulda havalandırma yetersizdir [62].

▪ Birleşik Arap Emirlikleri (BAE)

Dubai'de kırsal kesimdeki Fujairah kentinde 16 okuldaki 16 sınıfta, iç çevre kalitesine ait hava sıcaklığı ve nemi, TUOB¹¹, CO₂, CO, O₃ konsantrasyonları, partikül madde miktarı, gürültü ve aydınlatma seviyeleri ölçülmüş ve değerlendirilmiştir [63]. BAE'de öngörülen maksimum limit değerlerine göre CO₂, PM, TUOB, gürültü ortalama değerleri öngörülen maksimum değerlerden daha yüksektir. Ölçülen ortalama partikül miktarı (1730 µg/m³) öngörülen değerden yaklaşık 6 katıdır (300 µg/m³). BAE'de CO₂ için öngörülen maksimum konsantrasyonu 800 ppm'dir; ölçülen değer iki katıdır (1605 ppm). Aydınlatma seviyesi ise öngörülen minimum değerden daha küçük çıkmıştır. Araştırmada sonuç olarak iç çevre kalitesi açısından göz önüne alınan 16 okuldaki iç çevre koşulları uygun bulunmamıştır.

▪ Danimarka

Farklı havalandırma sistemlerinin (el ile açılabilen pencere - otomatik açılan pencere - egzoz fanı + otomatik pencere - mekanik havalandırma) karşılaştırıldığı bir araştırmada CO₂ konsantrasyonu açısından en düşük konsantrasyonun mekanik havalandırma halinde olduğu görülmüştür [64]. Aynı araştırmacıların bir başka çalışmasında ise farklı havalandırma sistemlerinin iç hava kalitesi açısından algılanmaları ile semptomlarla ilişkileri incelenmiştir [65].

Danimarka'daki okulların %88'inde karbondioksit konsantrasyonunun 1200 ppm'in üstünde olduğu belirtilmektedir [62].

İç hava kalitesi ile performans arasındaki önemli bulgulardan birine yine Danimarka'daki okullarda yapılan bir araştırmada ulaşılmıştır. Bu çalışmada ödevleri yapma (akustik doğrulama ve matematik sorusu çözmeye) hızının havalandırma debisinin artırılması ile %14'e kadar arttığı belirlenmiştir [66].

Bir başka çalışmada, sınıflarda çocukların pencereleri açmalarının havalandırma gereksiniminden çok gelenek ve alışkanlıklarla ilgili olduğu görülmüş ve kışın daha az açıldığı izlenmiştir [65].

¹⁰ PM_{2.5} (K, Ca, Ti, V, Cr, Mn, FE, Ni, Cu, Zn, Br, PB, Al, Si, S ve siyah duman bileşenleri, NO₂, SO₂, O₃, BTEX, Benzen, Toluen, Etilen Benzene, Ksilen)

¹¹ TUOB: Toplam Uçucu Organik Bileşenler.

▪ Dubai

Dubai’de okullardaki iç hava kalitesi alanında ilk olan bir araştırmada, dört farklı okuldaki 6 – 12 yaş aralığındaki çocukların eğitim aldığı dört sınıfta, bir günde okul zamanı boyunca, öğretmen masasına yakın bir yerde TUOB, CO₂, CO, O₃, TPM¹², formaldehit, bağıl nem ve sıcaklık ölçümleri yapılmıştır [67]. Sınıflarda herhangi bir havalandırma sistemi yoktur. Pencereleler açılmamaktadır. Sınıfların ilk ders öncesinde deterjan kullanılarak temizlendiği ve sınıflara koku sıkıldığı (air freshner spray) izlenmiştir. Enfiltrasyon dışında sadece kapı açıldığında hava değişimi mümkün olmaktadır. Ölçüm sonuçlarına göre TUOB, CO₂ ve TPM değerleri ulusal ve uluslararası limit değerlerin üzerinde çıkmış ve bu şartların çocuklar için sağlık problemleri doğurabileceği belirtilmiştir.

▪ Fransa

Yapılan araştırmalardan bir tanesi, iç hava kalitesi ile dış hava kalitesi arasındaki ilişkinin bina geçirgenliği göz önüne alınarak arandığı bir çalışmadır. Bu çalışmada 8 okulda 2 hafta boyunca dış ve iç hava kalite bileşenleri ölçülmüştür [68]. Çalışmanın amacı, bina geçirgenliği göz önüne alınarak, bir okulun iç hava kirliliğini dış hava değerleri kullanarak tahmin etmektir. Bu çalışmada ölçülen iç ve dış değerlerin kullanıldığı bir başka çalışmada istatistik analizi yapılarak birbirleri arasında pozitif, negatif ve hiç ilişki bulunmayan parametreler belirlenmiştir [69]. Bu çalışmalara benzer bir başka çalışmada kırsal, şehir içi ve endüstriyel bölgelerdeki üç okuldaki üç sınıfta, yine iki haftalık bir dilimde yapılan iç ve dış parametrelerin eş zamanlı olarak ölçülmesiyle yapılan karakterizasyon çalışmasıdır [70]. Sınıflarda tebeşir kullanılmakta, havalandırma açılan pencerelerle sağlanmaktadır. Yapılan ölçüm ve değerlendirmelere göre, benzer pek çok çalışmada olduğu gibi, PM₁₀ konsantrasyonu sınıf içlerinde çocukların olduğu zamanlarda, dışarıya göre daha fazladır ve WHO tarafından belirlenmiş limitin üzerindedir. Bunun ana nedeni sınıflardaki öğrenci aktiviteleridir. İç PM₁₀ konsantrasyonu okul yerlerine göre çok farklılık göstermemekle beraber, okul yerlerine göre bileşenleri açısından dış kirlilik nedeniyle farklılıklar göstermektedir.

Fransa’da yapılan araştırmaların bir tanesi de kırsal bölgelerdeki okullarla şehir içindeki okullarda iç hava kalitesinin ve etkilerinin karşılaştırılması üzerinedir. Göz önüne alınan bağımlı değişkenler astım ve alerjidir. Kırsal bölgelerdeki çocuklarda astım ve alerjinin yaygınlığı daha düşük bulunmuştur [71].

Fransa’da okullardaki iç hava kalitesi ile ilgili az sayıdaki araştırmayı da içeren bir derleme de [72] de yer almaktadır.

▪ Filistin

Filistin’de Gazze bölgesinde yapılan bir çalışmada istatistik analizle dış hava şartları (hava hızı, sıcaklık ve nem) ile iç hava kalitesi parametreleri (CO,CO₂, PM_{2.5}, PM₁₀) arasındaki ilişki aranmıştır [73]. Ölçümler Gazze Şeridi’ndeki doğal olarak havalandırılan 12 okuldaki 3’er sınıfta, sonbahar, kış ve ilk bahar aylarında yapılmıştır.

- Ortalama olarak PM₁₀ ve PM_{2.5} değerleri WHO standartlarının (50 µg/m³) çok üzerindedir. Bunun sebebi dış ortamdaki yüksek PM₁₀ ve PM_{2.5} konsantrasyonları ile ve sınıf tahtasından gelen tebeşir tozlarının sınıf içi aktivitelerle dağılmasıdır.
- Kış ve bahar aylarında, aşırı kalabalık öğrenci sayılarından ötürü, CO₂ konsantrasyonu dış konsantrasyonundan 2 kat fazladır.
- İstatistik olarak, sınıflar içindeki PM₁₀ ve PM_{2.5} değerleri ile dış hava PM₁₀, PM_{2.5}, CO,CO₂ değerleri arasında güçlü pozitif bir korelasyon vardır. Sıcaklığın ve sezonluk modelde bağıl nemin PM₁₀ ve PM_{2.5} konsantrasyonlarına etkisi gözlenmiştir.

¹² TPM : Toplam Partikül Madde

▪ Finlandiya

Dünyanın en iyi okullarına sahip Finlandiya'da, diğer İskandinav ülkeleri gibi, ortalama dış sıcaklığın çok düşük olmasından ötürü alınan enerji tasarruf tedbirleri ile doğal havalandırmanın kısıtlanması nedeniyle, binalarda uygun iç hava kalitesinin yaratılması önemli bir alan haline gelmiştir. Bu bağlamda pek çok araştırmanın da yürütüldüğü açık literatürden görülmektedir.

Bu araştırmalardan birinde okullardaki yetersiz havalandırmayı iyileştirmek için bir çok zorluğun olduğu belirtilmekte bu sorunların başında da okul sahipleri ile okulda çalışanların iç hava kalitesi, sorunları ve nasıl giderileceğini bilmemeleri, yatırım ve işletme maliyetlerinin onları korkutması olarak belirtilmektedir [74]. Bu çalışmada 15 okulda renovasyon-yenileme çalışması yapılmış, renovasyon öncesi ve sonrası karbondioksit esaslı iç hava kirliliği farklılığı gözlenmiştir. Renovasyon öncesi okulların havalandırma sistemi doğal havalandırma iken, ısı geri kazanımlı (IGK) mekanik havalandırma uygulanmıştır. Doğal havalandırma yapılan sınıflarda, ISK Havalandırma uygulaması sonrası karbondioksit konsantrasyonu 850 ppm azalmıştır. 15 okulun 11'inde karbondioksit konsantrasyonu 1500 ppm 'in üzerinde iken, IGK havalandırma ile 1500 ppm 'in altına düşürülmüştür.

Isı geri kazanımlı havalandırma cihazı kullanılarak yapılan benzeri bir yenileme çalışmasında elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir.

Tablo 5. Yenileme öncesi ve yenileme sonrası karşılaştırma [75].

	45 dakika içinde maksimum CO ₂ konsantrasyonu (ppm)	Öğretmenlerin değerlendirmesi	
		Yetersiz hava	Ağı Hava
Yenileme öncesi	1500 – 1700	%67	%44
Yenileme sonrası	650 – 750	%22	%13

297 okuldaki 4248 anketli bir başka araştırmada, bahar yarıyılında öğrencilerin %7,7'sinde yorgunluk, %7,3'ünde burun sorunları, %5,5'üğünde baş ağrısı olduğu belirlenmiştir. Yüksek sıcaklık veya düşük havalandırma hızının, sınıflar içinde ağır bir hava ve kötü iç hava kalitesine neden olduğu izlenmiştir [76].

Finlandiya'nın doğusunda iç hava kalitesi parametrelerinin (sıcaklık, nem, CO₂ ve TUOB konsantrasyonu) ölçüldüğü 10 okuldan iki tanesine ait veriler, bir çalışmada Finlandiya'daki iç hava kalitesi standartlarına göre değerlendirilmiştir [77]. Değerlendirilen parametreler 2011 ve 2012 yıllarında 8 aylık aynı periyotta sürekli olarak ölçülen CO₂ ve TUOB konsantrasyonlarıdır. Bu veri setinin değerlendirilmesinin nedeni iki okulun da 1968 senesinde yapılmış ve 2006 ile 2007 yıllarında ile yenilenmiş olmalarıdır. Havalandırma sistemi mekanik havalandırmadır.

Finlandiya Sağlık Ve Sosyal İşler Bakanlığına göre bir ortamın CO₂ konsantrasyonuna değerlendirilmesi aşağıdaki gibidir:

CO ₂ ≤ 1500	Kabul edilebilir
1200 < CO ₂ ≤ 1500	Tatmin edici değil
CO ₂ ≥ 1500	Kabul edilemez.

EN 15251'i esas alan 2008 Finlandiya İç Hava İklimi dokümanına göre ise bir iç ortamın sınıflandırılması üç aralıkta yapılmaktadır. :

S1	CO ₂ ≤ 750	Adlandırma: Bireysel (individual). Tanımlama: çok iyi
S2	750 < CO ₂ ≤ 900	Adlandırma: Konforlu. Tanımlama: iyi
S3	CO ₂ ≥ 900	Adlandırma: Tatmin edici. Tanımlama: Tatmin edici

Her iki okulda birer sınıfta yapılan, CO₂ ve TUOB ölçümleri arasında farkın öğrenci sayısı farklılığından kaynaklanabileceği not edilmiştir. Ancak her iki sınıftaki İç hava kalitesi, 8.00 – 15.00 okul saatleri içindeki CO₂ ve TUOB seviyelerine göre önerilen sınırların altındadır:

CO ₂ ≤ 750	TUOB ≤ 5 ppm
-----------------------	--------------

▪ Hindistan

Araç trafiğinin okul dışı ve içinde yarattığı kirlilik üzerine olan ve uzun ölçme periyotlarını içeren araştırmalardan biri de Delhi de, PM_{10} , $PM_{2.5}$ ve $PM_{1.0}$ konsantrasyonlarının değişimi üzerine yapılmıştır [78]. Ölçüm yapılan doğal havalandırılmalı sınıfın (kapı ve pencerelerinin açılması, enfiltrasyon) yoğun trafiği olan bir yola uzaklığı 36.9 metredir. Ölçümler ağustos, eylül, kasım, aralık, ocak ve şubat aylarında minimum 6 maksimum 12 gün olmak üzere, 00:08 – 14:00 saatleri arasında genel olarak hafta içi üç gün ve hafta sonları 2 gün olmak üzere yapılmıştır. Böylelikle kirliliğin gün, hafta ve yıl boyunca değişiminin izlenmesi hedeflenmiştir. Ölçümlerin haftasonları da yapılması nedeniyle, RSPM'in¹³ konsantrasyonlarına öğrenci aktivitelerinin etkisini ölçme imkânı da bulunmuştur.

Yapılan ölçmelere göre PM_{10} kirliliğinin nedeni iç kaynaklıdır ve öğrenci aktivitesine bağlıdır. $PM_{2.5}$ ve $PM_{1.0}$ konsantrasyonlarının nedeni dış kaynaklardır (trafik): Sınıfın içindeki $PM_{2.5}$ ve $PM_{1.0}$ konsantrasyonları trafik yoğunluğuyla yakından ilgilidir. Trafiğin yarattığı kirliliği etkileyen ve sezona göre değişen dış hava sıcaklığı ve nemi, okul içindeki enfiltrasyonu etkileyen iç ve dış sıcaklık farkı $PM_{2.5}$ ve $PM_{1.0}$ konsantrasyonlarını etkilemektedir. Tüm yıl içindeki ölçüm periyotlarında RSPM konsantrasyonlarının kabul edilebilir limitlerin üzerinde olduğu, söz konusu parametrelerin iç/dış (I/O) konsantrasyonlarının yıl boyunca 1'den büyük olduğu ve öğrenci sağlığını etkileyebilecek düzeyde olduğu görülmüştür. $PM_{2.5}$ ve $PM_{1.0}$ kirliliği inversion etkisiyle (kaynaktan sonra dağılımın sıcak havada artması, soğuk havada azalması) sezona bağlı olarak da değişmektedir.

▪ Hollanda

Hollanda'daki okulların iç hava kalitesi, özellikle CO_2 ve partikül konsantrasyonu ile ilgili çalışmalar özetlenmiştir [79]. 1987 – 2006 arasındaki çalışmaların özetlerinden Hollanda'daki okulların iç hava kalitesi açısından sorunlu olduğu görülmektedir. Bu çalışmada iç hava kalitesi ile öğrenci sağlığı arasındaki ilişki araştırılmıştır. Çalışma 9 - 10 yaşlarında öğrencilerin bulunduğu sınıfları içeren 11 okulda, iç hava kalitesi açısından sınıfların karakterizasyonunu, okul binasının incelenmesini ve sağlıklı ilgili iki anketi içermektedir (Tablo 6).

Tablo 6. Araştırmada göz önüne alınan alanlar [80].

Bina Kontrol Listesi Alanları	Karakterizasyon Parametreleri	Anketler
<ul style="list-style-type: none">▪ Bina büyüklüğü▪ Binanın karakteristikleri▪ Temizlik frekansı▪ Binadaki tesisatlar- bina servisleri▪ İç dekorasyon özellikleri▪ Sınıflardaki kirlilik kaynakları	<ul style="list-style-type: none">▪ Hava sıcaklığı▪ Radyasyon sıcaklığı▪ Hava hızı▪ Hava nemi▪ CO_2 konsantrasyonu▪ Partiküller	<ul style="list-style-type: none">▪ Çocukla için anket▪ Ebeveynler için anket

Bu çalışmanın benzerlerinden farklı tarafı, öğrencilerin iç hava kalitesinden sorunları yaşadıkları kapalı hacimlerden birinin kendi evleri olduğunu vurgulamasıdır. Hollanda'da çocuklar okul çağında zamanlarının %15'ini okullarda %77'sini evlerde geçirmektedirler.

Araştırma yapılan okullarda, araştırmacılar temizlik sıklığını Eğitim, Kültür ve Bilim Bakanlığı'nın Temizlik Frekans tablosuna göre denetlemeyi öngörmüşlerdir. Ancak bu temizliğin kimin tarafından yapıldığı (personel veya öğrenciler?) belirlenemediğinde sıklığın bir ölçüt olmayacağı sonucuna ulaşmışlardır.

Okuldaki çocukların %14'ü atopik, %61 si non-atopik geriye kalanı herhangi bir gruba girmemektedir. Atopik çocukların eski, tozlu, nemli ve küf gelişmiş ortamlarda bulunması alerji semptomları sıklığını artırmaktadır.

¹³ Respirable Suspended Particulate Matter (Solunulabilen havada asılı parçacıklar)

Çalışma Hollanda'daki ilk okullarda iç çevre şartlarının uygun olmadığı bilgisini desteklemiştir. Bunun sebebi yeterli olmayan havalandırma ve kalabalık sınıflardır. Karbondioksit konsantrasyonu aşırı olarak yüksektir.

Öğrenciler okulda olduğu kadar evde de istenilmeyen emisyonlara maruz kalmaktadırlar. Okullardaki partikül ve toz varlığı, evlerdeki küf ve nem, çocuk sağlığı için ana faktörler olarak tespit edilmiştir.

▪ İskandinav Ülkeleri – Değerlendirmeler.

Wauman [62] tarafından yapılan bir literatür çalışmasına göre:

- Havalandırma debisinin iki kat artırılması öğrencilerin okuldaki performanslarını % 8 - %14 arasında artırmaktadır.
- Havalandırma debisi arttıkça hasta olma ve bu nedenle işe gelmeme sıklığı azalmaktadır.
- Finlandiya'da doğal havalandırma olan okulların kışın %63'ünde, ilkbahar ve sonbaharda %59'unda, mekanik havalandırma olan okulların kışın %26'sında ilkbahar ve sonbaharda %32'sinde yetersiz havalandırma söz konusudur.
- Estonya'da karbondioksit konsantrasyonu, doğal havalandırmalı okulların %60'ında 1200 ppm değerinin üzerinde 3000 ppm'e kadar, mekanik havalandırma olan okulların %17'sinde 1200 ppm'in üstünde 1600 ppm'e kadar çıkıyor.
- Karbondioksit konsantrasyonunun 1000 ppm üzerinde olduğu okullarda, okula devamsızlıkta diğerlerine göre %10 -20 arasında bir artış var [80].

▪ İngiltere

Daha önce yapılan araştırmaların değerlendirmesinin okullardaki havalandırma performansı üzerine yeterli bulunmaması nedeniyle, Başbakan Yardımcılığı Ofisi tarafından desteklenen bir araştırma ile İngiltere'de okullardaki iç hava kalitesi ile ilgili karakterizasyon çalışmalarının en büyüklerinden biri gerçekleştirilmiştir [81]. Okullarda CO₂, TUOB, bakteri seviyesi, sıcaklık, hava nemi, aldehit seviyesi, PM₁₀ ve PM_{2.5} konsantrasyonları, küf seviyesi, akarlar örneklenmiştir. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir:

- Ölçüm yapılan sınıfların %50'sinde havalandırma debisi, zorunlu olan 3 l/s değerinden azdır.
- Sınıfların %21'inde TUOB değeri öngörülen maksimum 300 µg/m³ değerinin üzerindedir. Bu sınıfların çoğunluğunun resim ve yapışkan kullanılan el işi derslerine ait sınıflar ya da yeni tefriş edilmiş-boyanmış sınıflar olduğu gözlenmiştir.
- Sınıfların çoğunluğunda (%60) bakteri seviyesi yüksektir.
- %20 sınıfta dış çevreden kaynaklı yüksek küf görülmüştür.
- PM₁₀ seviyesi İngiltere Ulusal Hava Kalitesi Stratejisi¹⁴ uygundur.
- Sınıflarda pencerelerin açılmasıyla ısıl konfordan bir miktar fedakârlık edilerek iç hava kalitesinin yükseltilebileceği konusu öğretmenlerle tartışılmıştır. Öğretmenlerin gürültü ve soğuk hava nedeniyle, ayrıca binadan olan ısı kayıplarını azaltmak amacıyla pencereleri açmadıkları belirlenmiştir.

İngiltere'de okullardaki iç hava kalitesini düzenleyen kurallar Building Bulletin 101'de yer almaktadır [82]. Bu kurallar kısaca özetlenirse, standartta sınıflarda okulda bir gün içinde geçen tüm zaman için CO₂ konsantrasyonu ortalamasının maksimum 1500 ppm olması, her öğrenci için minimum 3 l/s havalandırma debisi sağlanması, havalandırma sisteminin gerekirse bu debiyi 8 l/s seviyesine çıkarabilmesi, gün içinde anlık CO₂ değerinin de 5000 ppm değerini aşmaması öngörülmektedir. Bu standardı esas alan ve sınıflardaki CO₂ seviyesinin okul zamanı içinde ortalama 1500 ppm değerinin

¹⁴ UK National Air Quality Strategy

altında tutacak havalandırma debisinin hesaplanmasına ait bir çalışma ve geliştirilen programa ait bilgiler [83]' de verilmiştir.

▪ İspanya

Trafikten kaynaklanan emisyonların çocukların neurofiziksel gelişimine, kavrama ve neurodavranışına etkisini tanımlama amacını güden ERC¹⁵ tarafından desteklenen BREATH Projesinin (Table 3) içinde yapılan ve okullardaki trafikten kaynaklanan iç hava kirliliğini karakterize etmek amacını güden çalışmalardan biri, tümü doğal havalandırmalı Barcelona'da 36 okul ile Cugat'taki 3 okulda gerçekleştirilmiştir [84]. Okul içi ve dışında PM_{2.5}, NO₂, çok ince partiküller (UFP¹⁶), organik karbon (OC) ve trafikten kaynaklanabilecek iz elemanlar ölçülmüş ve etkileyici analiz teknikleri ile değerlendirilmiştir. Çalışmanın bazı sonuçları aşağıda verilmiştir.

Okulların içindeki ve dışındaki PM_{2.5}, NO₂, UFP değerleri beklenenden daha yüksek çıktığı, NO₂ ve UFP değerlerinin okul dışında, kaynağı trafik olduğu için, daha yüksek olduğu gözlenmiştir. OC, Ca, Sr gibi bazı materyallerin konsantrasyonları okul içinde daha yüksektir. Bu kirleticiler iç kaynaqlıdır. PM_{2.5} içindeki minerallerin kaynağı okuldaki oyun alanıdır ve sınıf içinde daha yüksek konsantrasyonlara sahiptir. Bu nedenle içindeki yüksek mineral ve okul içi kaynaklardan gelen bileşenlerle PM_{2.5}'un kütsel değerinin, trafikten kaynaklanan kirliliği temsil etmediği belirtilmiştir. Şüphesiz PM_{2.5} trafikten gelen bileşenlerle de etkilenmektedir. EBC, NO₂ ve UFP ve Sb gibi spesifik materyal seviyeleri, trafikten kaynaklanan iç kirlilik için iyi birer göstergelerdir. Barcelona'daki okullar çevrelerindeki yoğun trafik nedeniyle de %20 daha fazla kirliliğe sahiptirler.

Aynı araştırma grubu tarafından yayınlanan bir diğer çalışmada aynı okullardaki çok ince partiküller (UFP) üzerine yapılan ölçümler ve değerlendirmeler verilmiştir [85]. Yine etkin analiz ve değerlendirme tekniklerinin kullanıldığı bu çalışmada okuldaki ders saatleri yanında ders dışı saatlerde de analizler yapılmış ve sonuçları sunulmuştur. Okul dışı saatlerde iç kirliliğin temizlik sırasında oluşan emisyonlar nedeniyle, trafiği en yoğun olduğu zamanda bile dışarıdan daha fazla olduğu gözlenmiştir. Bazı okullarda ikincil partikül oluşumları nedeniyle, iç kirliliğin öğle saatlerinde daha fazla olduğu da çalışmanın bulgularındandır.

▪ İsveç

Ev, okul öncesi eğitim ve okullarda iç kirlilik karakterizasyonu üzerine yapılan çalışmalardan biri İsveç'te gerçekleştirilmiştir [86]. Çalışma 6 ile 11 yaşları arasındaki çocukların yaşadığı 18 ev, 6 okul ve 10 okul öncesi eğitim biriminde sürdürülmüştür. Söz konusu üç iç çevre de sigara içilmeyen ve herhangi bir maksatla gaz kullanılmayan çevre olarak seçilmişlerdir. Böylelikle, iç ortama dışarıdan olacak PM_{2.5} ve NO₂ sızıntısının değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Çalışmanın sonunda çocukların yaşadığı bu ortamların, dışarıdaki kirleticilere karşı çocukları korumadığı, PM_{2.5} enfiltrasyonu az olsa da iç kaynakların oluşturduğu seviyeyi yükselttiği sonucuna ulaşılmıştır.

▪ Japonya

Üniversite sınıflarındaki iç hava kirliliği konusunda çok az sayıda yapılan çalışmalardan biri Japonya'da Tottori Üniversitesinde yapılmıştır. Japon Eğitim Kültür, Spor, Bilim ve Teknoloji Bakanlığı'nın Okullarda Çevresel Hijyen Standartı'nda 2002 yılında yapılan revizyonla, okullarda maksimum CO₂ konsantrasyonunun 1500 ppm veya altında olması önerilmektedir [87]. Ayrıca bu standarda göre okullarda CO₂ konsantrasyonu ve havalandırma debisi yılda iki kez ölçülmelidir. 1970 yılında Japon Sağlık, Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığının çıkardığı kanuna göre ise (Law for Maintenance of

¹⁵ European Research Council

¹⁶ UFP : Ultra Fine Particules

Sanitation in Buildings) karbondoksit konsantrasyonunun 1000 ppm'nin altında olması öngörülmektedir. Tottori Üniversitesinde iki sınıfta, ısı geri kazanımlı mekanik havalandırma ve doğal havalandırma halleri için CO₂ seviyesi ölçülerek zamanla değişimleri gözlenmiştir [88]. Simülasyon sonuçları ile uyumlu ölçüm sonuçlarına göre doğal havalandırılmalı halde standartlara göre öngörülen değerlerin üzerinde CO₂ yoğunluğu görülmüştür. Mekanik havalandırılmalı sınıfta CO₂ yoğunluğu öngörülen maksimum yoğunluğun altında kalmaktadır.

▪ Kanada

Kreşlerde iç hava kalitesinin karakterizasyonu alanında az sayıda çalışmalardan bir tanesi, Kanada'da, 18 ile 60 aylık çocukların bulunduğu 21 kreşte yapılmıştır [89]. Kreşlerdeki öğrenci, eğitici sayıları, fiziksel büyüklükleri, iç ve dış kirlilik kaynakları, havalandırma ve ısıtma sistemleri, yeni yapılan boya ve cila onarımları hakkındaki soruları içeren iki anketle, sınıflarda çocukların yoğunlukta olduğu saatler arasında sıcaklık, nem, CO₂, UOB'ler, formaldehit gibi iç hava bileşenleri ölçülmüştür.

21 kreşte ölçülen CO₂ değerleri minimum 723 ppm, maksimum 2252 ppm ve ortalama 1333 ppm bulunmuştur. Kreşlerin %81'inde mekanik havalandırma sistemi vardır, %85'inde CO₂ konsantrasyonları 1000 ppm değerinin üzerinde çıkmıştır. Ancak kreşler için standard bir maksimum değer yoktur. Formaldehit ve asetaldehit uygun maksimum değerlerin altında ölçülmüştür. Sıcaklıkların 20.7 °C ile 23.9 °C arasında, nemin ise %23.3 ile %46.9 arasında değiştiği gözlenmiştir.

Kreşlerin %65'inde, bir öğrenci başına standartta öngörülen alana eşit veya daha fazla bir alanın (örneğin 18 aydan daha büyük çocuklar için 2.5 m²) olduğu 15 kreşte, CO₂ konsantrasyonunun düşük (1207 ppm), bu standartlara uymayan diğer 6 kreşte daha yüksektir (1707 ppm). Kreşlerde ortalama sıcaklık ve nem sırasıyla 20 °C ile %30 'dır.

Mekanik havalandırmanın olduğu ve öğrenci başına standartlarda belirtilen alana eşit veya daha fazla alanın sağlandığı kreşlerde CO₂ yoğunluğu düşüktür. Çalışmada, yapılan anketlerden, kreş yöneticilerinin ilgili sorulara yeterince cevap verememesi, ısıtma ve soğutma sistemleri hakkında bilgi sahibi olmamaları nedeniyle herhangi bir sonuç çıkarılamadığı not edilmiştir.

▪ Kore

Kore'de okul binalarının 40 - 50 yaşında olması nedeniyle, mevcut okulların iç hava kirleticilerinin karakterizasyonu ve bina yaşlarının kirliliğe etkisini belirlemek amacıyla bir araştırma yapılmıştır [90]. Çalışmada 55 okulda, yaz, sonbahar ve kış aylarında, dış ve okulların içinde üç yerde (bir sınıf, bir laboratuvar ve bilgisayar odasında) CO,CO₂, PM₁₀ Toplam Bakteriyel Sayım (TBC¹⁷), TUOB ve formaldehit (HCHO) ölçülmüştür. Okulların 5 tanesi anaokulu, 20 tanesi ilkokul, 15 tanesi ortaokul ve 15 tanesi lisedir. Sınıfların alanları 40 ile 74 m² arasında, öğrenci sayıları 26 ile 41 arasında değişmektedir. Okulların çoğunda doğal havalandırma vardır.

Araştırmada aşağıda sonuçlara ulaşılmıştır:

- Liselerdeki Karbondioksit konsantrasyonu, beklenildiği gibi diğer okullardan daha fazladır.
- Ortalama olarak karbondioksit seviyesi 1000 ppm değerinin üzerindedir.
- TUOB dış havaya göre 1.8 defa, İtalya'daki benzer okullara göre 12 defa daha fazladır.
- Bina yaşına göre genç okullardaki ortalama CO₂ konsantrasyonu yaşlı okullardan daha azdır. Tersine, genç okullardaki TUOB miktarı yaşlı olanlardan daha fazladır.
- Okullarda yapılan yenileme çalışmaları mobilya ve boyaların emisyonu nedeni ile iç hava kalitesini olumsuz yönde etkilemiştir.

¹⁷ Total Bacterial Count



▪ Kuveyt

Kuveyt’de 6 ile 10 yaşlarında çocukların eğitim gördüğü 10 ilkokulda, pencere ve kapıların açılarak doğal havalandırmanın güçlendirildiği sınıflarla, kapı ve pencerelerin açılmayıp içerisinin split tip klima cihazlarıyla soğutulduğu sınıflar arasında CO₂ konsantrasyonunun zamana göre değişiminin karşılaştırılması yapılmıştır [91]. Doğal havalandırılmalı halde ortalama karbondioksit seviyesi 791 ppm, havalandırmasız – klimalı halinde 1596 ppm olmuştur. Teneffüslerin yarım saat olmasının konsantrasyonun daha fazla artmasını önlediği anlaşılmaktadır.

▪ Malezya

Malezya’da yapılan araştırmalardan birinde ilk ve anaokullarında PM₁₀ konsantrasyonu içindeki kurşun konsantrasyonunun dağılımı incelenmiştir. Kurşun konsantrasyonunun Avrupa’da bazı ülkelerde yapılan araştırmalarda bulunan değerlere göre yüksek, Asya’da bazı okullarda yapılan araştırmalarda ölçülen değerlere göre düşük olduğu, ilkokullardaki değerlerin anaokullarındaki değerlere göre yüksek olduğu belirlenmiştir. Anaokullarındaki temizlik sıklığının ve kalitesinin, uygun havalandırmanın ve okul dışındaki düşük yoğunluklu araç trafiğinin düşük konsantrasyona sebep olabileceği öngörülmektedir [92].

▪ Meksika

Okul yerinin öğrencilerin kirleticilere maruz kalmasında önemli bir faktör olduğu sonucuna varılan araştırmalardan bir tanesi, Meksika Amerika sınırındaki ikisi yüksek yoğunluklu, ikisi düşük yoğunluklu iki okulda yapılmıştır. Yoğun trafiğin olduğu bölgelerdeki okullardaki NO₂ ve BC¹⁸ yoğunluğunun az yoğunluklu bölgelere göre fazla olduğu, buna karşılık PM₁₀ ve PM_{2.5} konsantrasyonu açısından tersine bir yapının olduğu gözlenmiştir [93, 94].

▪ Polonya

Üniversite sınıflarında ve diğer hacimlerinde yapılan araştırmalardan bir tanesi, mikroorganizma (bakteri ve küf) konsantrasyonunun değişimini incelemek üzere Polonya’da yapılmıştır [95]. Araştırmada Mikroorganizma konsantrasyonu hem sezon içinde hem de gün içinde değişmektedir. Havalandırılmayan sınıflarda mikroorganizma konsantrasyonu öğleden sonra daha fazladır. Havalandırma olan sınıflarda ise tersine öğleden sonra %50 daha azdır. Üniversitenin diğer hacimlerindeki sabah saatlerine göre mikroorganizma artış hızı (% olarak) aşağıda verilmiştir.

Bakteri	Koridor	5	Kantin	4	Kütüphane okuma odası	7	Kimya Lab.	3.5 - 5.5
Küf		3		3		5		7.3 – 8.5

Ölçülen değerlerin önerilen maksimum limit değerlerin altında olduğu görülmüştür.

Portekiz

Literatürde Portekiz’deki okullarda iç hava kalitesi karakterizasyonu ve değerlendirilmesi üzerine son yıllarda pek çok araştırmanın yapıldığı görülmektedir. Bazı farklı yaklaşımları da içeren bu çalışmalar aşağıda kısaca özetlenmiştir.

¹⁸ BC: Black Carbon (Siyah karbon)

Porto'da Makina Mühendisleri Enstitüsü ile birlikte gerçekleştirilen çok kapsamlı bir araştırmada, 51 okulda 48 sınıfta sıcaklık, bağıl nem ve CO₂ ile UOB konsantrasyonları ölçülmüş; yedinci, sekizinci ve dokuzuncu sınıflarda 1607 öğrenciye anket uygulanmıştır [96]. Aynı zamanda öğrencilerin evlerindeki iç hava şartları hakkında bilgi edinilmiştir. Nemin yüksek olduğu sınıflarda hapşırık ve astım semptomları arasında pozitif bir ilişki görülmüştür. UOB ile astım arasında bir ilişki bulunamamıştır. 12 aylık dönem içinde çocukların %5,8'inde astım, %9,8'inde solunum yolu problemleri, %22'sinde hapşırma ve %6,6'sında kızarıklı kaşıntı belirlenmiştir. 2100 ppm'in üzerindeki CO₂ konsantrasyonuna maruz çocuklarda solunum yolu problemleri ve gece öksürüğü arasında güçlü bir ilişki söz konusudur. Çalışmanın sonunda CO₂ konsantrasyonu ile sağlık semptomları arasında (göstergesi olduğu diğer kirlleticiler nedeniyle) güçlü bir ilişkinin olduğunun gözlemlendiği belirtilmektedir.

Lizbon'da okullardaki iç hava kalitesi konusunda yapılan ilk çalışmada, şehir içinde, doğal havalandırmanın söz konusu olduğu üç okulda, iki hafta boyunca CO₂, UOB, formaldehit ve NO_x konsantrasyonları, okul içinde ve dışında gözlenmiştir. Isıl konfor parametreleri ile mikroorganizmalar da (bakteri ve küfler) sınıflarda ve sınıf dışı – oyun alanlarında ölçülmüştür [97]. Öngörülebileceği gibi, havalandırılmayan sınıflardan birinde CO₂ seviyesi 2666 µg/m³ seviyesine kadar çıkmıştır ki Energy ve Hava Kalitesi Sertifikasyonu Ulusal Sistemine göre Portekiz'de CO₂ seviyesi için maksimum limit olan 1800 µg/m³ değerinden büyük bulunmuştur. Yoğun trafik bölgesinde olan okullarda azot oksitlerin iç /dış oranı 1'den küçüktür. İki okulda küf kolonisi değeri ulusal maksimum değer olan 500 CFU/m³ 'den küçük, birinde daha yüksek çıkmıştır. Bu okulda küf probleminin havalandırmanın uygun olmamasından ve aşırı öğrenci sayısından kaynaklandığı belirtilmiştir. Bir okulda okul dışı hariç, üç okul içinde ve iki okul dışında bakteri konsantrasyonu çevre standardında belirtilen değerden (500 CFU/m³) büyüktür. Araştırmada ortaya çıkan önemli bir bulgu, sanat dersinde kullanılan malzemeler nedeniyle, UOB konsantrasyonu öneri maksimum değer olan 600 µg/m³ değerinden büyük (2200 µg/m³) çıkmasıdır. Okullarda iç hava kalitesinin yükseltilmesi için sınıf mevcudu sayılarının azaltılması ve daha iyi havalandırma önerilmektedir.

Aynı araştırmacı grubunun üç okulda yaptığı bir diğer araştırmada [98], sınıflar boş iken PM₁₀ ve PM_{2.5} değerleri ölçülmüştür. Her iki değer ulusal maksimum limit değerlerinden daha düşük çıkmıştır. PM_{2.5} konsantrasyonu ve elemanter analizi, yaklaşık olarak dış ortamla aynı değeri vermektedir. PM₁₀ değeri dış ortamdan biraz daha fazla bulunmuştur. Bu değerlerin diğer araştırma sonuçlarıyla karşılaştırılmasından, PM_{2.5} - PM₁₀ konsantrasyonunun öğrenci aktivitesine bağlı olduğu görülmüştür. Öğrencilerin olduğu zamanlarda iki gün boyunca ölçülen CO₂ konsantrasyonları ise, ulusal maksimum limit değerinin (1800 ppm) çok üstünde gözlenmiştir.

Lizbon'da daha önce yapılan iki araştırmanın yazarlarının da katıldığı üçüncü bir araştırma 14 okulda ikişer sınıfta yapılan iç hava karakterizasyonu ve sonuçlarını içermektedir [99]. Okullarda sadece doğal havalandırma vardır. Çalışma çok geniş bir sayıda kirleticilerin; pencere alanı, pencerelerin yoğun olduğu caddeye bakıp bakmaması, toz miktarına, sınıfta kullanılan ağaç yapı malzemelerine ısıtma cinsine, temizlik malzemelerine ve kalitesine, sınıfta kullanılan yazı tahtası cinsine, sınıfın kaçınca katta olduğuna, sınıftaki öğrenci sayısına bağlılığı istatistik olarak incelenmiştir. Sonuç olarak okul malzemelerinin seçiminde ve okul temizliğinde iç hava kirliliğini arttırmayacak malzemelerin seçilmesi tavsiye edilmiştir.

Aveiro kentinde yapılan okullarda iç hava kalitesi karakterizasyonu araştırmasında ilk defa biyoyakıt kullanan restoran ve fırınların okul içindeki hava kalitesine etkisi gözlenmiş, ilk defa suda çözülebilen inorganik iyonlar, organik karbon, karbonatlar göz önüne alınmıştır. Biri şehir içinde biri şehir dışında seçilen doğal havalandırılmalı iki okulda, oldukça çok sayıda parametrenin (Hava sıcaklığı ve nemi, CO₂, CO, UOB, NO₂, PM₁₀, biyoaerosoller, suda çözülebilen inorganik iyonlar, organik karbon, karbonatlar) karakterizasyonu yapılmış ve değerlendirilmiştir [100]. Araştırmada şehir içindeki okuldaki CO₂ konsantrasyonu şehir dışındaki okuldakinden daha yüksek bulunmuştur. Şehir içindeki sınıfta CO₂ konsantrasyonu ulusal limit değerinin (1800 µg/m³) çok üstündedir ve havalandırma eksikliğine işaret etmektedir. Şehir içindeki okul çevresindeki restoran ve fırınlardaki pişirme aktivitelerinin, şehir dışındaki endüstriyel emisyonların okul içindeki iç hava kalitesi üzerinde etkili olduğu değişik parametreler üzerinden gösterilmiştir. Hemen hemen aynı araştırma grubunun yaptığı diğer çalışma yine Aveiro şehrindeki doğal havalandırılmalı bir anaokulu sınıfı ile 2 ilkökuldaki 8 sınıfta iç hava kalitesini etkileyen parametrelerin karakterizasyonudur [101]. Okulların biri şehir içinde yoğun trafik bölgesinde, ikincisi şehir içinde konut bölgesinde üçüncüsü ise şehir dışındadır.

Bu çalışmada okulların içinde ve dışında ısı konfor parametreleri, CO, CO₂, PM ve TUOB değerleri ölçülmüştür. Her üç okulda da enfiltrasyona imkan vermeyen sıklıktaki (saatte 0.2 hava değişimi) pencerelerden dolayı CO₂ seviyesi müsaade edilen seviyenin çok yukarısında, 1300 ile 7000 ppm arasında değişmektedir. Bu değerler 2006 yılında yayınlanan Portekiz yasalarına göre (RCESE 2006) belirlenen üst limitin (1000 ppm) çok üzerindedir. En yüksek CO₂ konsantrasyonları en kalabalık sınıflarda gözlenmiştir. Okul dışındaki oyun alanının kaplamasız oluşunun sınıf içindeki PM değerini etkilediği gözlenmiştir. PM₁₀ değerleri de müsaade edilen değerlerin üzerindedir. Öğrenciler toprak partiküllerini giysi ve ayakkabıları ile sınıfa taşımaktadırlar. PM değerini düşürmek için temizlik prosedürleri gözden geçirilmesi önerilmiştir. Sınıflardaki karbondioksit ve PM konsantrasyonlarının düşürülmesi için aşağıdaki öneriler geliştirilmiştir:

- Öğrenci sayılarının azaltılması.
- Havalandırmanın iyileştirilmesi.
- Aktivite seviyesinin düşürülmesi.
- Temizlik işlemlerinin iyileştirilmesi.

Çok yaşlı ve/veya etkin enerji kullanımına imkân vermeyen okul yapılarının çeşitli bileşenlerinin yenileştirilmesi sonrasında iç hava kalitesinin eskiye göre nasıl etkilendiği konusu, kuzey Portekiz'deki ikisi eski durumunda, 7 si yenileştirilmiş 9 okuldaki 24 sınıfta yapılan çalışmalarla araştırılmıştır [102]. Sınıflarda havanın sıcaklığı ve nemi ile iç hava kalitesi değerlendirilmesi için CO₂ ölçülmüştür.

Sonuç olarak yenileştirilme yapılmayan eski okullarda ısı konfor ve iç hava kalitesi uygun değildir ve geliştirilmeleri gerekmektedir. Yenileştirilmiş okullarda mekanik havalandırma sisteminin çalıştırılmadığı zamanlarda ısı konfor şartları uygun değerlere gelmektedir. Böyle durumlarda dış hava sıcaklığı yüksek ise pencerelere açılarak sınıflar havalandırılmaktadır. Ancak soğuk kış günlerinde pencereler yeterince açılmadığından CO₂ seviyesi 2500 ppm'e kadar çıkmaktadır. Yük kontrollü mekanik ve doğal kombine havalandırma sistemleri ve stratejisi, iç hava kalitesi problemi için çözüm olarak önerilmektedir.

Beja'da bir okulda iki sınıfta yapılan anket sonuçları ve ölçülen büyüklükler (hava sıcaklığı ve nemi, CO₂ konsantrasyonu) kullanılarak, ısı şartları ve CO₂ konsantrasyonları ile memnun olmayanların yüzdesi arasındaki ilişki aranmıştır. Isı konfor analizlerinde çok kullanılan ve standart olan bu yöntem ilk defa iç hava kalitesi çalışmalarında kullanılmıştır [103].

▪ Şili

Kuzey güney doğrultusunda dört bin metrelik bir uzunluğa sahip Şili'de, aynı zaman diliminde birbirinden farklı (çöl, yarı çöl, Akdeniz, soğuk, kutup-altı okyanusal, vs) iklim bölgeleri vardır. Bu iklim bölgelerinden beşinde 8 okul seçilerek, okullarda iç çevre kalitesi alanında, ısı konfor, akustik konfor, iç hava kalitesi ve aydınlatma-görsel konfor alanlarında temel parametrelerin (iç-dış sıcaklık ve nem, CO₂, ses seviyesi ve dış aydınlatma seviyesi) ölçülmesi ve değerlendirilmesiyle bir çalışma gerçekleştirilmiştir [104]. Çalışmanın sonunda hemen her okulda iç çevre bileşenlerinin her birinde, çocuklar için uygun olmayan koşulların varlığı gözlenmiştir. Okul iç ortamlarında ısı konfor – akustik konfor - iç hava kalitesi üçlüsü arasındaki ikilemler çok güçlü olarak gözlenmiştir: Bazı bölgelerde gürültüden kaçınmak için, bazı bölgelerde dış hava soğukluğundan dolayı pencereler açılmamaktadır. Çalışmada güçlü olarak ifade edilen olgu, herhangi bir binayı yapanların, bina kullanılmaya başlandıktan sonra, bina ile hiç ilgilenmemeleridir. Okul binaları da hiç şüphesiz bunlardan biridir. Okul binalarının çocuklar için öngörülen (ya da öngörülmeyen!) uygun bir öğrenme çevresini sağladığı veya sağlamadığı konusu kullanıma başladıktan sonra değerlendirilmemektedir. Çalışma da okullardaki iç hava kalitesi konusunda, "Sürdürülebilir mimaride genel olarak doğal havalandırma, anahtar bileşen sayılmaktadır. Ancak bu çalışmanın sonucunda öğretim çevresi için, özellikle şehir içinde, bunun optimum çözümü olmadığı görülmektedir" yorumu getirilmektedir.

▪ Tayvan

Daha önce belirtildiği üzere, üniversite sınıflarında iç çevre kalitesi üzerine yapılan az sayıdaki araştırmalardan bir tanesi de Tayvan'da yapılmıştır. Çalışma 60 kişilik dört sınıfta ve 140 kişilik dört konferans salonunda gerçekleştirilmiştir. Bu sınıf ve salonlarda çeşitli çevresel parametreler ölçülmüş ve öğrencilere iç çevre kalitesinin (ısıl çevre, iç hava kalitesi ve akustik konfor) algılanması ile ilgili bir anket uygulanmıştır. Bu çalışmanın en önemli sonucu, iç çevre kalitesinden şikâyetçi olanlar ile izafi öğrenme performans kaybı arasında analitik bir ilişkinin ifade edilmesidir [105].

▪ Tayland

Tayland'da pencere ve kapıları sürekli açık, 4 katlı binanın en üst katında 32 kişilik doğal havalandırılmalı bir sınıfta, 0.3 µm ile 5.0 µm aralığında dört gruptaki partikül sayılarının ve iç ve dış değerlerinin karşılaştırılmasının yapıldığı bir araştırmada, diğer ülkelerde yapılan pek çok araştırmanın aksine, söz konusu partikül konsantrasyonlarının iç/dış oranlarının birden küçük olduğu gözlenmiştir [106]. İç kirliliğin temel kaynağı iç kaynaklar değil, dış konstrasyondur. Kirlilik hafta içine göre hafta sonu, gün içine göre gece daha fazla olmaktadır.

▪ Türkiye

Okullardaki iç hava kalitesi konusunda, diğer ülkelerde olduğu gibi, Türkiye'de de akademik bir ilgi vardır. Bu ilginin son yıllarda arttığı da görülmektedir. Elde edinilebilen literature göre, Türkiye'de 16 şehirde 102'tanesi ilköğretim, 4 tanesi lise, 7 tanesi Yükseköğretim kurumu olmak üzere toplam 113 eğitim kurumunda deneysel olarak iç hava kalitesi araştırması yapılmıştır (Tablo 7).

İç Hava Kalitesi alanında biri Sağlık Bilimleri Enstitüsü'nde [107], ikisi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde [108, 109] üç doktora tezi araştırması gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalar deneysel çalışmalar olup, ilköğretim okullarında [107,¹⁰⁹] ve bir yükseköğretim kurumunda [108] yapılan iç hava kirliliği ölçümlerinin çocuk ve yetişkin sağlığı açısından değerlendirilmesini içermektedir.

Tez çalışmalarına benzer olarak, yapılan araştırmaların hemen hepsi farklı şehirlerdeki¹⁹, farklı bölgelerde (şehir içi, şehir dışı) farklı eğitim kurumlarında (Endüstriyel bölgeler, şehir içi), farklı sayıda kirleticilerin²⁰ ölçülmesi ve değerlendirilmesini içermektedir.

Sınıflarda CO₂ konsantrasyonunun izlenmesi, hem diğer kirleticiler açısından bir iz-referans gaz olarak hem de bir kirletici olarak izlenmesi tüm dünyada olduğu gibi Türkiye'de de öne çıkmaktadır. Çalışmaların büyük çoğunluğunda karbondioksit seviyesi, diğer kirleticiler için bir referans değer olmaktan ziyade önemli bir iç hava kirleticisi olarak değerlendirilmiş ve ölçülmüştür. Bu çalışmalarda ölçülen karbondioksit konsantrasyonları, çeşitli standartlara göre müsaade edilebilir karbondioksit üst sınırının üstünde değerler oldukları belirtilmiştir.

İstanbul'da 4 okulda yapılan ölçmelerde PM₁₀, PM_{2.5} konsantrasyonları WHO ölçülerinin üzerinde bulunmuştur [110]. Yine İstanbul'da üç okulda yapılan incelemelerde YUOB (VOC) yoğunluğu WHO limitlerinin üzerinde bulunmuştur. Türkiye'de İstanbul ve diğer illerde yapılan birçok araştırmada da sınıflarda CO₂ konsantrasyonunun 1000 ppm değerinin çok üzerinde ölçüldüğü gözlenmektedir[107, 111-115].

Okullardaki hava kirliliği ile ilgili güncel çalışmalardan biri İzmir'de bir ortaokulda gerçekleştirilmiştir [116,117]. Bu çalışmaların esas aldığı veriler,

¹⁹ Ankara, Antalya, Balıkesir, Elazığ, Eskişehir, İstanbul (Fatih, Silivri), İzmir, Kocaeli, Mardin, Samsun, Şanlıurfa, Kocaeli

²⁰ CO₂, Benzene, Toluene, Etil Benzen, Ksilen, NO_x, Ozon, PM, TUOB,



- bir sınıfta beş hafta boyunca,
- her gün okul saatleri uzunluğundaki zaman diliminde,
- 1.1 metre yükseklikte iç hava kirleticileri (NO₂, TUOB, PM_{2,5} ve CO₂),
- üç noktada da (0.1m, 0.6m, 1.1 m) ASHRAE standardına göre [118] yapılan sıcaklık

ölçümlerinden oluşmaktadır.

- Ölçümler 30 saniyede bir kaydedilmiştir.

Ölçümler esnasında pencerelerin açık-kapalı pozisyonları, teneffüste sınıfta kalan öğrenci sayıları da kaydedilmiştir. Hafta boyunca biri olmak üzere ölçümler iki senaryo ile gerçekleştirilmiştir. İlk senaryoda, sınıfta hiçbir şeye müdahale edilmemiştir. İkinci senaryoda ise tüm öğrencilerin teneffüslerde sınıfı terk etmeleri sağlanmış ve pencerelerin tümü açılmıştır.

Türkiye’de yapılan bu çalışmalar sınıflarda, özellikle CO₂ ve PM_{2,5} konsantrasyonlarının uluslararası standartlara göre belirlenen sınırları aştığını göstermektedir.

Tablo 7. Türkiye’de iç hava kalitesi araştırması yapılan okullar ve illeri.

İl	Okul Türü /Sayısı			Yılı	Ref
	İlköğretim	Lise	Yüksek Öğretim		
Edirne	5			2005	119
Antalya	2	1		2005	120
İstanbul (Göztepe)	5			2006	110
İstanbul (Fatih)	10			2007	107
İstanbul (Silivri)	10			2007	107
Balıkesir		3	2	2007	111
Antalya	2			2007	111
Şanlıurfa			1	2008	114, 118
Kocaeli	3			2008	121
Ankara	1		1	2009	122
İzmir	3			2009	123
İskenderun	4			2010	124
İzmir	5			2010	125
İzmir	3			2011	126, 127
Ankara	1			2011	128
Samsun	5			2011	116, 109
Ankara	1			2012	126
Denizli	16			2012	129
Elazığ	5			2012	130
Mardin	1			2012	131
İzmir			1	2013	113
Isparta			1	2013	132
Samsun	5			2013	115
Trabzon	16			2013	133
Eskişehir	2			2014	134
Ankara	31			2014	135
İzmir			1	2015	127
TOPLAM	136	4	7		

▪ Yunanistan

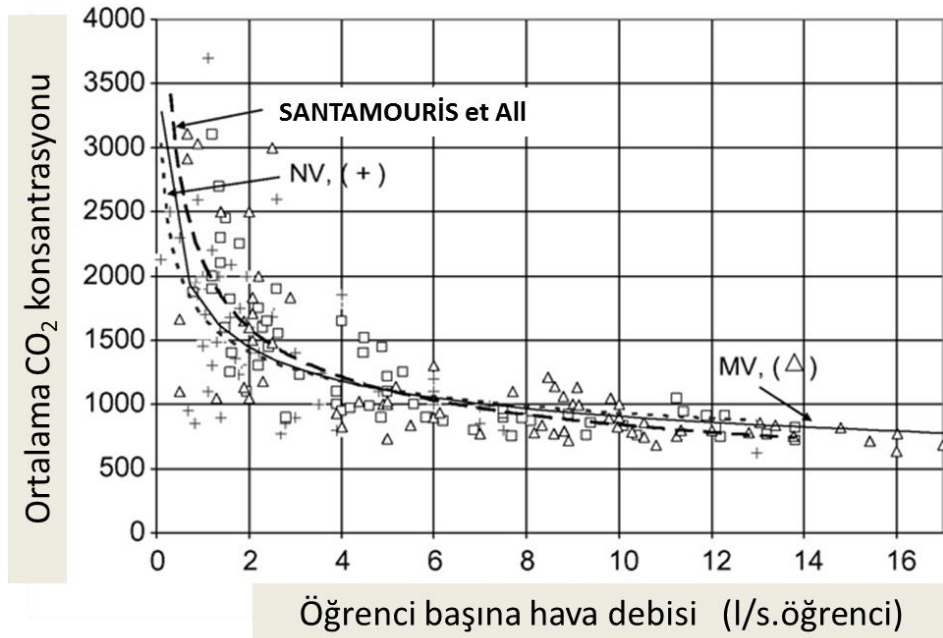
Atina'nın merkezinde trafik yoğunluğunun yüksek olduğu bir bölgede 13 gün boyunca iç ve dış karbonmonoksit konsantrasyonu bir saatlik ortalamalar olarak 24 saat boyunca ölçülmüş, iç ve dış

karbonmonoksit konsantrasyonu arasında bir ilişki aranmıştır [136]. Ayrıca bu ilişkiyi tahmin etmek üzere, ölçülen değerlerin ve bir modelin kullanılmasıyla bir yazılım programı geliştirilmiştir. Bu çalışma iç ve dış karbondioksit konsantrasyonları arasında ilişkiyi araştıran az sayıdaki çalışmalardan biridir.

Atina'da doğal havalandırmalı 27 okuldaki 62 sınıfta havalandırma debisi ile hava sıcaklığı ve CO₂ konsantrasyonu arasındaki ilişkinin geliştirilmesi için bir çalışma gerçekleştirilmiştir [137]. Söz konusu 62 sınıftaki ölçüm sonuçlarına göre değerlendirmeler aşağıda yer almaktadır:

- %28 sınıfta debi 8 l/s'nin üzerindedir
- %52 sınıfta ortalama CO₂ konsantrasyonu 1000 ppm üzerindedir.
- Pencerelerin açılma zamanı CO₂ konsantrasyonunu etkilemektedir.
- Ortam sıcaklığı pencerelerin açılma frekansını etkilemektedir.
- Pencerelerin açılma frekansı CO₂ konsantrasyonunu etkilemektedir.

Bu çalışmanın içinde ayrıca, toplam 65 “peer review” değerlendirilmiş, toplam 402 okulda 1187 sınıfta yapılmış çalışmaların verileri de kullanılarak CO₂ konsantrasyonu ile havalandırma debisinin değişimi, çalışmada yapılan sonuçlarla birlikte değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmelerin sonuçları Şekil 6'da görülmektedir.



Şekil 6. Doğal ve mekanik havalandırmalı toplam 429 okuldaki 1249 sınıfta yapılan çalışmalara göre sınıflardaki ortalama karbondioksit konsantrasyonu ile havalandırma debisi arasındaki ilişki [137].

CO₂ konsantrasyonu açısından çalışmada göz önüne alınan 1187 sınıftaki ölçüm sonuçlarının genel değerlendirmesi aşağıdaki Tablo 8'de yer almaktadır.

Tablo 8. 1187 sınıfta yapılan ölçümlere göre ortalama CO₂ seviyelerine ait istatistikler [137].

Havalandırma Cinsi	Okul Sayısı	Sınıf Sayısı	“Peer Review” Kaynak Sayısı	Ortalama CO ₂	CO ₂ <1000 ppm	CO ₂ >1500 ppm	CO ₂ >2000 ppm
Doğal Havalandırma	182	287	29	1420	%25	%47	%18
Mekanik Havalandırma	220	900	36	910	%52	%15	%5



4. İÇ HAVA KALİTESİ YÖNETİMİ

İç hava kalitesi yönetiminden, var olan ve yeni yapılacak okul binalarında, iç hava kalitesi sorunları yaşanmaması için alınması gereken önlemlerin ve yapılması gereken aktivitelerin tümü kastedilmektedir. Bu tanımla iç hava kalitesi yönetiminin çok disiplinli (Yasal mevzuat, mühendislik, bina işletmeciliği, eğitim vs) olduğu görülür.

İç hava kalitesi yönetiminin ilk adımı, iç hava kalitesi ve sebep olabileceği sorunların tanımlanmasıdır.

İç hava kalitesi ile öğrenci/öğretmen sağlığı ve performansı arasındaki ilişki

3. Bölümde örneklendiği üzere, bilim adamları ve uzmanlar tarafından yüzlerce okulda yapılan niteliksel ve niceliksel ölçümler ve değerlendirmeler, İç hava kalitesinin öğrenci ve öğretmen sağlığını ne kadar etkileyebileceğini göstermektedir. Bu etkileşimin ne ölçüde büyük olduğu göz önüne alınırsa, okullardaki iç hava kalitesine müdahale edilmesi için yeterince sebep olduğu görülmektedir.

Yöresel - lokal kaynaklardan yayılan emisyonlara da bağlı iç hava kalitesinin doğurduğu sorunların çözümünü bulabilmek için harmonize edilmiş çağdaş ölçme ve değerlendirme yöntemleriyle, Türkiye'deki tüm okulların ve okul çevrelerinin, özellikle kirlilik emisyon kaynakları açısından yoğunluk gösteren bölgelerde olanların, iç çevre kalitesinin diğer bileşenleri ile birlikte iç hava kalitesi açısından karakterizasyonunun yapılmasına devam edilmelidir. Yerleşim birimlerimiz için trafik emisyon ve gürültü kirliliği, partikül madde, radon gazı ve benzeri parametreler için haritalar yapılmalıdır. Bu parametrelerin sürekli ölçümü, değerlendirilmesi ve yayınlanması zorunlu hale getirilmelidir.

İç hava Kalitesi eğitimi ve beklenen sonuçları

İç hava kalitesi sorunları, insanları göremediği ve hissedemediği fiziko - kimyasal bileşenlerin yarattığı sorunlardır. Bu sorunların neler olduğu, hangi bileşenlerin bu sorunlara sebep olduğu, bu sorunların nasıl giderileceği bilgisi günümüzde vardır ve bu bilgi planlı bir şekilde topluma aktarılmalıdır.

Eğitimin ilk adımı topluma farkındalığı artıracak genel bir eğitimin verilmesi, ikinci adımı etkin grupların - karar vericilerin eğitilmesi, üçüncü adımı ise uygulayıcıların eğitilmesidir. Okullardaki iç hava kalitesi genel eğitiminin hedefi öğrenciler, öğretmenler ve ebeveynlerdir.

Etkin grupların – karar vericilerin eğitilmesi, yerel ve ulusal ölçekte iç hava kalitesi sorunları konusunda gerekli tedbirlerin alınması için yasal mevzuatı düzenleyecek denetleyecek kamu yönetiminin, politik baskı gruplarının eğitilmesidir. Bu eğitimlerin sonucunda

- yasaların
- yönetmelik ve uygulama esaslarının
- standartların

oluşturulması beklenir. Yasal mevzuat ile ilgili bir çalışma [138] 'de yer almaktadır. İlgili standartlara örnek olarak da Building Bulletin 101 verilebilir [82]. Yasal mevzuat ilgili kuralların etkin bir şekilde denetimini de içermelidir. Herhangi bir okulda havalandırma sisteminin olması, sisteminin tasarımının, uygulanmasının ve işletmesinin teker teker ya da hepsinin birden doğru olduğunu göstermez: Japonya'da okullardaki havalandırma şartları yılda iki kez kontrol edilmektedir.

Eğitimin üçüncü ayağı uygulayıcıların eğitimidir. Özellikle yeni yapılacak binaların tasarımında, iç hava kalitesi sorunları yaşanmaması için, okul binasının yapılacağı coğrafi konumdan kullanılacak malzeme cinsine, havalandırma sistemlerine kadar pek çok alanda bina tasarımcılarının, yapımcılarının ve işleticilerin eğitilmesi gerekir.

İç hava kalitesi sorunlarının önlenmesi

Mevcut okullarda iç hava kalitesi sorunlarının azaltılması için uygulanacak yöntemlerden biri EPA'nın önerdiği beş adımlı bir programdır [139]:



- Etkili temizlik ve bakım yapılması.
- Küf ve nemin önlenmesi.
- Kimyasal ve çevresel kirlilik tehlikesinin azaltılması.
- İyi havalandırma yapılması.
- Haşerelerden korunulması ve haşere ilaçlarının yayılmasının azaltılması.

Verilen beş adım çok genel tanımları içermektedir. Bu adımların atılması için yoğun bilgi ve deneyim gerekmektedir.

Yeni yapılacak okul binaları ise, uygun bir iç hava kalitesi yaratılması konusunda bilgi ve uzmanlığa sahip şehir plancılarının, mimarların ve mühendislerin tasarım ve üretim süreçlerinde birlikteliğine gereksinim duymaktadır. Enerji tasarrufu baskısı altında birbirini etkileyen ısı konfor, iç hava kalitesi, akustik konfor ve görsel konfor için uygun çözümler için gerçek anlamda çok disiplinli yoğun çalışmaya gerek vardır.

Literatür incelendiğinde İç hava kalitesi yönetimi konusundan örnek olabilecek çeşitli yayınlar vardır [1,18,20,33,34,36,49,140,141]. Bir çalışma grubu kurularak dünyadaki uygulamaların gözden geçirilmesi ve Türkiye'deki okullardaki iç hava kalitesi yönetimi konusunda uygun bir yasal mevzuatın ve uygulama esaslarının oluşturulmasında yarar vardır.

5. SONUÇLAR ve DEĞERLENDİRME

Bu çalışmada tüm dünyada okullarda yapılan araştırmalardan seçilen örnekler özetlenerek, okullardaki iç hava kalitesi ile ilgili sorunların büyüklüğü ve genişliği gösterilmeye çalışılmıştır. Yapılan araştırmaların ilgili alanları çok geniştir. Bu çalışmada “iz” elaman olduğu için daha çok CO₂ karakterizasyonu ve havalandırma ile ilgili sonuçlara yer verilmesine özen gösterilmiştir. Tüm çalışmalardan çıkarılacak genel bir sonuç var ise, o da yeterli havalandırma sağlandığı takdirde, ki bu yeterlilik hemen hemen tüm çalışmalarda CO₂ seviyesinin 1000 ppm'in altında tutulmasıdır, okullarda hava kalitesi sorunu büyük ölçüde çözümlenmektedir. Bu sonuç hiç şüphesiz evler dâhil tüm yaşam hacimleri için geçerlidir.

Okul iç ortamı kadar çocukların büyük zamanlarını geçirdikleri ev ortamındaki iç hava kalitesi de çocuklar için önemlidir. Okullardaki İç hava kalitesi için olduğu kadar, evlerdeki iç hava kalitesinin de geliştirilmesi için ulusal ve uluslararası boyutlarda araştırma ve uygulama programları yürütülmelidir.

Hem Türkiye'de hem de hemen her ülkede okullarda iç hava kalitesi konusundan farklı amaçlarla farklı yöntemler kullanılarak araştırmalar yapılmakta, bu araştırmaların sonuçları değerlendirilmekte ve çocuklar için sağlıklı ve üretken bir iç ortamın oluşturulması için giderek daha yoğun çalışmalar yapılmaktadır. Avrupa Birliği'nin desteklediği projelerin bir kısmında olduğu gibi yapılan araştırmalarda kullanılan yöntemlerin harmonizasyonu için de çaba sarf edilmektedir.

Bu yoğun çalışmaların, tüm dünya çocukları için önemli sonuçlara ulaşılmasını sağladığı hiç şüphesiz kabul edilmesi gereken bir gerçektir. Ancak, bütün bu araştırmaların arzu edilen yoğunlukta ve hızda, çocukların yaşadığı okul iç çevrelerinin değerlendirilmesine ve olumlu yönde değişmesine sebep olduğu tartışılabilir gözükmektedir. Bu görünümün sebepleri ve bu sebeplerin giderilmesi aşağıda özetlenmiştir.

- Okul iç ortamlarının iç hava kalitesi açısından karakterizasyonu için yapılan çalışmalarda kullanılan yöntem ve enstrümanlar arasında büyük farklılıklar vardır.
 - Bir çalışmada anlık, bir çalışmada bir günlük, bir çalışmada bir veya birkaç haftalık ölçümlere dayalı çıkarımların söz konusu olduğu araştırmalar vardır.
 - Sıcaklık veya CO₂ gözlemi için öğretmen masasının yanında, ortasında, kalitatif tanımla baş hizasında, 110 ve 150 cm'de yapılan ölçümler farklılıkların bir başka örneğidir.

- Zaman olarak bazı ölçümler 30 saniyede bir, bazı çalışmalarda 1 dakika aralıkla, bazılarında 2 dakika aralıkla, bazılarında ise 5 dakika aralıkla yapılmıştır.
 - Pek çok çalışmada, hata oranından ve hassasiyetinden hiç bahsedilmeyen, hatta bazen ne olduğu da belirtilmeyen ölçüm cihazları kullanıldığı görülmüştür. Çeşitli parametreleri ölçen cihazların cinsleri yöntemleri ve hassasiyetleri araştırmadan araştırmaya çok farklıdır.
 - Ciddi emek ve kaynak tüketimi gerçekleştirilen bu çalışmaların oldukça büyük bir kısmının sonuçlarının kullanılmasıyla bilgi üretilmesi çok mümkün görülmemektedir. Okullardaki iç hava kalitesi karakterizasyonu çalışmaları için varsa standart yöntemlerin kullanılması, yoksa uluslararası işbirliği ile geliştirilmesi ve bu yöntemlerin kullanılması gereklidir.
- Kirlilik üst sınırları alanında üzerinde anlaşılmış değerler yoktur.
 - Herhangi bir okulun iç hava kalitesinin denetlenmesinde kullanılacak standart yöntem ve usuller yoktur.
 - İç hava kalitesi ile ilgili problemlerin çözülmesi için alınması gereken tedbirlerden biri havalandırma. Havalandırmanın cinsi (mekanik havalandırma, doğal havalandırma, Hibrid havalandırma) okulun bulunduğu coğrafi konuma (iklim kuşağına) ve okul çevresine (trafik, gürültü, endüstriyel emisyonlar, şehir dışı, kırsal alan vs.) bağlıdır. Okul dışı göz önüne alınmadan çözümler getirilmemelidir. Kirlilik konsantrasyonunu azaltmak için önerilen havalandırma çözümleri genel olarak tam anlamıyla tanımlanmış ve anlaşılmış değildir.
 - Okullardaki iç hava kalitesi konusunda yapılan çalışmaların sonuçları, akademik ilginin ötesinde, global olarak, siyasi - yönetsel desteklerle zorunlu kurallara haline dönüşmemektedir.

Sonuç olarak, bir yandan (geliştirilecek) standart yöntemlerle **mevcut okulların**, çevresi ile birlikte iç hava kalitesi karakterizasyonu gerçekleştirilip, bu okullara (geliştirilecek) standart yöntemlere göre iç hava kalitesi çözümleri getirilmelidir. Diğer yandan **yeni yapılacak okullarda** iç hava kalitesi problemi yaşanmaması için mimarlık ve mühendislik tasarımlarından başlayarak uygulama, test, işletmeye alma ve işletme aşamalarında (geliştirilecek) standartlara ve yöntemlere göre tedbirler alınmalıdır.

KAYNAKLAR

- [1]. WRIGHT, C. et al. The Child-Friendly Schools Manual. UNICEF, March 2009.
- [2]. Indoor Environment and Energy Efficiency in Schools. REHVA Guidebook No 13 Part 1. (Ed. By F.R.d'Ambrosio Alfano), 2010.
- [3]. SHENDELL, D.G. et al. "Associations Between Classroom CO2 Concentrations and Student Attendance in Washington and Idaho". Indoor Air, 14:5, 2004.
- [4]. "Student Health And Academic Performance". Quick Reference Guide, EPA, November 2012.
- [5]. SEPPANEN O.A., FISK, W.J. "Some Quantitative Relations Between Indoor Environmental Quality and Work Performance or Health". Lawrence Berkeley National Laboratory, 2006.
- [6]. BAYER, C.W. et al. "Causes of Indoor Air Quality Problems in Schools". ORNL, 2000.
- [7]. MENDELL, M.J. and HEATH, G.A. "Do Indoor Environments in Schools Influence Student Performance? A Review Of The Literature". LBNL, 2002.
- [8]. DAISEY, J.M. et al. "Indoor air quality, ventilation and health symptoms in schools:an analysis of existing information". Indoor Air, 13, 2003.
- [9]. HEATH, G.A. and MENDELL, M.J. "Do indoor pollutants and thermal conditions in schools influence student performance? A critical review of the literature". Indoor Air, 13, 2005.
- [10]. CHATZIDIAKOU, L. et al. "What do we know about indoor air quality in school classrooms? A critical review of the literature". Intelligent Buildings International Vol. 4, No. 4, October 2012.
- [11]. "Reviewing and Refocusing on IAQ in School". Air Quality Sciences, 2006.
- [12]. "Ventilation Rates and School Performance". <http://www.iaqscience.lbl.gov/vent-school.html>



- [13]. SHAUGHNESSY, R.J., et al. 2006. A Preliminary Study on the Association Between Ventilation Rates in Classrooms and Student Performance. Indoor Air, 16(6), 2006.
- [14]. “How Does Indoor Air Quality Impact Student Health and Academic Performance? The Case for Comprehensive IAQ Management in Schools, EPA, 2010.
- [15]. Indoor Air Quality Tools for Schools: Reference Guide. EPA, 2009.
- [16]. Voluntary Guidelines for States: Development and Implementation of a School Environmental Health Program. EPA, 2013.
- [17]. Parent’s Guide to School Indoor Air Quality,. Healthy School network Inc., 2012.
- [18]. Indoor Air Quality Tools for Schools Coordinator’s Guide A Guide to Implementing an IAQ Program. EPA, 2009.
- [19]. Teacher.s Guide to Indoor Air Quality . National Safety Council’s Environmental Health Center, 2004.
- [20]. Mold Remediation in Schools and Commercial Buildings. EPA, 2009.
- [21]. Indoor Air Quality Tools for Schools Program Creating Healthy Indoor Air for America’s Children. EPA.
- [22]. COUNTRYMAN, L. et al. “Healthy Sustainable Schools Guide for Cange.” Minnesota Pollution Control Agency, 2006.
- [23]. BAKER, L. and BERNSTEIN, H. “The Impact of School Buildings on Student Health and Performance”. The Center for Green Schools, 2012.
- [24]. FEDRIZZI, R. and GUTTER, R. State of our schools Report. The Center for Green School, 2013.
- [25]. Children’s Health Statistics. Greengard. Environmental Ins. www.greenguard.org.
- [26]. Care for Your Air: A Guide to Indoor Air Quality. EPA, 2008.
- [27]. The Indoor Air Quality Tools for Schools Approach: Providing a Framework for Success. EPA.
- [28]. School Indoor Air Quality Best Management Practices Manual. Office of Environmental Health and Safety Indoor Air Quality Program, DOH, 2003
- [29]. Managing Radon in Schools. EPA, 2010.
- [30]. Reducing Pesticide Exposure at Schools. National Institute for Occupational Safety and Health, 2007.
- [31]. Methods for monitoring indoor air quality in schools, WHO, 2011.
- [32]. Energy Design Guidelines for High Performance Schools. National Renewable Energy Laboratory, DOE, 2002.
- [33]. Managing Asthma in the School Environment. EPA, 2010.
- [34]. Energy Savings Plus Health: Indoor Air Quality Guidelines for School Building Upgrades. EPA, 2014.
- [35]. Guidelines for School Facilities In Virginia’s Public Schools. Virginia Department of Education, Office of Support services 2013.
- [36]. K-12 School Environmental Health Programs Development and Implementation Guidelines for States, Tribes, and Territories. EPA, 2012.
- [37]. Healthy School Environment, Texas Guide to School Health Program. Texas Department of State Health Services, 2014.
- [38]. FROMME, H. et al. “Particulate Matter in The Indoor Air of Classrooms—Exploratory Results From Munich and Surrounding Area”. Atmospheric Environment, 41, 2007.
- [39]. HEUDORFA, U. et al. “Particulate Matter and Carbon dioxide in Classrooms – Their Impact of Cleaning and Ventilation”. Int. J.Hyg. Environ. Health, 212, 2009.
- [40]. WANG, Y. et al. “Cooling Energy Efficiency and Classroom Air Environment Of A School Building Operated By The Heat Recovery Air Conditioning Unit”. Energy, 64, 2014.
- [41]. WANG, Y. et al. “School Building Energy Performance and Classroom Air Environment Implemented with the Heat Recovery Heat Pump and Displacement Ventilation System “. Applied Energy, 114, 2014.
- [42]. WANG, Y. et al “Indoor Air Environment and Night Cooling Energy Efficiency of a Southern German Passive Public School Building Operated by the Heat Recovery Air Conditioning Unit”. Energy and Buildings, 2014.
- [43]. WANG, Y. et al. “School Building Energy Performance and Classroom Air Environment Implemented with the Heat Recovery Heat Pump and Displacement Ventilation System “. Applied Energy, 114, 2014.
- [44]. KARADENİZ, Z.H. et al. “Derslik İçi Taze Hava Dağılımının Sayısal Olarak Belirlenmesi ve İyileştirilmesi”. 12. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, Simülasyon ve Simülasyon Tabanlı Ürün Geliştirme Sempozyumu, 2015.



- [45]. SEPPANEN, O., BRELIG, N. "Ventilation Rates and IAQ in European Standards and National Regulations". Proceedings Of The 32nd AIVC Conference And 1st Tightvent Conference in Brussels, 2011.
- [46]. IANNIELLO, E. "Ventilation Systems and IAQ in School Buildings". REHVA Journal, March 2011.
- [47]. JANTUNEN M. et al. "Promoting actions for healthy indoor air (IAIAQ)". European Commission Directorate General for Health and Consumers. Luxembourg, 2011.
- [48]. KEPHALOPOULOS S. et al. "EC Actions on Indoor Air Quality". http://www.inive.org/members_area/medias/pdf/Inive/EnVIE/Kephalopoulos.pdf, 2006.
- [49]. KEPHALOPOULOS S. et al. Guidelines For Healthy Environments Within European Schools SINPHONIE. The Regional Environmental Centre for Central and Eastern Europe, 2014
- [50]. <http://www..eu/about>.
- [51]. CSOBOD, E. Schools Indoor Pollution & Health Observatory Network in Europe. Final Report, 2014.
- [52]. Guidelines for Ventilation Requirements in Buildings. Commission Of The EC, 1995.
- [53]. Health Effects of School Environment (HESE) Final Scientific Report, Siena, January 2006.
- [54]. School Environment and Respiratory Health of Children (SEARCH), (Edited by Eva Csobod, Peter Rudnai, Eva Vaskovi). Szentendre, Hungary. February 2010.
- [55]. Indoor Environment, Chapter 10, European Lung White Book. European Respiratory Society.
- [56]. SIMONI, M. et al. "School Air Quality Related to Dry Cough, Rhinitis and Nasal Patency in Children". European Respiratory Journal, 35, 2010.
- [57]. Health Effects of Indoor Pollutants: Integrating Microbial, Toxicological and Epidemiological Approaches. http://ec.europa.eu/health/healthy_environments/docs/ev_20121022_co04_en.pdf.
- [58]. BORRAS-SANTOS, A. et al. "Dampness and Mold in Schools And Respiratory Symptoms in Children: The HITEA Study". Occupational and Environmental Medicine, 2013.
- [59]. GUO, H. et al. "Impact of Ventilation Scenario on Air Exchange Rates and on Indoor Particle Number Concentrations in an Air-Conditioned Classroom". Atmospheric Environment 42, 2008.
- [60]. MEJIA, J.F. et al. "Methodology for Assessing Exposure and Impacts of Air Pollutants in School Children: Data Collection, Analysis and Health Effects a literature review". Atmospheric Environment, 45, 2011.
- [61]. STRANGER, M. et al. "Characterization of Indoor Air Quality in Primary Schools in Antwerp, Belgium". Indoor Air, 18, 2008.
- [62]. WUAMAN, B. "Indoor Environment in Schools – Pupils' Health And Performance". Katholieke Universiteit, St-Lieven. https://moodle.metropolia.fi/pluginfile.php/217714/mod_resource/content/1/.
- [63]. FADEYI, M.O. et al. "Evaluation of indoor environmental quality conditions in elementary schools' classrooms in the United Arab Emirates". Frontiers of Architectural Research, 3, 2014.
- [64]. GAO, J. et al. "Indoor Air Quality and Thermal Environment in Classrooms with Different Ventilation Systems". REHVA Journal June, 2014.
- [65]. GAO, J. et al. "Ventilation System Type, Classroom Environmental Quality and Pupils' Perceptions and Symptoms". Building and Environment, 75, 2014.
- [66]. WARGOCKI, P., WYON, D.P. "Providing Better Thermal and Air Quality Conditions in School Classrooms Would Be Cost Effective". Building and Environment, 59, 2013.
- [67]. BEHZADI, N. and FADEYI, M.O. "A Preliminary Study of indoor Air Quality Conditions in Dubai Public Elementary Schools". Architectural Engineering and Design Management, 8, 2012.
- [68]. BLONDEAU, P. et al. "Relationship Between Outdoor and indoor Air Quality in Eight French Schools". Indoor Air, 15, 2005.
- [69]. POUPARD, O. et al. "Statistical Analysis Of Parameters Influencing the Relationship Between Outdoor and Indoor Air Quality in Schools". Atmospheric Environment, 39, 2005.
- [70]. TRAN, D.T. et al. "Elemental characterization and source identification of size resolved atmospheric particles in French classrooms". Atmospheric Environment, 54, 2012.
- [71]. M. HULIN, M. et al. "Qualité de l'Air Intérieur Dans les Écoles et Asthme et Allergies Parmi les Écoliers en Auvergne. Différences Entre le Milieu Rural et le Milieu Urbain". Revue Française D'allergologie, 51, 2011.
- [72]. CARTIEAUXA, E. et al. "Qualité de l'Air à l'intérieur des Ecoles". Archives de Pédiatrie, 2011.
- [73]. ELBAYOUMI, M. et al. "Multivariate Methods for Indoor PM₁₀ and PM_{2.5} Modelling in Naturally Ventilated Schools Buildings". Atmospheric Environment, 94, 2014.
- [74]. JALAS, J. et al. "Indoor Air and Energy Economy in School Buildings". Proceedings of Healthy Buildings, 4, 2000.



- [75]. “Elementary School of Oulujoki, Case Studies Overview”. International Energy Agency EBC Program, Annex 36, 2007.
- [76]. TRUNEN; M. et al. “Indoor Environmental Quality in School Buildings and The Health and wellbeing Of Students”. International Journal of Hygiene and Environmental Health, 2014.
- [77]. RAATIKAINEN, M. “Evaluating Effects of Indoor Air Quality in School Buildings and Students’ Health: A Study in Ten Schools of Kuopio, Finland”. 2013 2nd International Conference on Environment, Energy and Biotechnology, IPCBEE vol.51 IACSIT Press, Singapore, 2013.
- [78]. GOYAL, R. and KHARE, M. “Indoor–Outdoor Concentrations of RSPM in Classroom of a Naturally Ventilated School Building Near an Urban Traffic Roadway”. Atmospheric Environment, 43, 2009.
- [79]. VAN DIJKEN, F. et al. “Indoor Environment And Pupils’ Health in Primary Schools”. Building Research and Information, 34(5), 2006.
- [80]. SHENDEL et al. “Associations between Classroom CO₂ Concentrations and Student Attendance in Washington and Idaho”. Indoor Air, 14(5), 2004.
- [81]. AJIBOYE, P. et al. ” Ventilation and Indoor Air Quality in Schools - Guidance Report 202825. Building Research Technical Report 20/2005. BRE ODPM- March 2006.
- [82]. Ventilation of School Buildings: Regulations Standards Design Guidance, Building Bulletin 101. British Department Of Education, Vol. Version 1.4, 2006.
- [83]. TOKSOY, M. et al. “Sınıflarda Havalandırma Debininin Belirlenmesi”. TESKON 2015, Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İç Çevre Kalitesi Semineri II, 8-11 Nisan 2015.
- [84]. RIVAS, I. et al. “Child Exposure to Indoor and Outdoor Air Pollutants in Schools in Barcelona, Spain” Environment International, 69, 2014.
- [85]. RECHE, C. et al. “Outdoor and Indoor UFP in Primary Schools Across Barcelona” Science of the Total Environment, 493, 2014.
- [86]. WICHMANN, J. et al. ”PM_{2.5}, Soot and NO₂ Indooreoutdoor Relationships at Homes, Pre-schools and Schools in Stockholm, Sweden”. Atmospheric Environment, 44, 2010.
- [87]. HOURI, D. et al “Indoor Air Quality of Tottori University Lecture Rooms and Measures for Decreasing Carbon Dioxide Concentrations”. Yonago Acta Medica, 52, 2009.
- [88]. HOURI, D. et al. “Indoor Air Quality of Tottori University Lecture Rooms and Measures for Decreasing Carbon Dioxide Concentrations”. Yonago Acta Medica, 52, 2009.
- [89]. St-JEAN, M. et al. “Indoor Air Quality in Montreal Area Day-Care Centres, Canada” Environmental Research, 118, 2012.
- [90]. YANG, W. et al. “Indoor Air Quality Investigation According to Age of the School Buildings in Korea”. Journal of Environmental Management, 90, 2009.
- [91]. ¹AI-RASHIDI, K. et al. “Impact of Ventilation Modes on Carbon Dioxide Concentration Levels in Kuwait Classrooms”. Energy and Buildings, 47, 2012.
- [92]. LATIF, M.T. et al. “Lead in PM₁₀ and in Indoor Dust Around Schools and Preschools in Selangor, Malaysia”. Indoor Built Environ, 20:3, 2011.
- [93]. RAYSONI, A. U. et al. “Binational School-Based Monitoring of Traffic-Related Air Pollutants in El Paso, Texas (USA) and Ciudad Juárez, Chihuahua (México)”. Environmental Pollution, 159, 2011.
- [94]. RAYSONI, A.U. et al. “Characterization of Traffic-Related Air Pollutant Metrics at Four Schools in El Paso, Texas, USA: Implications For Exposure Assessment and Siting Schools in Urban Areas”. Atmospheric Environment, 80, 2013.
- [95]. STRYJAKOWSKA-SEKULSKA, et all. ”Microbiological Quality of Indoor Air in University Rooms”. Polish J. of Environ. Stud., 16 (4), 2007.
- [96]. FRAGA, S. et al. “Indoor Air Quality and Respiratory Symptoms in Porto Schools”. Revista Portuguesa de Pneumologia, XIV (4), 2008.
- [97]. PEGAS, P.N. et al. “Outdoor/Indoor Air Quality in Primary Schools in Lisbon: A Preliminary Study”. Quím. Nova 33(5), 2010.
- [98]. ALMEIDA, S. M. et al. “Children Exposure to Atmospheric Particles in Indoor of Lisbon Primary Schools”. Atmospheric Environment, 45, 2011.
- [99]. FREITAS, M.C. et al. ”Indoor Air Quality in Primary Schools”. Advanced Topics in Environmental Health and Air Pollution Case Studies. (Edited by Prof. Anca Moldoveanu, in Tech), 2011.
- [100]. PEGAS,P.N. et al. “Indoor and Outdoor Characterization of Organic and Inorganic Compounds in City Centre and Suburban Elementary Schools of Aveiro, Portugal”. Atmospheric Environment, 55, 2012.



- [101]. ALVES, C. et al. "Comfort Parameters and Particulate Matter (PM10 and PM2.5) in School Classrooms and Outdoor Air". Aerosol and Air Quality Research, 13, 2013.
- [102]. ALMEIDA, R.M.S.F. and de FREITAS, V.P. "Indoor Environmental Quality of Classrooms in Southern European Climate". Energy and Buildings, 81, 2014.
- [103]. PEREIRA L. D. et al. "Assessment of Indoor Air Quality and Thermal Comfort in Portuguese Secondary Classrooms: Methodology and Results". Building and Environment, 2014.
- [104]. ARMIJO G. Et al. "Post-Occupancy Evaluation of State Schools in 5 Climatic Zones of Chile". GU J Sci., 24(2), 201.
- [105]. LEE, M.C. et al. "Student Learning Performance And Indoor Environmental Quality (IEQ) in Air-Conditioned University Teaching Rooms". Building and Environment, 49, 2012.
- [106]. TIPPAYAWONG, N. et al. "Indoor/Outdoor Relationships of Size-Resolved Particle Concentrations in Naturally Ventilated School Environments" Building and Environment, 44, 2009.
- [107]. YURTSEVEN, E. "İki Farklı Coğrafi Bölgedeki İlköğretim Okullarında İç Ortam Havaasının İnsan Sağlığına Etkileri Yönünden Değerlendirilmesi". Doktora Tezi. İÜ, SBE, 2007.
- [108]. KUŞ, M. "Şanlıurfa İlindeki Yükseköğretim Kurumları Dersliklerinde İç Hava Kalitesinin İncelenmesi ve Modellenmesi". Doktora Tezi. BÜ, FBE, 2007.
- [109]. DÜZOVALI, G. "Kapalı Ortam Hava Kirliliği ve Çözümleri: Kahvehane ve Okul Durumu". Doktora Tezi. OMÜ, FBE, Samsun, 2007.
- [110]. EKMEKÇİOĞLU, D., KESKİN, S.S. "Characterization of Indoor Air Particulate Matter in Selected Elementary Schools in Istanbul, Turkey". Indoor Built Environt, 2007.
- [111]. BULGURCU, H. et al. "Okullarda İç Hava Kalitesi Problemleri ve Çözümler" VII. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 2005.
- [112]. AÇIKGÖZ, A. et al. "Bir Üniversitedeki Adölesan ve Erişkinlerde Hasta Bina Sendromu Belirtilerinin CO2 ile İlişkinin İncelenmesi". Hava¹ WRIGHT, C. et al. The Child-Friendly Schools Manual. UNICEF, March 2009
- [113]. KUŞ, M. et al. "Üniversite Dersliklerinde İç Hava Kalitesinin Değerlendirilmesi". 8. Uluslararası Yapıda Tesisat Teknolojisi Sempozyumu, 2008.
- [114]. ÖZTÜRK, B. et al. "Bina İç Havalandırma Sistemlerinin Tasarım İlkeleri". MMO, 11. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 2013.
- [115]. ÖZTÜRK, B., DÜZOVALI, G. "Okullarda Hava Kirliliği Ve Sağlık Etkileri". MMO, X. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 2011.
- [116]. UGRANLI, T. et al. "İzmir İlköğretim Okullarında İç Hava Kalitesi Eğitimi Projesi Uygulama Okulunda İç Hava Kalitesi", 12. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İç Hava Kalitesi Sempozyumu, 8 – 11 Nisan 2015
- [117]. EKREN, O. et al. "Okullarda İç Hava Kalitesinin Geliştirilmesi - Örnek Uygulama". MMO, 12. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İç Çevre Kalitesi Semineri II, 8-11 Nisan 2015.
- [118]. ASHRAE 55-1992 Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy.
- [119]. AYDOĞDU, H. et al "Monitoring of Fungi and Bacteria in the Indoor Air Of Primary Schools in Edirne City, Turkey". Indoor and Built Environment, 14, 2005.
- [120]. COSKUN, A. et al. "Okullarda İç Hava Kalitesinin İncelenmesi", Tesisat Mühendisliği Dergisi, 90, 2005.
- [121]. ARSLANBAŞ, D., PEKEY, H. "The Relationship Between Indoor, Outdoor and Personal VOC Concentrations in Homes, Offices and Schools in the Metropolitan Region of Kocaeli, Turkey" Water Air Soil Pollut, 2008.
- [122]. GÜLLÜ G., MENTEŞE, S. "Farklı Türdeki İç Ortamlarda Gözlenen İnce Partiküler Madde Konsantrasyonları, Boyut Dağılımları Ve Mevsimsel Değişimleri", IX. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İzmir, 2009.
- [123]. ASLAN, G. et al. "İlköğretim Okullarında Bina-İç Hava Uçucu Organik Madde Derişimleri: Derslikler İle Anasınıflarının Karşılaştırılması". MMO, IX. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İç Hava Kalitesi Sempozyumu, 2009.
- [124]. SCHEEPERS, et al. "Determination of Exposur to Benzene, Toluene and Xylenes in Turkish Primary School Children by Analysis of End-Exhaled Air" 8 th International Symposium on Biological Monitoring in Occupotonal and Environmental Health, Espoo, Finland, 2010.
- [125]. HALIKI-UZTAN, A. et al. "Determination of Potential Allergenic Fungal Flora and Its Clinical Reflection in Suburban Elementary Schools In Izmir". Environmental Monitoring and Assessment, 168, 2010.
- [126]. SOFUOĞLU, A. et al. "Polycyclic and Nitro Musks in Indoor Air: A Primary School Classroom and A Women's Sport Center". Indoor Air, 20, 2010.



- [127]. SOFUOĞLU, S.C. et al. "An Assessment of Indoor Air Concentrations and Health Risks of Volatile Organic Compounds in Three Primary Schools". International Journal of Hygiene and Environmental Health, 214, 2011.
- [128]. SEVENCAN, A.C. et al. "Ankara'da Bir İlköğretim Okulunun İç Ve Dış Çevresel Özelliklerinin Değerlendirilmesi". Genel Tıp Dergisi, 2011.
- [129]. OVET, H. et al. "Investigation of Mold Fungi in Air Samples of Elementary Schools and Evaluation of Allergen-Specific Age Levels in Students' sera. Mikrobiyoloji Bulteni 46, 266-275, 2012.
- [130]. TUNCER, M. et al. "Ortaöğretim Kurumları Öğrenme Ortamlarının Çeşitli Değişkenler Açısından Değerlendirilmesi". Gaziantep Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi 2012.
- [131]. EKİNCİ, C. et al. "Bir İlköğretim Okulunun Biyoharmolojik Özellikleri". New Trend on Global Education Conferences, Cyprus International University (CIU), 2012.
- [132]. ÖNDER, H.H. et al. "Eğitim Ortamında Ergonomi Kullanılması ve Örnek İdeal Sınıf Çalışması". Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 2013.
- [133]. CEVİK, U. et al. "Assessment of Radiological Levels at Schools in Trabzon, Turkey". Indoor and Built Environment, 22, 2013.
- [134]. DEMİREL, D. et al. "Personal Exposure of Primary School Children to BTEX, NO₂ and Ozone in Eskisehir, Turkey: Relationship with Indoor/Outdoor Concentrations and Risk Assessment". Science of the Total Environment, 2014.
- [135]. BABAYİĞİT, M. A. et al. "Indoor Air Quality in Primary Schools in Keçiören, Ankara". Turkish Journal of Medical Sciences, 44, 2014.
- [136]. CHALOULAKOU, A., MAVROIDIS, "Comparison of Indoor and Outdoor Concentrations of CO at a Public School. Evaluation of an Indoor Air Quality Model". Atmospheric Environment, 36, 2002.
- [137]. SANTAMOURIS et al. "Experimental Investigation of the Air Flow and Indoor Carbon Dioxide Concentration In Classrooms with Intermittent Natural Ventilation". Energy and Buildings, 40, 2008.
- [138]. School Indoor AirQuality: State Policy Strategies for Maintaining Healthy Learning Environments. Environmental Law Institute, 2009.
- [139]. "Development and Implementation of A School Environmental Health Program". EPA, October 2012.
- [140]. Linda Countryman, L. et al. Healthy Sustainable Schools Guide for Change. Minnesota Pollution Control Agency, 2007.
- [141]. Guidelines for School Facilities In Virginia's Public Schools. Virginia Department of Education, 2013.



EK 1.

ASHRAE, INC.
1791 Tullie Circle NE
Atlanta, Georgia 30329-2305
U.S.A

02.10.1997

copy to fax 404-321 54 78

Attention of Research Division

Dear Sirs,

I am an ASHRAE member since 1989 and engaged in the trade of air-conditioning and refrigeration since 1951. Kindly note that, I am also a graduate of the University of Michigan (1947). I have attended a winter meeting in 1993, in Chicago; also I was present at the Lyon and last Brussels' meetings. So much to present you myself.


There is an internationally important subject which promenades in my mind as a man spending half a century in the ASHRAE subjects. Among many major and minor subjects, this particular one was not dreamed and included to the large agendas of the Brussels' meetings. I have spoken on this subject with several gentlemen from various countries, and found that they all were interested with it, but it could not be included to the heavy Brussels' agendas as an "out-of-agenda"- item. The subject, which I believe for its unquestionable importance, is to adopt standards for the schools for heating, ventilation and air purification. Most of us, male or female, are spending 15-20 years of our lives in class-rooms. From age 5, in nursery classes, until graduation from a University at the ages 20-25, we are in the class-rooms, 9-11 months a year. These class-rooms can be in countries like United States, Canada, Germany, Great Britain or in alike prosperous, rich countries, or it can be in India, Indonesia, in some of the new African countries, or this class room can be in the developing countries like Turkey, were, there are good-will in all, but lack of knowledge for higher standards in this specific subject.

As a student, I had worked in a research subject "for day light illumination of class rooms", half a century ago, in my Michigan days. So important was the design of a class-room. I have not heard about the existence of special standards for heating or for ventilation and for air-conditioning of the class-rooms. To my experience, the heating, ventilation and air-conditioning designs of class-rooms are done in compliance with the general heat-loss and heat-gain calculations, with the fresh-air rules, etc. Are all designs, in all countries, in the nursery schools, in elementary or in the high schools successful. Are the classrooms in India properly ventilated or in Madagascar? Schools close to infected areas, or in the very hot, or in very humid or very cold areas may need special care and approach, such as, air purification, simple ways of insulation against heat and cold, but all have to be compulsory items, standardized, but with loop-holes for special cases.

Our Society, ASHRAE, is powerful, has arms in the universities, in higher technology and research works, has arms in the advanced industry. If already not, can be an adviser to UNESCO of United Nations. If the Society adopts the idea of developing ASHRAE standards for schools of all categories and grades, these standards when completed, can be put into usage in several steps considering the means and the conditions of the countries. For such a project, most probable UNESCO will accept to be the sponsor.

I may not be very clear in explaining various phases of the project, but believe that, I have put in words what I am intending for high standards in heating, ventilation, air-purification, and cooling (whenever asked for) projects, and project applications in the class-rooms all over the world.

Very truly yours,


Tunc Muskara



Macit TOKSOY

Macit TOKSOY 1949 doğumludur. İTÜ 1972 mezunudur. 1972 – 2013 seneleri arasında Ege Üniversitesi, North Carolina State Üniversitesi, Dokuz Eylül Üniversitesi ve İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsünde ısı transferi, enerji depolama, enerji verimliliği, jeotermal bölge ısıtması ve jeotermal elektrik santralleri alanlarında akademik hayatını sürdürmüştür. 2013 Yılından bu yana Eneko Havalandırma ve Isı Ekonomisi Sistem Teknolojileri şirketinde ısı geri kazanımlı havalandırma teknolojisi alanında çalışmaktadır. Akademik alanlarının yanında uluslararası spor etkinliklerinin planlanması ve lojistik yönetimi ilgi alanıdır. Üniversitede İzmir Yaz ve Erzurum Kış Oyunlarında, Mersin Akdeniz Oyunlarında üst düzey yöneticilik yapmıştır.