

CO₂ izleme ve iç hava kalitesi



İnsan sağlığına etkisi ve oluşumu

Karbondioksit renksiz ve kokusuz bir gazdır. Ortam havasında bulunan, yaklaşık 400 ppm (milyonda bir birim) konsantrasyonuna sahip, doğal bir bileşendir. CO₂, karbon içeren maddelerin yeterli miktarda oksijen kaynağıyla birleşerek tamamıyla yanması sonucu oluşur. Canlı varlıkların organizmalarında, hücre solunumunun bir ara ürün olarak meydana gelir.¹ 1000 ppm'e varan yüksek konsantrasyonlara ulaştığında ise genel sağlık üzerinde ciddi olumsuz etkilere sebep olur (baş ağrısı, yorgunluk, konsantrasyon eksikliği).²

Karbondioksit vücut hücrelerinde üretilir (günde 0.7 kg civarında) ve oradan çevresindeki kılcal damarlara yayılır. Hemoglobinin gibi proteinlere kimyasal olarak bağlandıktan sonra veya çözünmüş halde iken kan vasıtasıyla taşınır. CO₂ büyük oranda fiziksel olarak çözünür; yalnızca küçük bir

kısmı karbonik anhidraz tarafından alyuvarlarda karbonik aside dönüştürülür, daha sonra sulu ortamda hidrojen ve hidrojen karbonat iyonlarına ayrılır. Karbondioksit, ciğerlerdeki alveolar membran vasıtasıyla dışarı salınır. Karbondioksitin organizma üzerindeki önemli fizyolojik işlevi, beyin sapındaki solunum merkezini uyaran aort damarı ve omurilik soğanının kimyasal reseptörleri sayesinde, nefes alıp verimini düzenlemesidir. İçe çekilen havada CO₂ konsantrasyonunun artması, nefes alıp verme sıklığını ve soluk hacmini artırır. Bu süreç esnasında, CO₂ bronşlar üzerinde geciktirici bir etki gösterir; bu da ölü boşluk (solunum sisteminde gaz alıp verimine katılmayan alan) hacminde artışa sebep olur. Ancak, CO₂'nin periferik ve merkezi küçük atardamarlar üzerindeki geciktirici etkisi, kan basıncında herhangi bir düşüőe neden olmaz; zira artan adrenalini üretimi zorunlu vazokonstriksiyona (damar büzülmesi) neden olur.³

Farklı CO₂ konsantrasyonlarının etkisi

Konsantrasyon	Etki
350 ... 450 ppm	Tipik atmosferik konsantrasyon
600 ... 800 ppm	Sağlıklı iç hava kalitesi
1000 ppm	Sağlıklı iç hava kalitesi üst aralığı
5000 ppm	8 saat üzeri maksimum iş yeri konsantrasyonu
6000 ... 30 000 ppm	Yalnızca kısa süreli, kritik maruziyet
% 3 ila 8	Nefes alma sıklığında artış, baş ağrısı
> % 10	Mide bulantısı, kusma, bilinç kaybı
> % 20	Hızlı bilinç kaybı, ölüm

Şekil 1: Farklı CO₂ konsantrasyonlarının etkisi

İç ortam havasındaki CO₂

CO₂, insan kaynaklı hava kirliliğinin önemli parametrelerinden biri olarak kabul edilmekte; çünkü iç mekanda CO₂ konsantrasyonundaki artış, insan metabolizmasından kaynaklanan koku yoğunluklarının artmasıyla ilişkilendirilmektedir. Dolayısıyla, iç mekan havasında bulunan CO₂ içeriği bir odanın ne kadar yoğun kullanıldığını direkt olarak gösterir. Bu nedenle, diğer düzenleme alanları için de bir oryantasyon belirteci olarak kabul edilebilir; örneğin havalandırma ve klima sistemlerinin boyutsal planlamasında veya okul derslikleri ya da toplantı odaları gibi doğal yollarla havalandırılan ve yoğun şekilde kullanılan odaların havalandırma talimatlarında belirteç görevi görebilir.⁴

Kullanılan iç alanlarda, CO₂ konsantrasyonu kullanımı konusunda çoğunlukla aşağıdaki faktörler dikkate alınır:

- **İç ortam alanındaki kişi sayısı, alan hacmi**
- **İç ortamda bulunan kişilerin aktivite düzeyi**
- **Kişilerin iç ortamda harcadıkları süre**
- **İç ortamdaki yanma süreçleri**
- **Hava değişimi ve dış hava akış hacmi**

İç ortam havasında, CO₂ konsantrasyonunda meydana gelen hızlı artış, genellikle, hava değişim oranı düşük olan görece küçük mekanlarda (örn.; toplantı, konferans odaları veya derslikler) çok fazla insanın bir arada olmasından dolayıdır. Kritik CO₂ konsantrasyonları ise genellikle diğer hava kontaminasyonu faktörlerinden, özellikle de terleme veya kozmetik kaynaklı kokulu maddeler ve mikroorganizmalardan kaynaklanır. Hava değişim oranlarının çok düşük olduğu, kısıtlı hava giren yapılarda (örn.; apartman daireleri veya ofisler), CO₂ konsantrasyonu, ortamda çok az insan bulunması halinde dahi artabilir. Her halükarda, CO₂ bir odadaki insanların kendilerini ne kadar rahat hissettikleriyle doğrudan alakalıdır. Avrupa İşbirliği Ajansı (ECA), model hesaplamalarını temel alarak aşağıdaki memnuniyetsizlik seviyelerini belirlemiştir. Konsantrasyon 1000 ppm civarındayken odayı kullanan kişilerin yaklaşık %20'sinin halinden memnun olmaması beklenirken, 2000 ppm'de bu oran yaklaşık %36'ya yükselir.⁵

Toplantı ve konferans odaları kural gereği düşük sıklıkta ve kısa süreler boyunca kullanılsa da, hem öğrencilerin hem de öğretmenlerin saatlerce ve düzenli olarak odada buldukları dikkate alındığında, okullardaki derslikler, ortam havasındaki CO₂ konsantrasyonu açısından kritik seviyede değerlendirilmek durumundadır. Almanya'nın birçok eyaletinde, dersliklerin havasındaki karbondioksit kontaminasyonu hakkında yapılan şimdiki ve geçmiş çalışmalar, iç ortam hava kalitesinde ciddi sorunlar olduğunu tutarlı bir şekilde gösterir.⁶

Dış hava akış hacmi, havalandırma oranı ve havalandırma trafik lambası

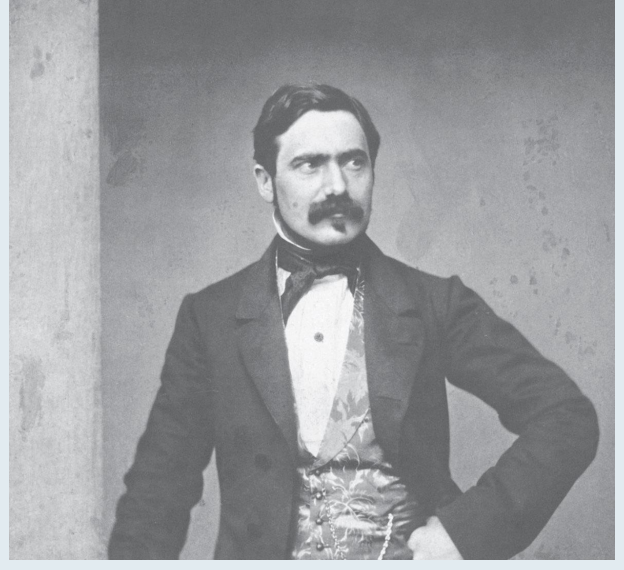
Dış hava akış hacmi ya da havalandırma oranı, dışarıdaki havanın, ister havalandırma sistemiyle ister binanın dış cephesinden infiltrasyon yöntemiyle bir odaya ya da binaya akış hacmini (l/sn veya m³/s cinsinden) tanımlar.

İnsanların kullanması amacıyla yapılan odalarda gerekli olan dış hava akış hacmi, insanlar baz alınarak belirlenir (örn.; kişi başı l/sn veya kişi başı m³/s). Hava değişim oranı (n, 1/s cinsinden) m³/saat cinsinden hava giriş akış hacminin ve m³ cinsinden oda hacminin katsayısıdır.⁷

Sıcaklıklar 20 ila 23 °C olduğunda ve havadaki nem oranı %30 ila 70 RH olduğunda, o odanın iklimi uygun kabul edilir. Ancak, evlerdeki toz akarlarına allerjisi olan kişiler için tavsiye edilen maksimum nem oranı %50 RH'dir. Bu durumda resmi olarak kalibre edilen higrometrelerle arada bir kontrol yapılması tavsiye edilir. Odalardaki hava akışı, mevsime bağlı olarak değişmekle birlikte, 0.16 m/sn (kış aylarında) ve 0.25 m/s (yaz aylarında) değerlerini aşmamalıdır.

İnsanların bulunduğu bir odaya girerken, bazen "havasızlık" hissiyatı oluşur. Bu durum karbondioksit solunumu, su buharı ve emilen vücut kokularıyla takip edilebilir.⁸

150 yıl önce, Alman kimyager ve hijyenist **Max von Pettenkofer**, yaşam alanları ve öğretim enstitülerinde çokça vakit geçirdikten sonra "kötü havanın" negatif bir etkisi olduğunu belirtmiş, bir iç ortamın hava kalitesini değerlendirmek için en önemli bileşenin karbondioksit olduğunu ifade etmiştir. İç ortam CO₂ standardını %0.1 vol (= 1000 ppm) olarak belirlemiştir; ki buna Pettenkofer sayısı adı verilir. Bu sayı, uzunca bir süre geçerli rehber olarak kullanılmıştır. Baş ağrısı, yorgunluk ve konsantrasyon eksikliği gibi sağlık üzerinde oluşan ilk belirtiler, bu konsantrasyonun üstüne çıktığında görülmektedir.⁹



Şekil 2: Max von Pettenkofer

Havalandırma trafik lambası, iç ortam havasındaki CO₂ değerinin modern olarak değerlendirilmesi açısından kullanışlıdır:

	Karbondioksit konsantrasyonu	Havalandırma trafik ışığı	Hijyenik değerlendirme	Tavsiyeler
İç ortam havasında 1000 ppm altı karbondioksit konsantrasyonları: Kritik değil	< 1000	Yeşil	Hijyenik açıdan kritik değil (hedef değer)	İlave ölçüme gerek yok
1000 ve 2000 ppm konsantrasyonları: Kritik	1000 ... 2000	Sarı	Hijyenik açıdan kritik nokta	Havalandırma ölçümleri (dış hava miktarı/hava değişiminin artırılması) Havalandırma durumunu kontrol edin ve iyileştirin
2000 ppm üzeri konsantrasyonlar: Kabul edilemez	> 2000	Kırmızı	Hijyenik açıdan kabul edilemez	Odadaki havalandırma opsiyonlarını kontrol edin Olası ilave ölçümleri araştırın

Şekil 3: Havalandırma trafik ışığı ile iç ortamdaki havanın CO₂ seviyesinin değerlendirilmesi.¹⁰

Hasta bina sendromu



“Hasta bina sendromu” (SBS) iki şekilde tanımlanabilir: birincisi, içinde çalışan kişileri hasta eden binalar; ikincisi ise binaların kendisinin “hasta” olarak tanımlandığı hallerdir.

Hasta bina sendromunun sebebi genellikle binalardaki klima sistemleri veya havadaki yetersiz hijyen oranıdır. Yarattığı belirti aralığı oldukça geniştir. Örneğin; gözler, burun ve boğazda kızarıklık, mukoza zarında ve deride kuruluk hissi, zihinsel yorgunluk, sıkça solunum enfeksiyonu geçirme, öksürme, ses kısıklığı, nefes kesilmesi, kaşınma ve belirsiz aşırı duyarlılık.

Klimalı ve havalandırma sistemi olan binalar üzerinde yapılan Amerikan menşeli bir çalışma, mutlak 1000 ppm konsantrasyonunda dahi, boğaz kuruluğu ve mukoza zarında kızarıklık gibi belirtiler ile CO₂ konsantrasyonlarındaki artış arasında önemli oranda ve pozitif bir korelasyon olduğunu istatistiksel olarak göstermiştir.

Daha yakın tarihlerde yapılan çalışmalar, istenmeyen hava iklimlendirmesinden kaynaklanan sorunları iyileştirme maliyetinin, şirket sahibi, bina sahibi ya da toplum açısından, binadaki enerji maliyetlerine kıyasla çoğu zaman daha yüksek olduğunu gösterir. Uygun bir oda iklimlendirmesinin, hem işe gelme oranlarını düşürdüğü hem de iş ve çalışma hayatındaki toplam performansı artırabileceği kanıtlanmıştır.¹¹

Okullarda iç hava kalitesi



2014-2015 yılı verilerine göre, Milli Eğitim Bakanlığı'na bağlı 59.509 adet okul bulunduğu göz önüne alındığında, okullarda CO₂ izleme son derece önemli bir konudur. Dışarıdaki havada ortalama 400 ppm karbondioksit bileşeni bulunur.¹²

Bir derslikte, öğrenci ve öğretmenlerin bir ders boyunca nefes alıp vermesiyle bu oran 1500 ppm'lere; 90 dakika sonra ise 2700 ppm'lere kadar çıkar. Tüm bu oranlar, nihayetinde yorgunluğun artmasına ve dikkatin azalmasına sebep olur; bu belirtiler ise öğrenmenin ve öğretmenin önündeki en doğrudan engellerdir.¹³

Amerika'da yapılan bir çalışma, dersliklerdeki CO₂ konsantrasyonunun öğrencilerin dikkatleri üzerinde doğrudan etki gösterdiği sonucuna ulaşmıştır. CO₂ oranının 1000 ppm'e çıkması, derslere girmeme oranında %10 ila 20'lik bir artışa sebep olmaktadır. Yapılan başka bir çalışmaya göre, CO₂ oranındaki her 100 ppm'lik artış, öğrencilerin genel katılımını %0,2 oranında düşürür.¹⁴ Havalandırma oranını artırmanın hastalanma dolayısıyla derslere katılmama durumunu %10 ila 17 oranında düşürdüğü bilinmektedir.¹⁵

Dolayısıyla CO₂, okullarda derse katılım oranını etkilemiştir. Ancak, bu etkinin kapsamı henüz tam anlamıyla bilinmemektedir. Çünkü okullarda kişilerin özel durumlarının da dikkate alınması gerekmektedir.

Almanya'da 2002 yılında yürürlüğe konan (2007 yılında revize edilen) Enerji Tasarrufu Yönetmeliği sonrasında, okul binalarının yenilenmesinden sorumlu kişiler, her gün yeni zorluklarla baş etmek durumunda kalırlar. Enerji

taahhütlerine uyulması amacıyla, binaların dış cephesi ve pencereleri kasti olarak hava geçirmez malzemelerden yapılır. Bir ortamda yetersiz havalandırma olması, oradaki iç ortam havasında kimyasal ve biyolojik maddelerin birikmesine yol açar.¹⁶

Çok sayıda insanın bir arada bulunduğu odalarda karbondioksit sorunlarının var olduğu uzun süredir biliniyor olsa da, eğitim sektörü açısından tatmin edici çözümlere henüz ulaşılmış değil. Aynı zamanda, özellikle kış aylarında, dersliklerdeki pencerelerin ne kadar sıklıkta ve kim tarafından açılması gerektiğine dair açıkça düzenlenmiş bir yönetmelik bulunmamaktadır. Bunun sonucunda da, tahmin edeceğimiz üzere, çok yüksek CO₂ değerleri (3000 ppm ve üzeri) ölçülmektedir. Bu durum okullardaki enfeksiyon riskine doğrudan etki eder. Bir odada ne kadar çok CO₂ varsa, orada o kadar çok sayıda virüs bir arada bulunuyor demektir.¹⁷

Örneğin, 2003 yılında Amerikalı bilim insanları Rudnick ve Milton, bir okul odasında, grip enfeksiyonu riski üzerine bir çalışma yaptılar. Dört saat boyunca bir derslikte bulunan 30 kişiden birinde akut influenza virüsü mevcuttu. Sonuç olarak CO₂, 1000 ppm değerindeyken beş kişi hastalandı, 2000 ppm değerindeyken bu sayı 12'ye, 3000 ppm değerindeyken de 15'e yükseldi.¹⁸

Okullardaki mevcut duruma bakıldığında, bazı yerlerdeki, düzenli ve yoğun havalandırma talimatları CO₂ sorununu yönetmeye yetmez. Bu durumda, düşük CO₂ konsantrasyonlarına sahip, kullanıcı odaklı ve kalıcı hava kalitesi elde edebilmek için teknolojik havalandırma ölçümü yapmak kaçınılmaz olur.¹⁹

İç ortam havası CO₂ içeriği hakkındaki rehberler

Almanya ve Avrupa'da, iç ortam havasıyla ilgili kalite gerekliliklerine ilişkin yasal açıdan bağlayıcı ve kapsamlı yönetmelikler bulunmamaktadır. Yalnızca birkaç adet değerlendirme verisi mevcuttur; bu verilere rehber değerler, oryantasyon değerleri veya hedef değerler gibi adlar verilir. Almanya'da %0.15 vol CO₂ değeri (=1500 ppm), DIN 1946 Kısım 2 uyarınca hijyenik rehber değer olarak kabul edilir. CO₂ için iç ortam rehber değerleri, İl Sağlık Müdürlüğü ve Federal Çevre Bakanlığı'nın İç Ortam Hava Hijyen Komisyonu (IRK) tarafından yayınlanmıştır.²⁰

Komşu ülkelerin bazıları, okullar dahil olmak üzere binaların havalandırılmasına ilişkin rehberler ve tavsiyeler yayınlamıştır; bu rehberlere göre iç ortam havasındaki CO₂ konsantrasyonlarına bir takım kısıtlamalar getirilmiştir.

Finlandiya'da, iç ortam havasında izin verilen maksimum CO₂ konsantrasyonu, normal hava koşullarında ve oda kullanım halindeyken, 1200 ppm'dir. Norveç ve İsveç rehberleri, oturma odaları, okul odaları ve ofisler için maksimum CO₂ konsantrasyonunu 1000 ppm olarak belirlemiştir. Danimarka'da, İş Koruma Kurulu rehberine göre, çocuklara günlük bakım sunulan merkezlerde, okullarda ve ofislerdeki karbondioksit konsantrasyonunun 1000 ppm'i geçmemesi gerekir. CO₂ konsantrasyonunun bir gün içinde kısa süreliğine birkaç kez 2000 ppm'i geçmesi halinde, hava değişimi yetersiz kabul edilir.²¹

Tehlikeli Madde Direktifi'ne tabi olan işyerlerinde, TRGS 900 uyarınca işyeri sınır değeri 5000 ppm karbondioksittir.

CO₂ ölçüm teknolojisi

İç ortamdaki karbondioksitin ölçülmesi ve takibi hususunda mevcut üç olasılık bulunur:

CO₂ ölçüm cihazları

(örn. testo 535):



Portatif cihazlar; uzun süreli ölçümlere uygundur; CO₂ içeriğini hızlı ve hatasız ölçerler.

CO₂ veri kayıt cihazları

(testo 160 IAQ):



CO₂'ye ek olarak sıcaklık ve nemi kesintisiz bir şekilde ölçerler. Ölçüm değerleri kablosuz LAN üzerinden Bulut'a aktarılır ve limit değer aşımında e-posta veya SMS yoluyla uyarı gönderilir. Kolayca görülen hava kalitesi trafik lambası sayesinde iç ortam hava kalitesinden sorumlu kişiler, tek bir bakışta ortamdaki hava kalitesini görebilirler.

Hava hızı ve iç hava kalitesi ölçüm cihazları (örn. testo 440):



CO₂'e ek olarak, hava akış hızı, sıcaklık, nem, türbülans değeri, CO veya lux gibi diğer tüm havalandırma ve klima parametrelerini ölçerler.

Testo'nun sunduğu CO₂ ölçüm teknolojileri hakkında bilgi almak için, www.testo.com.tr'yi ziyaret edebilir ve bizimle iletişime geçebilirsiniz.

Kaynaklar:

- ¹ Bundesgesundheitsbehörde, Gesundheitsforschung-Gesundheitsschutz des Umweltbundesamtes 2008, Gesundheitliche Bewertung von Kohlendioxid in der Innenraumluft, Springer Medizin Verlag Ergonomic Institut für Arbeits- und Sozialforschung, s. 1358
- ² Müller-Limroth (1977): quoted in Luftqualität in Innenräumen (1997). Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Schriftenreihe Umwelt Nr. 287, quoted in Komfortlüftung.at gesund & energieeffizient, Physikalische Faktoren Kohlenstoffdioxid als Lüftungsparameter, Aktualisierte Fassung August 2011, authors (Dipl.-Ing. Dr. Rolf Boos, Dipl.-Ing. Bernhard Damberger, Dipl.-Ing. Dr. Hans-Peter Hutter, Univ.-Prof. Dr. Michael Kundi, Dr. Hanns Moshhammer, Dipl.-Ing. Peter Tappler, Dipl.-Ing. Felix Twrdik, Dr. Peter Wallner), <http://www.komfortlüftung.at/>
- ³ Bundesgesundheitsbehörde, Gesundheitsforschung-Gesundheitsschutz des Umweltbundesamtes 2008, Gesundheitliche Bewertung von Kohlendioxid in der Innenraumluft, Springer Medizin Verlag Ergonomic Institut für Arbeits- und Sozialforschung, s. 1362
- ⁴ Komfortlüftung.at gesund & energieeffizient, Physikalische Faktoren Kohlenstoffdioxid als Lüftungsparameter, Aktualisierte Fassung August 2011, page 6, authors (Dipl.-Ing. Dr. Rolf Boos, Dipl.-Ing. Bernhard Damberger, Dipl.-Ing. Dr. Hans-Peter Hutter, Univ.-Prof. Dr. Michael Kundi, Dr. Hanns Moshhammer, Dipl.-Ing. Peter Tappler, Dipl.-Ing. Felix Twrdik, Dr. Peter Wallner), <http://www.komfortlüftung.at/>
- ⁵ ECA (1992) Guidelines for ventilation requirements in buildings. European Collaborative Action Indoor Air Quality & its Impact on Man. Report no. 11. EUR 14449, quoted in: Bundesgesundheitsbehörde, Gesundheitsforschung-Gesundheitsschutz des Umweltbundesamtes 2008, Gesundheitliche Bewertung von Kohlendioxid in der Innenraumluft, Springer Medizin Verlag Ergonomic Institut für Arbeits- und Sozialforschung, s. 1366
- ⁶ Bundesgesundheitsbehörde, Gesundheitsforschung-Gesundheitsschutz des Umweltbundesamtes 2008, Gesundheitliche Bewertung von Kohlendioxid in der Innenraumluft, Springer Medizin Verlag Ergonomic Institut für Arbeits- und Sozialforschung, s. 1358f
- ⁷ ibid
- ⁸ <https://www.allum.de/stoffe-und-ausloeser/schadstoffe-der-innenraumluft/allgemeines-zur-innenraumluftqualitaet>
- ⁹ Umweltbundesamt Innenraumlufthygiene-Kommission des Umweltbundesamtes, Leitfaden für die Innenraumhygiene in Schulgebäuden, authors Dr. Heinz-Jörn Moriske and Dr. Regine Szewzyk, 2008, s. 32, http://raumluft.linux47.webhome.at/fileadmin/dokumente/uba_innenraumhygiene_schulgebäude.pdf
- ¹⁰ Fig. 3:
Ad-hoc AG IRK/AOLG, 2008: Gesundheitliche Bewertung von Kohlendioxid in der Innenraumluft, Bundesgesundheitsbl-Gesundheitsforsch-Gesundheitsschutz
- ¹¹ Über das Sick-Building Syndrome, author Dr.-Ing. Ahmet Cakir, Zeitschrift für Arbeitswissenschaft 1994 (http://ergonomic.de/wp-content/uploads/2015/03/sick_building-2002.pdf)
- ¹² Umweltbundesamt Innenraumlufthygiene-Kommission des Umweltbundesamtes, Leitfaden für die Innenraumhygiene in Schulgebäuden, authors Dr. Heinz-Jörn Moriske and Dr. Regine Szewzyk, 2008, s. 10
- ¹³ Frauenhofer IBP, Frauenhofer Institut für Bauphysik IBP, Study Report Titel Impact of the indoor environment on learning in schools in Europe, authors Gunnar Grün, Susanne Urlaub, Stuttgart, 10. Dezember 2015, https://www.ibp.fraunhofer.de/content/dam/ibp/de/documents/Presseinformationen/Velux-Prestudy_WhitePaper_141205_amended.pdf
- ¹⁴ Shendell DG, Prill R, Fisk WJ, et al. (2004) Associations between classroom CO2 concentrations and student attendance in Washington and Idaho. Indoor Air 14:333–341, quoted in: Bundesgesundheitsbehörde, Gesundheitsforschung-Gesundheitsschutz des Umweltbundesamtes 2008, Gesundheitliche Bewertung von Kohlendioxid in der Innenraumluft, Springer Medizin Verlag Ergonomic Institut für Arbeits- und Sozialforschung
- ¹⁵ Frauenhofer IBP, Frauenhofer Institut für Bauphysik IBP, Study Report Titel Impact of the indoor environment on learning in schools in Europe, authors Gunnar Grün, Susanne Urlaub, Stuttgart, 10. Dezember 2015, (https://www.ibp.fraunhofer.de/content/dam/ibp/de/documents/Presseinformationen/Velux-Prestudy_WhitePaper_141205_amended.pdf)
- ¹⁶ Umweltbundesamt Innenraumlufthygiene-Kommission des Umweltbundesamtes, Leitfaden für die Innenraumhygiene in Schulgebäuden, authors Dr. Heinz-Jörn Moriske and Dr. Regine Szewzyk, 2008 (http://raumluft.linux47.webhome.at/fileadmin/dokumente/uba_innenraumhygiene_schulgebäude.pdf, Seite 7
- ¹⁷ Mensch-Umwelt-Gesundheit, Bericht CO₂: <http://raumluft.linux47.webhome.at/natuerliche-mechanische-lueftung/co2-als-lueftungsindikator/>, page 2
- ¹⁸ Rudnick SN, Milton DK (2003) Risk of indoor airborne infection transmission estimated from carbon dioxide concentration. -245 Bundesgesundheitsbehörde, Gesundheitsforschung-Gesundheitsschutz des Umweltbundesamtes 2008, Gesundheitliche Bewertung von Kohlendioxid in der Innenraumluft, Springer Medizin Verlag Ergonomic Institut für Arbeits- und Sozialforschung, s. 1365
- ¹⁹ Umweltbundesamt Innenraumlufthygiene-Kommission des Umweltbundesamtes, Leitfaden für die Innenraumhygiene in Schulgebäuden, authors Dr. Heinz-Jörn Moriske and Dr. Regine Szewzyk, 2008 (http://raumluft.linux47.webhome.at/fileadmin/dokumente/uba_innenraumhygiene_schulgebäude.pdf, s. 39
- ²⁰ Bundesgesundheitsbehörde, Gesundheitsforschung-Gesundheitsschutz des Umweltbundesamtes 2008, page 1358- 1369, <http://www.komfortlüftung.at/>, gesund&energieeffizient, Komfortlüftungsinfo No. 4, Gesetzliche Vorgaben und Regelwerke, Herausgegeben am 15.10.2010, s. 7
- ²¹ SF-Ministry of the Environment (2003) Indoor climate and ventilation of buildings. Regulations and Guidelines 2003. D2 National building code of Finland, <http://www.environment.fi/default.asp?contentid=68171&lan=en>, zitiert bei: Bundesgesundheitsbehörde, Gesundheitsforschung-Gesundheitsschutz des Umweltbundesamtes 2008, Gesundheitliche Bewertung von Kohlendioxid in der Innenraumluft, Springer Medizin Verlag Ergonomic Institut für Arbeits- und Sozialforschung