ISSN 1302 - 2415

TEMMUZ - EYLÜL 2023

TTMD

www.ttmd.org.tr

Isıtma, Soğutma, Havalandırma, Klima, Yangın ve Sıhhi Tesisat E-Dergisi • HVAC, Refrigeration, Fire Safety and Sanitary E-Journal

DOĞU İKLİMLENDİRME'NİN KATKILARI İLE YAYIMLANMAKTADIR.

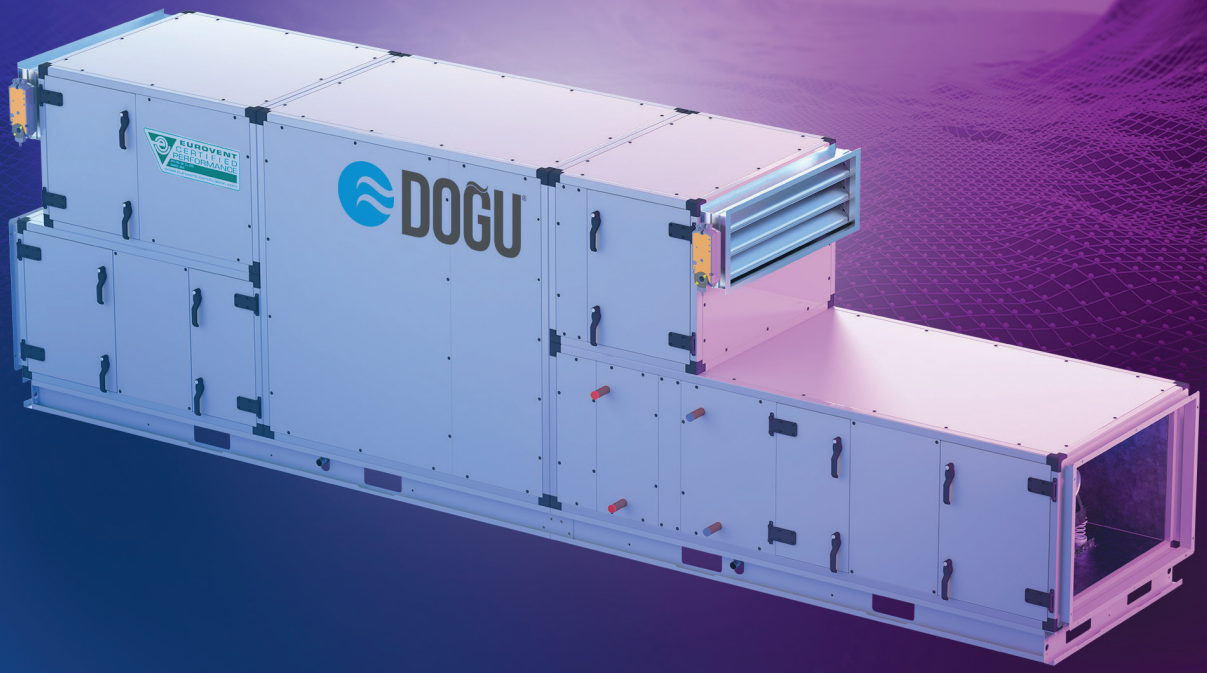
SAYI 139'İN EKİDİR

Kaliteli Bir Uyku için Havalandırmanın Önemi ve Tasarımı

İKLİMLENDİRMENİN GELECEĞİ İÇİN

DOĞU'YA BAKIN

Enerji verimliliği yüksek, çevreci, yenilikçi ve sürdürülebilir
iklimlendirme cihazlarını geleceğin teknolojisi ile geliştiriyoruz.



DOĞU 25 YIL

www.doguhvac.com

KALİTELİ BİR UYKU İÇİN HAVALANDIRMANIN ÖNEMİ ve TASARIMI

İçindekiler

ÖZET 3
1. GİRİŞ 3
2. İÇ HAVA KALİTESİ PROSEDÜRÜNDE KONTROL PARAMETRESİ 4
3. UYKU MAHALLERİNDE HAVALANDIRMA SİSTEMLERİ TASARIMI İÇİN CO_2 EMİSYONLARI .. 6
4. UYKU MAHALLERİ VE MİMARİ ÖLÇÜLERİ 6
5. UYKU MAHALLERİNDE CO_2 DEĞİŞİMİ 7
6. UYKU MAHALLİNDE CO_2 DENGESİ. 8
6.1 UYKU MAHALLERİ İÇİN GÜVENLİ HAVALANDIRMA DEBİLERİNİN BULUNMASI 9
6.2 HAVALANDIRMA TASARIMDA KULLANILACAK OLAN GÜVENLİ HAVALANDIRMA DEBİLERİNİN BELİRLENMESİNDE İHKP VE HMP KARŞILAŞTIRMASI 10
7. SONUÇ ve DEĞERLENDİRME 10
8. KAYNAKLAR 11

Nur Çobanoğlu[a]
Ziya Haktan Karadeniz[b]
Sait Cemil Sofuoğlu[c]
Macit Toksoy[d]

ÖZET

Günlük hayatı önemli ölçüde etkileyen uyku kalitesi, uyku mahalli içerisindeki gürültü, sıcaklık ve bağıl nem ile birlikte mahal içerisindeki kirlilik konsantrasyonundan da etkilenmektedir. Ortamdaki CO_2 konsantrasyonu bir kirlilik göstergesi olarak kabul edilmektedir ve yüksek konsantrasyonların uyanma sıklığını arttırdığı ve dolayısıyla uyku kalitesini azalttığı gözlenmiştir. Bu çalışmada, farklı ülkelerin uyku mahalleri için önerdiği ölçüler için, uyku mahallerinde CO_2 konsantrasyonun bir üst limit değerin (1000 ppm) altında olmasını sağlamak üzere ortama sağlanması gereken taze hava debisi ASHRAE standartlarında önerilen havalandırma debisini belirleme yöntemleri (Havalandırma Miktarı Prosedürü - HMP, İç Hava Kalitesi Prosedürü - İHKP ve Doğal Havalandırma Prosedürü - DHP) ile hesaplanarak karşılaştırılmıştır. Tasarım kolaylığı açısından genellikle sabit debi önerilen HMP yaklaşımı düşük hacimlerde yetersiz kalırken, yüksek hacimli uyku mahalleri için İHKP ile önerilen havalandırma debisinden, ihtiyaç duyulandan, yüksek debiler önermektedir. Bununla birlikte HMP ve İHKP ile hesaplanan debilerin çok dar bir alanda kesişmesi, HMP değerlerinin etkin tasarımlar için kullanım alanını sınırlı olduğunu göstermektedir. Bu nedenle sistem tasarımının İHKP yaklaşımıyla ve talep kontrollü havalandırma ile işletilecek şekilde yapılması önerilmektedir. Çalışmada yatak odası ve yurt yatakhaneleri özelinde İHKP yöntemi ile elde edilen bulgular açıklanarak, tasarımcılara uygulama için doğrudan kullanabilecekleri bir yaklaşım sunulmuştur.

1. GİRİŞ

Fiziksel, fizyolojik, psikolojik, genetik, sosyal, ekonomik vb. alanlarda pek çok bağımsız değişkeni olan uyku fonksiyonunu; değişken sayısını azaltarak, geriye kalanları izole etmeye çalışarak veya izole edildiğini düşünerek, fonksiyona yeni değişkenler katan sübjektif ve objektif yöntemler ile deneyler ve alan çalışmaları yaparak tanımlamamak oldukça güç görünmektedir. Literatürde her ne kadar bu şekilde ifade edilmese de benzer sonuca ulaşılmış ve iç hava kalitesi ile uyku arasındaki ilişkinin tanımlanması için daha çok çalışma yapılması gerektiği konusunda hemfikir derleme çalışmalar bulunmaktadır. İyi bir uyku kalitesi için gürültü, oda sıcaklığı ve bağıl nem açısından yüksek kaliteli bir uyku ortamı gereklidir [1,2]. Ayrıca ortamdaki CO_2 konsantrasyonu ortamın havalandırma verimliliğinin ve dolayısıyla iç hava kalitesinin bir göstergesi olarak kabul edildiğinden daha yüksek havalandırma debilerinin ve dolayısıyla daha düşük CO_2 konsantrasyonlarının, uyanma sayısında azalma [1,3,4] ve daha yüksek uyku kalitesi [4-6] sağladığı belirtilmiştir.

a Doktora Öğrencisi, İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi - ncobanoglu93.phd@gmail.com
b Dr. İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi - zhaktan.karadeniz@ikcu.edu.tr
c Dr., İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü - cemilsofuoglu@iyte.edu.tr
d Dr. Mak Yük. Müh., RD&PM - macittoksoy@gmail.com

Yatak odalarında havalandırma standartları üzerinde yapılan çalışmadan [7] görüleceği üzere, ülkelerin yatak odaları için sağlanması gereken taze hava debisi ile ilgili farklı tasarım yaklaşımları görülmektedir. Bu yaklaşımlar aşağıdaki şekilde sınıflandırılabilir:

1. Birim alan ve kişi sayısı için öngörülen hava debilerinin tasarımda göz önüne alınması.
2. Kişi sayısı için öngörülen hava debilerinin tasarımda göz önüne alınması.
3. Birim alan için saatte hava değişiminin belli değerlerinin tasarımda göz önüne alınması.
4. Öngörülen hacimde saatte hava değişiminin belli değerlerinin tasarımda göz önüne alınması.
5. Uyku süresi boyunca CO_2 konsantrasyonun bir ortalama değerinin üzerine çıkılmamasının göz önüne alınması.
6. CO_2 konsantrasyonun bir üst limit değerinin tasarımda göz önüne alınması.

ASHRAE standartlarında havalandırma debisinin belirlenmesi için üç yöntem bulunmaktadır [8]: Havalandırma Miktarı Prosedürü (HMP), İç Hava Kalitesi Prosedürü (İHKP) ve Doğal Havalandırma Prosedürü (DHP). ANSI/ASHRAE Standard 62.1-2019'a göre HMP'de mahallerin fonksiyonlarına bağlı olarak alanlara ve/veya kişi sayısına göre (Tablo 1) sabit değerler seçilip havalandırma debisi belirlenip Eşitlik 1 ile yatak odası için havalandırma debisi hesaplanabilmektedir.

Tablo 1. Solunum Alanında Minimum Havalandırma Debileri

	Kişi Başına Dış Hava Miktarı, Ri (l/s.kişi)	Alan Başına Dış Hava Miktarı, Ra (l/s.m²)
Konut yaşam birimleri	2.5	0.3
Konut ortak koridorlar	-	0.3

$$Q_{yo}=R_i N_{yo}+R_a A_{yo} ; (l/s) \quad (1)$$

Eşitlik 1'de N_{yo} yatak odasındaki kişi sayısını, A_{yo} ise yatak odasının alanını [m²] ifade etmektedir.

ANSI/ASHRAE 62.2-2019'da ise konutlar için toplam havalandırma debisi ise Eşitlik 2'de verilmiştir.

$$Q_{toplam}= 0.15A_{taban}+3.5(N_o+1) ; (l/s) \quad (2)$$

Burada A_{taban} konut taban alanını (m²) ve N_o konuttaki yatak odası sayısını ($N_o \geq 1$) göstermektedir. ANSI/ASHRAE 62.1-2019 ile konut içerisindeki herhangi mahaldeki havalandırma debisi hesaplanabilirken ASHRAE 62.2-2019 ile konut toplam taze hava debisi hesaplanabilmektedir.
Kirlilik konsantrasyonu hacim ile ilişkili olup ülkelerin mimari kodlarına ve geleneklerine, sosyal ve ekonomik gelişmişliklerine göre değişmektedir. Bazı ülkelerde tavan yüksekliği 3 m'den az olamazken bazı ülkeler için bu değer 2.2 m'ye kadar inebilmektedir. Bu nedenle havalandırma için taban alanı ve/veya kişi sayısına veya hacme göre sabit değerlerde taze hava debisi hesaplanması (ilk dört yaklaşım), yatak odalarında uyku periyodunda CO_2 konsantrasyonunun, fiziksel ve zihinsel negatif etkileri olan, uyku kalitesini etkileyen değerin üstüne çıkmasını garanti edememektedir. Hesaplama esnasında mahal fonksiyon ayrımı olmadan hesaplama kolaylığı sağlaması nedeniyle hem Türkiye'de hem de dünyada sıkça kullanılsa da havalandırma tasarımında HMP uygun görülmemektedir. DHP ise ana çözüm olmaktan ziyade tüm bina tasarımlarında mimarlar ve mekanik tesisat mühendisleri tarafından, yardımcı bir sistem olarak mutlaka göz önüne alınmalıdır. Çünkü doğal havalandırma ile mekanik sistemlerin yükü azaltılabilir ve enerji tasarrufu yapılabilir. Ancak havalandırma güvenliği %100 bu sistemler tarafından sağlanamamaktadır.

Havalandırma tasarımı kapsamında önerilen yöntem olan İHKP'de güvenli kirlilik seviyesi, yaşam mahallinin hacmi ve bu çalışmada olduğu gibi hacmi kullanan insanların antropometrik özellikleri kullanılarak gerekli güvenilir havalandırma debisi belirlenmektedir. Talep Kontrollü Havalandırma (TKH) yöntemi ile CO_2 konsantrasyonu takip edilerek hem hacim fonksiyonlarındaki değişikliğe uyum hem de doğal havalandırmanın sağladığı avantajları kullanabilme olanağı sağlanmaktadır. İHKP ile tasarımı yapılmış TKH sistemlerinde, sabit bir değerin altında CO_2 konsantrasyonun tutulması mümkündür. Ancak uyku süresinde karbondioksit konsantrasyonunun ortalama bir değerin altında olmasını sağlamak, uyku süresini etkileyen parametreler göz önüne alınırsa pratik olarak mümkün görülmemektedir. Bu nedenle tasarım yaklaşımlarından beşincisi uygun görülmemektedir. Önerilen tasarım yaklaşımı altıncı yaklaşımdır: Yatak odasının havalandırma sistemi, talep kontrollü olmak üzere, maksimum kişi sayısına göre belirlenmiş hava debisinde taze hava sağlayabilen, yatak odasındaki CO_2 konsantrasyonu bir üst limit değerin altında tutan bir sistem olmalıdır.

Bu çalışmada havalandırma debisinin hesaplanmasında, yatak odasında CO_2 konsantrasyonun bir üst limit değerinin altında olmasını sağlamak üzere İHKP kullanılması önerilmektedir. Bu yöntemin kullanılmasındaki zorluk, tasarımcı dostu ve onaylanmış bir hesaplama aracının olmamasıdır. Bu nedenle çalışma kapsamında yatak odası ve yurt yatakhaneleri özelinde İHKP yöntemi açıklanarak, tasarımcılara uygulama için doğrudan kullanabilecekleri bir yaklaşım sunulması amaçlanmaktadır.

2. İÇ HAVA KALİTESİ PROSEDÜRÜNDE KONTROL PARAMETRESİ

İç Hava Kalitesi Prosedürünün uygulanması ile havalandırma debisinin belirlenmesinde, uygulamada bir göz-

lem/kontrol parametresi olarak iç ortamda CO_2 konsantrasyonunun belirli bir değeri aşmaması öngörülmektedir. Günümüze kadar bu değer 1000 ppm veya ASHRAE 62.2-2016 içindeki "Bilgilendirici EK-D" de verildiği üzere, dış CO_2 konsantrasyonunun 700 ppm üstüdür (+700 fark). Tarihsel olarak ilgili ASHRAE standartlarında (62, 62.1 ve 62.2) bu değerler havalandırma yoluyla sağlanması gereken zorunlu limitler olarak verilmemesine rağmen, zorunlu limitler gibi algılanmış ve İHKP ile bu değerlerin aşılmamasını sağlayan havalandırma debileri tasarımda kullanılmıştır; bu değerlerin, yani 1000 ppm ile dış hava CO_2 konsantrasyonunun 700 ppm üstü olan değerin, bir zorunluluk olarak kabul edilmesi eleştirilmiş ve bu pseudo zorunluluğunun tarihi gelişimi aktarılmıştır [9].

CO_2 konsantrasyonunun bir izleyici ve kirlilik göstergesi olarak kullanılmasının ilk nedeni, iç ortamlarda bu kirliliğin kaynağının insanlar olması ve artan CO_2 konsantrasyonu ile hem insanlardan hem de diğer kaynaklardan olan emisyonlar ile kirlilik konsantrasyonunun artacağının kabul edilmesidir. Bu kabul rasyonel bir kabuldür. Ayrıca CO_2 konsantrasyonun ölçülmesi ve izlenmesi kolaydır. Ancak CO_2 konsantrasyonunun 1000 ppm veya +700 ppm fark değerlerinin iç hava kalitesinin kabul edilebilir olması için ve sağlık ve performansı etkilemeyen üst değerler olduğu konusu üzerine tartışmalar devam etmektedir. 2012 yılından sonra CO_2 konsantrasyonun sağlık, performans ve iç hava kalitesine etkisi üzerine yapılan 10 araştırma, bu alanda uzman bilim insanları tarafından değerlendirilmiş ve aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır [10]:

- "1000 ppm den daha düşük konsantrasyonlarda CO_2, kalp atış hızını ve nefes veriş sonu karbondioksit kısmi basıncı (End-Tidal CO_2) yükseltmek dışında, hava kalitesini, akut sağlık semptomlarını etkilediği veya fizyolojik sorunlara sebep olduğu konusunda çok sınırlı kanıt vardır. Yüksek CO_2 konsantrasyonu fareleri ve insan bağışıklık hücrelerini etkilemektedir. Ancak bu bulgular henüz insanlarda gösterilmemiştir.
- Yüksek CO_2 konsantrasyonunun zihinsel performans üzerine etkisi konusunda, birbiriyle çelişen araştırmalar vardır; bazı araştırmalara göre zihinsel performans etkilenmekte, bazılarına göre etkilenmemektedir.
- 1000 ppm'e kadar CO_2 konsantrasyonunun, uçuş simülatörlerindeki performansı önemli derecede etkilediğini belirten ama tutarlı olmadığı görülen araştırmalar vardır. CO_2'in bu test performansını nasıl etkilediği bilinmemektedir.
- Şimdiye kadar yapılan araştırma sonuçları arasındaki farklılığın anlaşılması için daha çok araştırmaya ihtiyaç vardır. Buna ek olarak, karbondioksitin çocuklar, yaşlı insanlar ve sağlık sorunu olan insanlar üzerinde etkileri araştırılmamıştır. Ayrıca uzun süreli veya periyodik olarak yüksek CO_2 konsantrasyonuna maruziyetin etkileri araştırılmamıştır. Sonuç olarak CO_2 konsantrasyonunun fiziksel ve zihinsel etkilerinin araştırılması için daha çok araştırmaya gereksinim vardır".

Bu sonuçlar özetlenecek olunursa, 2010 yılından bu yana yapılmış bazı araştırmalarda 1000 ppm üzerindeki CO_2 konsantrasyonunda insanların fizyolojik ve zihinsel olarak etkilendikleri, bazı araştırmalarda 5000 ppm altında etkilenmedikleri sonuçlarına varılmıştır. Hem bu sınır değerler arasındaki farklılıkların giderilmesi için hem de henüz üzerlerinde araştırma yapılmamış çocuklar, yaşlılar ve sağlık sorunu olan insanlara yüksek CO_2 konsantrasyonunun etkilerini belirlemek için ve nihayet hem de uzun süreli ve periyodik maruziyetlerin etkilerini belirlemek için araştırmalar yapılmalıdır.

Yukarıda verilen çalışma sonuçları ve benzeri değerlendirmeler sonucu olsa gerek 1000 ppm referans değeri ASHRAE 62.1-1999'da yer almadığı belirtilmektedir [11]. Yine aynı makalede, ASHRAE 62.1-2016 "Bilgilendirici EK-D" de, koku kalitesi açısından insanların %80 kabul edilebilir bulduğu bir sınır değeri olarak belirtilen +700 ppm fark değerinin bir limit değer olmadığı vurgulanmış ve bu yüzden bu bilgiye de ASHRAE 62.1-2019'da yer verilmediği belirtilmiştir.

Kendisinin bir iç hava kirleticisi olarak değerlendirilmesi gerektiği ve yol açabileceği sağlık ve bilişsel etkilerin çalışılması gerekmekle birlikte, CO_2'in standartlarda yer almasının ana sebebi iç hava kalitesi açısından havalandırmanın bir göstergesi olarak kullanılmasıdır. İç havada, dış hava düzeylerine ne kadar yakın konsantrasyonlarda bulunursa havalandırmanın etkin olduğu söz konusu olduğu, dolayısıyla, içeride kaynağı olan çok çeşitli kirleticilerin, emisyon hızlarına bağlı olarak iç havada birikmemeleri ve görece yüksek konsantrasyonlarda bulunmamalarına işaret edeceğinden önem taşımaktadır.

Bu çalışmanın yazarları olarak, yukarıda belirtilen sonuçlar ve ASHRAE 62.1 standardın yapılan değişiklikler hakkında aşağıdaki değerlendirmeleri not etmek istiyoruz.

1. CO_2 en başta olmak üzere iç hava kirliliğinin, çocukların, yetişkinlerin, yaşlıların ve sağlık sorunları olan insanların fizyolojik ve zihinsel performansı üzerine etkisini belirlemek üzere daha çok araştırma yapılmalıdır. Ancak, şimdiye kadar olan göreceli olarak yeni bazı araştırmalar (örneğin [12]) aksini söylese de 1000 ppm ve üzeri CO_2 konsantrasyonunun fizyolojik ve zihinsel performans açısından insanları etkilediğini göstermektedir. Bu araştırmaların sonuçları yanlışlanana değin, koku konforu, insan sağlığının ve performansının güvenliği açısından 1000 ppm değeri üst limit olarak kabul edilmelidir.
2. ASHRAE 62.1-2016 "Bilgilendirici EK-D"de verilen

denge matematik modeli göz önüne alınırsa, ASHRAE 62.1 standartlarında Hava Miktarı Prosedürü için önerilen kişi başı hava debilerinin her biri için bir CO_2 konsantrasyonu fark limit değerine ulaşılmaktadır. ASHRAE 62.1-2016'da verilen modele göre +700 ppm fark değeri (iç ve dış CO_2 konsantrasyonları arasındaki fark), modelde metabolizma hızının 1,2 MET değeri havalandırma debisinin 7,5 l/s, biyo-CO_2 emisyonunun 0,31 l/s.kişi olarak alınmasıyla hesaplanmış değerdir. Sonuçta belli bir havalandırma debisi (7,5 l/s), metabolizma hızı (1,2 MET) ve CO_2 emisyonu (0,31 l/s) parametreleri ile analitik olarak 700 ppm denge fark konsantrasyonuna ve bu çalışmaların yapıldığı tarihlerdeki ortalama dış hava CO_2 konsantrasyonu (~350 ppm) göz önüne alınarak koku konforunu sağlayan CO_2 konsantrasyonuna (≤ 1000 ppm) ulaşıldığı anlaşılmaktadır. Bu hesap 1000 ppm'in doğrulanması ile ilgili değil, güvenli 1000 ppm değerine ulaşmak için kişi başına 7,5 l/s kişi havalandırma debisinin uygunluğunu işaret etmektedir.

3. Söz konusu matematik model ile elde edilen +fark değerler, değişen havalandırma debisi, metabolizma hızı ve atropometrik değerler ile değişecektir. Bu durumda elde edilecek sonuçlar sağlık güvenliği açısından bir kaotik yapı oluşturacaktır.
4. Dış hava +700 ppm değişken düzeyi yerine 1000 ppm değerinin esas alınması daha etkin havalandırma yapılmasına yol açacak, böylece içeride kaynakları bulunan çok çeşitli hava kirleticilerinin iç havada birikimi ve konsantrasyonlarının görece yüksek düzeylere ulaşımını engellemek açısından daha etkili olacaktır.

Yukarıda verilen değerlendirmeler ışığında bu çalışmanın algoritmasını oluşturan İHKP yaklaşımı ile yatak odası havalandırmasında tasarım kontrol parametresi olarak CO_2 konsantrasyonu 1000 ppm değeri, havalandırma debisinin belirlenmesinde üst limit olarak göz önüne alınmıştır.

3. UYKU MAHALLERİNDE HAVALANDIRMA SİSTEMLERİ TASARIMI İÇİN CO_2 EMİSYONLARI

Uyku mahallerindeki (konut yatak odası, yurt odası, otel odası vs.) ana CO_2 emisyonu, uyuyan insanların emisyonlarıdır. İnsanların CO_2 emisyonu, metabolizma hızlarına, antropometrik özelliklerine, beslenme alışkanlıklarına (karbonhidrat, yağ, protein) bağlı solunum katsayılarına, bulundukları yerin sıcaklığına ve yükseltisine bağlıdır.

Bir uyku mahallinin mimari ve mekanik sistem tasarımı yapılırken her ne kadar ne amaçla kullanılacağı (konut yatak odaları, yurt odası, otel odası vs.) belli olsa da o mahalde uyuyacak inanların özelliklerini bilmek mümkün değildir. Bu yüzden bu mahallerde kalacak olan insanların CO_2 emisyonlarının, tasarımı yapılacak sistemlerin, mahallin fiziksel ömrü içinde yeterli hizmet verebilmesi için, olası en büyük değerlerinin alınması uygun olacaktır. Bu bağlamda, uyku mahallinde kalan kadınlar ve erkeklerin ağırlık ve boyları için Güleç vd. [13] tarafından yapılan çalışmada bulunan 95 persentil değerleri kullanılmış, ortalama beslenme alışkanlıklarının belirlediği solunum katsayısının 0,83 ve metabolizma hızının 1 MET alınması, sıcaklıkla ters orantılı olduğu için, uyku mahalleri için tasarım sıcaklığı olan en düşük 18 °C'in hesaplamalarda göz önüne alınması uygun görülmüştür. Tablo 2'de tasarım parametreleri ile bu parametrelere bağlı olarak Kalema ve Viot [14] tarafından geliştirilen yöntemle hesaplanan CO_2 emisyonları verilmiştir.

Tablo 2. Uyku halinde havalandırma sistemlerinin güvenli tasarımı açısından insanların CO_2 salınım debileri.

Cinsiyet	95 Persentil [11]		Metabolizma hızı (MET)	Solunum Katsayısı	CO_2 miktarı (g/s)
	Ağırlık (kg)	Boy (m)			
Erkek	96,80	1,7985	1	0,83	0,0095
Kadın	95,30	1,7740			0,0093

Tablo 2'de verilen değerler Tablo 3'te belirtildiği üzere, farklı uyku mahalleri için CO_2 toplam emisyonlarının hesaplanması için kullanılmalıdır.

Tablo 3. Uyku mahallerinde toplam emisyon değerleri.

Uyku Mahalli	Emisyon değeri (g/s)
Konutlarda ebeveyn yatak odaları	0,0188 (= 0,0095 + 0,0093)
Konutlarda diğer çift kişilik yatak odaları	0,0188
Konutlarda tek kişilik yatak odaları	0,0095
Yurt odaları	Yatak sayısı × 0,0095
Oteller tek kişilik odalar	0,0095
Oteller çift kişilik yatak odaları	0,0188 (= 0,0095 + 0,0093)
Oteller çok kişilik yatak odaları	Yatak sayısı × 0,0095

4. UYKU MAHALLERİ VE MİMARİ ÖLÇÜLERİ

İç hava kalitesi kapsamında kirlilik konsantrasyonu uyku mahallinin hacmi ile ilişkilidir ve hacim ülkelerin mimari kodlarına, geleneklerine, sosyoekonomik (sosyal konut, müstakil konut, apartman dairesi, vb.) boyutuna göre değişkenlik göstermektedir. Tablo 4'te güncel kaynaklardan elde edilen yatak odaları ve yurt yatakhanelerinin minimum ölçüleri sunulmuştur. Tabloda yer alan ölçülerin çoğu bir minimum zorunluğu değil genel uygulamayı göstermektedir. Alan olarak verilen kişi başı alanların yanında havalandırma açısından önemli olan diğer büyüklük tavan yüksekliğidir. Ancak kaynakların bazılarında sadece kişi başına düşen alan değerleri verilmiştir. Tablodaki değerler incelendiğinde, tüm dünyada yurt yatakhanelerinde kişi başına minimum hacmin 10 m^3 olduğu görülmektedir. En büyük değer ise tek kişilik yurtlar için TS 11498 tarafından verilen 9 m^2/kişi alana karşılık gelen 21,6 m^3/kişi değeridir.

Tablo 4. Yatak odası ve yurt yatakhanesi ölçüleri.

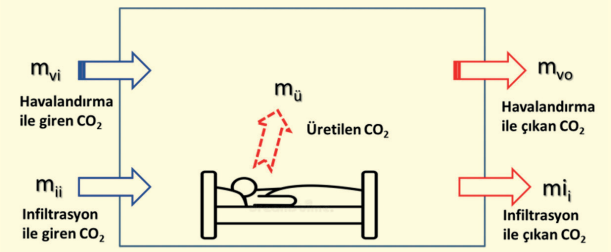
Ülke	Alan (m^2/kişi) / Hacim (m^3/kişi)	Açıklama ve Kaynak	
		Yurtlar	
Türkiye	9 / 21,6	Tek kişilik. Minimum tavan yüksekliği = 2,4 m Minimum hacim = 2,4 x 9 = 21,6 m^3/kişi	TS 11498 standardı [15–17]
	5 / 12,5	Çok kişilik Minimum hacim = 12,5 m^3/kişi. Minimum tavan yüksekliği = 2,4 m	
	8 / 19,2	Tek kişilik. Minimum tavan yüksekliği= 2,4 m Minimum hacim = 2,4 x 8 = 19,2 m^3/kişi	MEB, Özel Öğrenci Barınma Hizmeti Kurumlarının Standartları İle Çalışma Usul Ve Esasları Hakkında Yönerge (10/04/2018)
	4.17 / 10	Çok kişilik. Minimum tavan yüksekliği = 2,4 m Minimum hacim = 10 m^3/kişi. Bir yatakhanede en az 3, en çok 6 kişinin barınabileceği belirtilmiştir.	
	6 / 13,2	Tek kişilik	MEB, Özel Öğrenci Barınma Hizmeti Kurumlarının Standartları İle Çalışma Usul Ve Esasları Hakkında Yönerge (10/04/2018) - Geçiçi Madde 1 (3)
	4,55 / 10	Çok kişilik. Minimum tavan yüksekliği = 2,2 m Minimum hacim = 10 m^3/kişi.	
	2,98 / -	8 kişilik Oda taban alanı = 23,8 m^2 Alan olarak 2,98 m^2/kişi dünyadaki en küçük değer olarak görülmektedir.	[15]
Amerika Birleşik Devletleri	10,6 / -	https://www.galesburg.com/article/20100724/news/307249975	
	12,1 / -	https://www.campusreel.org/colleges/yale-university/dorms	
	8,6 / -	https://www.wsj.com/articles/SB10000872396390444042704577587662345274568	
	4,6 / -	https://www.thebuildingcodeforum.com/forum/threads/minimum-dorm-room-size.29006/	
Çin	4,5 / 12,5	4 kişilik yatak odası Tavan yüksekliği = 2,8 m.	[18]
	3,73 / 10	6 kişilik yatak odası Tavan yüksekliği = 2,8 m.	
Avustralya	10-12 / - 20 / -	Ortalama değer 10-12 m^2, Terraces Üniversitesi için de 20 m^2 olduğu belirtilmiş.	https://accommodation.unsw.edu.au/faq/living-campus/what%E2%80%99s-size-my-bedroom
Yatak Odası			
Türkiye	9 / 23,4 9 / 21,6	Yükseklik 2.60'dan küçük olamaz. Ancak istisnai durumlarda 2.40'a kadar düşürülebilir.	İzmir Büyükşehir Belediyesi İmar Yönetmeliği, Resmi Gazete sayı:31500, 3 Haziran 2021
İngiltere	8 / -	Tek kişilik yatak odası Minimum taban alanı: 8 m^2	London Housing Design Guide 2010 (Zorunlu): https://www.london.gov.uk/sites/default/files/interim_london_housing_design_guide.pdf
	6 / -	İki kişilik yatak odası Minimum taban alanı: 12 m^2	
	7,5 / -	Tek kişilik yatak odası Minimum tavan yüksekliği: 2,3 m	Technical housing standards – nationally described space standard: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/524531/160519_Nationally_Described_Space_Standard____Final_Web_version.pdf
	5,75 / -	İki kişilik yatak odası Minimum tavan yüksekliği: 2,3 m	
	16-25 / -	[19]	

5. UYKU MAHALLERİNDE CO_2 DEĞİŞİMİ

Uyku mahallerinde iç hava kalitesi hakkında indikatif olduğu kadar kendisi de fiziksel ve zihinsel performansı etkileyen bir gaz olan CO_2'nin en büyük kaynağı mahalde uyuyan insanlardır. Pek çok ülkede, amaçları farklı (konut, rezidans, yurt vs.) binalardaki uyku mahallerinde (yatak odalarındaki) CO_2 konsantrasyonunun farklı mevsimlerde değişimi ölçülmüş ve bu değişimin uyku kalitesine etkisi, nesnel veya öznel yöntemlerle tanımlanmaya çalışılmıştır. Bu araştırmaların hemen hepsinde, söz konusu uyku mahallerinde havalandırma yoksa ölçümler esnasında pencere ve/veya kapı açık değilse uyku boyunca CO_2 konsantrasyonunun arttığı ve bazı hallerde ciddi değerlere (7500 ppm) ulaştığı görülmektedir [7]. Türkiye'de benzer bir araştırma yapılmadığı için, yatak odalarında ve yurt odalarındaki iç hava kirliliği konusunda ölçülmüş veriler yoktur. Ancak doğal veya yapay olarak havalandırılmayan herhangi bir hacimdeki CO_2 konsantrasyonunun mahaldeki insan sayısına ve demografik özelliklerine (yaşlı genç, kadın erkek vs.) bağlı olarak büyük bir hassasiyetle tahmin edilmesi mümkündür.

6. UYKU MAHALLİNDE CO_2 DENGESİ.

Herhangi bir uyku mahallinde (yatak odası, yurt odası, vs.) CO_2 dengesi, hacim içinde bir başka CO_2 kaynağı yoksa hacme giren ve çıkan, hacimde üretilen CO_2 miktarları göz önüne alınarak yazılır (Şekil 1). Uyku mahalline giren bileşenler, hacim içinde insanlar tarafından üretilen, havalandırma ve infiltrasyonla giren CO_2 debileridir. Çıkanlar ise infiltrasyon ve havalandırma yoluyla çıkan CO_2 debileridir. Bu değerler göz önüne alınarak hacimdeki CO_2 debisi Eşitlik 3'te görüldüğü şekilde yazılır. Eşitlik 3'te yer alan terimler Tablo 5'te açıklanmıştır.



Şekil 1. Uyku mahallinde CO_2 alışverişi.

Hacim içindeki CO_2 değişimi = Hacme giren CO_2 miktarı - Hacimden çıkan CO_2 miktarı

$$\frac{dm(t)}{dt} = M_{ü} + m_{vi} + m_{ii} - m_{vo} - m_{io} \qquad (3)$$

Tablo 5. Uyku Mahallinde CO_2 Dengesi Parametreleri

$m(t)=VC(t)$	Uyuma mahalli hacmindeki CO_2 miktarı (mg)
V	Uyuma mahalli hacmi (m^3)
t	Zaman (saat)
$C(t)$	Hacimdeki zamanla değişen CO_2 konsantrasyonu (mg/m^3)
$M_{ü}=N_{yo}\, m_{ü}$	Hacimde uyuyan insanların CO_2 emisyonu (mg/s)
$m_{ü}$	Uyuyan bir insanın CO_2 emisyonu (mg/s)
$M_{ii}=Q_i\, C_d$	İnfiltrasyonla hacme giren CO_2 konsantrasyonu (mg/s)
Q_i	İnfiltrasyon debisi (m^3/sn)
C_d	Varsayılan dış hava CO_2 konsantrasyonu (mg/m^3)
$M_{io}=Q_i\, C(t)$	İnfiltrasyonla hacimden çıkan CO_2 konsantrasyonu (mg/s)
$M_{vi}=Q_v\, C_d$	Havalandırma ile hacme giren CO_2 konsantrasyonu (mg/s)
Q_v	Havalandırma debisi (m^3/sn)
$M_{vo}=Q_v\, C(t)$	Havalandırma ile hacimden çıkan CO_2 konsantrasyonu (mg/s)

Eşitlik 3 ve Tablo 5'te verilen terimlerin yerine konulması ile zamana bağlı CO_2 konsantrasyonu değişimi elde edilir:

$$\frac{dC(t)}{dt} = \frac{N_{yo}\, m_{ü}}{V} + \frac{(Q_v+Q_i)}{V}\left[C_d - C(t)\right] \qquad (4)$$

En yüksek CO_2 konsantrasyon değeri havalandırma ve infiltrasyonun göz önünde bulunmadığı durumda olacağından Eşitlik 4 şu şekilde yazılır:

$$\frac{dC(t)}{dt} = \frac{N_{yo}\, m_{ü}}{V} \qquad (5)$$

Eşitlik 5'de t=0 anında $C(0)=C_d$ ve t=t anında C=C(t) sınır şartları tanımlandığında en yüksek CO_2 konsantrasyon değerini hesaplamak için gerekli olan eşitlik elde edilir:

$$C_{max}(t) = C_d + \frac{N_{yo}\, m_{ü}}{V} t \quad ; (mg/m^3) \qquad (6)$$

CO_2 konsantrasyon değerini mg/m^3 yerine ppm cinsinden elde etmek için Eşitlik 6 şu şekilde tekrar yazılabilmektedir:

$$C(t) = C_d + \frac{N_{yo}\, m_{ü}}{V} t\left[\left(\frac{V_m}{M_{CO_2}}\right)\left(\frac{273+T}{273}\right)\left(\frac{1013}{P}\right)\right] \quad ; (ppm) \qquad (7)$$

Burada CO_2'nin moleküler ağırlığı olarak M_{CO2} = 44,01 g/mol, havanın molar hacmi olarak V_m = 24,47 l/mol'dür. T ve P ise havanın sıcaklığı [°C] ve basıncıdır [hPa]. Herhangi bir hacimde CO_2 konsantrasyonu için üst limit olarak tanımlanan 1000 ppm değerine ulaşmak için gerekli zaman dilimi hesaplanmak istenirse:

$$t = \frac{(1000-C_d)V}{\left(\frac{V_m}{M_{CO_2}}\right) M_{ü}\phi_T\phi_P} \quad ; (ppm) \qquad (8)$$

Burada $\phi_T = \frac{273+T}{273}$ ve $\phi_P = \frac{1013}{P}$ olarak ifade edilmektedir.

Ulusal Uyku Vakfı (NSF[e]) tarafından 18-25 yaşlarındaki erişkinler için 7 ile 9 saat arasında uyku önerilmektedir [20,21]. 9 saatlik uyku sonucunda uyku mahallinde havalandırma gerektirmeyen hacim Eşitlik 9 ile hesaplanabilmektedir.

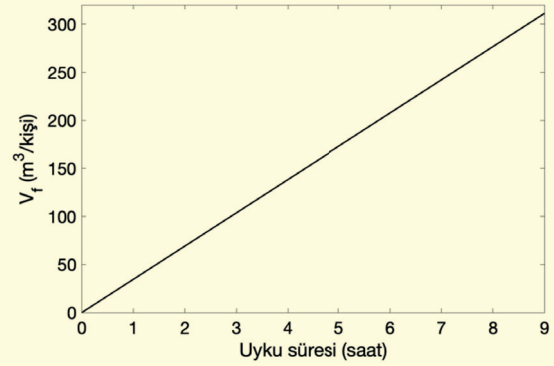
$$V_f = \frac{N_{yo}\, m_{ü}}{C(t)-C_d} t \quad ; (m^3) \qquad (9)$$

Havalandırma gerektirmeyen hacim değeri, mahal içerisindeki konsantrasyonun 9 saatlik uyku sonucu C(t)=1000 ppm değerini aşmayacak şekilde hesaplandığında 311,4 m^3/kişi olarak bulunmuştur. Bu değerin uyku süresine göre değişimi Şekil 2'de sunulmuştur. Yetişkin bir insan için önerilen 7-9 saat uyku dilimi için elde edilen V_f değerleri geleneksel uyku mahalleri için her koşulda erişilemeyecek değerlerdir, bu nedenle V_f değerinden küçük her uyku mahallinin havalandırılması bir zorunluluk olarak not edilmelidir.

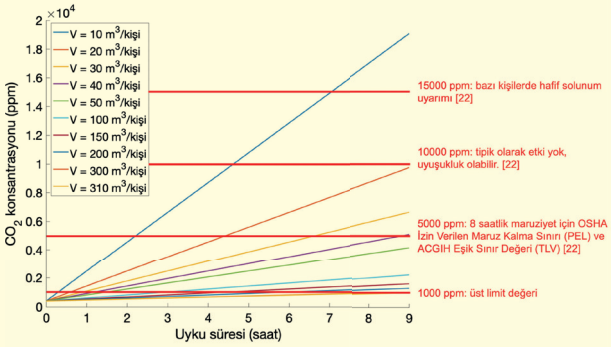
CO_2 konsantrasyonunun kişi başına düşen farklı uyku mahalli hacimleri için zamanla değişimi Şekil 3'te gösterilmiştir. Mahaldeki CO_2 konsantrasyonunun artış eğimi beklenildiği üzere mahal hacmi arttıkça azalmakta ve

e NSF: National Sleep Foundation

bununla birlikte mahalde üst limit değeri olarak belirlenen 1000 ppm CO_2 konsantrasyonuna erişme süresi de hacim arttıkça artmaktadır.



Şekil 2. Uyku süresine bağlı olarak havalandırmayı gerektirmeyecek en düşük oda hacmi (C(t)=1000 ppm).



Şekil 3. Uyku mahallindeki zamana bağlı CO_2 konsantrasyonu değişimi ve CO_2 konsantrasyonun insan üzerindeki bazı tipik etkileri.

6.1 UYKU MAHALLERİ İÇİN GÜVENLİ HAVALANDIRMA DEBİLERİNİN BULUNMASI

Herhangi bir uyku mahallinde uyku kalitesinin etkilenmemesi için mahalde uyuyan insanlardan kaynaklanan emisyonla mahaldeki CO_2 konsantrasyonu hesaplamak için Eşitlik 4'ün çözümü gerekmektedir. Bu denklemde infiltrasyon yoluyla uyku mahalli havasının tazelenmesi ihmal edilirse, eşitlik

$$\frac{dC(t)}{dt} = \frac{M_{yo}\, m_{ü}}{V} + \frac{(Q_v)}{V}[C_d - C(t)] \qquad (10)$$

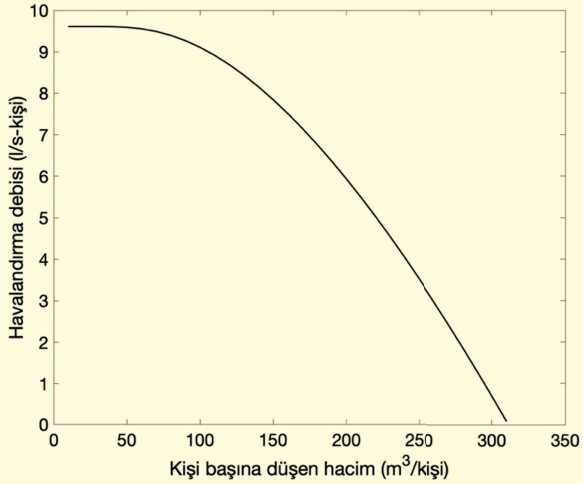
şekline dönüşür. Birinci mertebeden lineer adi diferansiyel denklem olan Eşitlik 10'un çözümü

$$C(t) = c_1 e^{-\frac{tQ_v}{V}} + C_d + \frac{M_{yo} m_{ü}}{Q_v} \qquad (11)$$

olarak yazılır. t=0 anında $C(0)=C_d$ ve t=t anında C=C(t) sınır şartları tanımlandığında

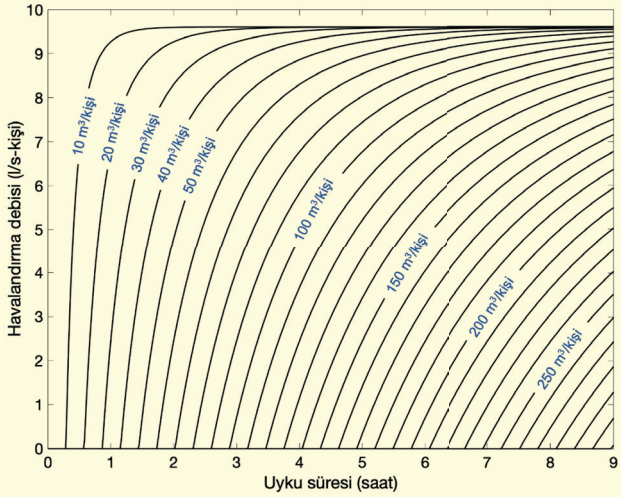
$$C(t) = C_d + \frac{M_{yo} m_{ü}}{Q_v}(1 - e^{-\frac{tQ_v}{V}}) \qquad (12)$$

haline gelmektedir. Uyku mahallinde güvenilir havalandırma debisi (Q_v), üst limit olan C(t)=1000 ppm değerinin uygulanması ile kişi başına düşen hacim için hesaplanabilmektedir. Genç erişkinler için en fazla uyku saati olarak önerilen 9 saat için havalandırma debisinin kişi başına düşen hacim ile değişimi Şekil 4'te gösterilmiştir. Beklenildiği üzere kişi başına düşen hacim arttıkça havalandırma debisi azalmaktadır. Ancak havalandırma debisindeki 100 m³/kişi hacminden itibaren elde edilen bu azalmanın gerçek koşullar altında bir anlamı bulunmamaktadır. Çünkü Tablo 4'de sunulan uyku mahalli hacimleri göz önünde bulundurulduğunda kişi başına düşen hacim 10 ve 25 m³/kişi arasında değişmektedir ve bu hacimlerde havalandırma debisi neredeyse sabit (9,60 l/s-kişi) kalmaktadır.



Şekil 4. Güvenilir havalandırma debisinin kişi başına düşen hacim ile değişimi (C(9 sa)=1000 ppm).

Bununla birlikte havalandırmaya olan ihtiyaç uyku mahalli hacmi arttıkça azalsa da 10-30 m³/kişi hacimleri için mahal içerisindeki CO_2 miktarının üst limit olan 1000 ppm değerini aşmaması için uyku süresinin ilk saatinden itibaren havalandırmanın gerekliliği Şekil 5'te gösterilmektedir.

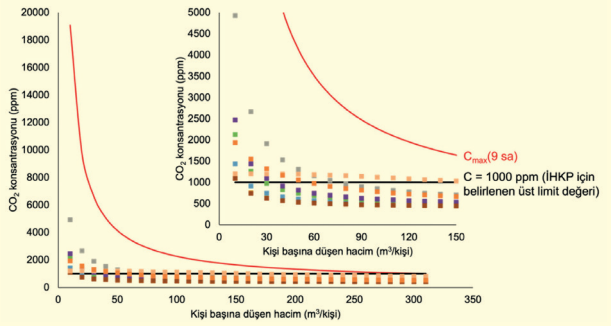


Şekil 5. Kişi başına düşen farklı uyku mahalli hacimleri için havalandırma debisinin uyku süresine göre değişimi.

6.2 HAVALANDIRMA TASARIMDA KULLANILACAK OLAN GÜVENLİ HAVALANDIRMA DEBİLERİNİN BELİRLENMESİNDE İHKP VE HMP KARŞILAŞTIRMASI

Sekhar vd. [7] yatak odası havalandırması için ABD'den Çin'e 15 ülkenin yatak odası havalandırma debisi ile ilgili standartlarını incelemişlerdir. Ülke standartlarını karşılaştırmak için geliştirdikleri tabloda Avrupa Birliği ve yanında beş ülkede yatak odalarına özgün havalandırma tasarım hava debileri tanımlanmakta, 9 ülkede bazılarında mutfak ve banyolar için ayrı değerler verilerek geriye kalan tüm konut mahalleri için aynı tasarım hava debileri önerilmektedir. Önerilen bu debi değerlerinin uyku mahallindeki CO_2 konsantrasyonuna etkisi ve İHKP ile önerilen değerlerden farkının incelenmesi amaçlanmıştır. İHKP ve HMP karşılaştırılmasında kullanılacak olan HMP kapsamında önerilen tasarım hava debileri ile ANSI/ASHRAE Standart 62.1 ve 62.2'de verilen Eşitlik 1 ve 2 Tablo 6'da sunulmuştur.

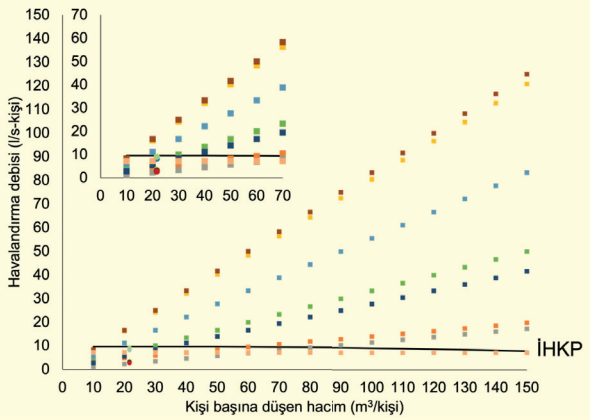
Yatak odası için HMP ile önerilen debilerin uyku mahalli içerisindeki CO_2 konsantrasyonuna etkisi farklı mahal hacimlerinde 9 saatlik uyku süresi için Şekil 6'da gösterilmiştir. Hesaplamalarda tavan yüksekliği için Tablo 4'te sunulan en düşük değer (2,4 m) kullanılmıştır. HMP ile yatak odası için önerilen havalandırma debilerinin kişi başına düşen hacim miktarı arttıkça CO_2 konsantrasyonunu üst limit olarak tanımlanan 1000 ppm değerinin altına düşürdüğü gözlenmiştir. Buna ek olarak Tablo 4'te verilen en düşük hacim miktarı olan 10 m^3/kişi için CO_2 konsantrasyonu tüm standartlarda önerilen değerler için 1000 ppm değerinin üzerinde çıkmaktadır.



Şekil 6. Kişi başına düşen farklı uyku mahalli hacimleri için HMP ile önerilen debilerin mahaldeki CO_2 konsantrasyonuna etkisi.

Havalandırma debilerinin 9 saatlik uyku sonucunda kişi başına düşen hacim ile değişimi Şekil 7'de sunulmuştur. İmar Yönetmeliği'nde 1+1 daireler için en düşük taban alanı 28,5 m^2 olarak belirlenmiş ve uyku mahallinin sahip olabileceği en düşük alan 9 m^2 olarak tanımlanmıştır. Konutun tamamı için önerilen ortak havalandırma debileri uyku mahalli alanının toplam konut taban alanına oranı (0,32) ile hesaplanmıştır.

Düşük hacim değerleri için HMP ile önerilen debiler yetersiz kalırken kişi başına düşen hacim miktarının artmasıyla HMP'nin önerdiği debi değerleri İHKP ile hesaplanan güvenilir havalandırma debisi değerinin üzerine çıkmaktadır. HMP ve İHKP ile hesaplanan debilerin çok dar bir alanda kesişmesi, HMP değerlerinin kullanım alanını sınırlamakla birlikte yetersiz kaldığı ve çok yüksek çıktığı durumlarda sistem tasarımı göz önünde bulundurulduğunda İHKP ile TKH'nin kullanılması önerilmektedir.



Şekil 7. Kişi başına düşen farklı uyku mahalli hacimleri için HMP ve İHKP ile hesaplanan havalandırma debileri.

7. SONUÇ ve DEĞERLENDİRME

Bu çalışmada yatak odaları için sağlanması gereken taze hava debisi ile ilgili farklı tasarım yaklaşımları kapsamında ASHRAE standartları ile önerilen havalandırma debisini belirleme yöntemleri incelenmiştir. Uyku mahallinde CO_2 konsantrasyonun bir üst limit değerinin (1000

Tablo 6. HMP ile önerilen havalandırma debileri

Konutun tamamı için önerilen ortak havalandırma debileri			Yatak odaları için önerilen havalandırma debileri			
ÜLKE		**Önerilen Hava Debileri**	**ÜLKE**		**Renk**	**Önerilen Hava Debileri**
ASHRAE 62.2		$Q_{toplam} = 0.15A_{taban} + 3.5(N_o + 1)$ (l/s)	ASHRAE 62.1			$Q_{yo} = 2.5N_{yo} + 0.3A_{yo}$ (l/s)
Belçika		1 (l/s.m²)	CEN	Kategori I		2.9 (h^{-1})
İsveç		0.35 (l/s.m²)		Kategori II		2.0 (h^{-1})
Hollanda		0.9 (l/s.m²)		Kategori III		1.2 (h^{-1})
İngiltere		0.3 (l/s.m²)	Norveç			7.2 (l/s.kişi)
			Danimarka			0.3 (l/s.m²)
			Çin			1 (h^{-1})
			Hindistan			3 (h^{-1})

ppm) altında olmasını sağlamak üzere önerilen İHKP, yatak odası ve yurt yatakhaneleri özelinde açıklanarak tasarımcılara uygulama için doğrudan kullanabilecekleri bir yaklaşım sunulmuştur. Tasarımcının CO_2 konsantrasyonunun üst limit değerini 1000 ppm kabul ederek farklı uyku mahalli hacimleri ve uyku süreleri için gerekli havalandırma debilerini hesaplayabileceği eğriler sunulmuştur. Buna ek olarak güvenilir havalandırma debisini hesaplamak için CO_2 konsantrasyon üst limit değerini, mahal hacmini ve uyku süresinin değişken olduğu eşitlik önerilmiştir.

ASHRAE 62.1-2016 "Bilgilendirici EK-D"de verilen matematik modeli güvenli 1000 ppm değerine ulaşmak için kişi başına 7,5 l/s kişi havalandırma debisinin uygunluğunu işaret etmekteyken CO_2 konsantrasyonunun üst limitini 1000 ppm kabul eden İHKP yöntemi ile önerilen güvenilir havalandırma debisi, yaklaşık 70 m^3/kişi uyku mahalli hacmine kadar 9,60 l/s kişi olarak sabit olarak hesaplanmıştır.

Çalışma kapsamında uyku mahalleri için önerilen tasarım kriterleri şu şekilde özetlenebilir:

TASARIM ESASLARI - Özet

1. CO_2 konsantrasyonu üst limit değeri: 1000 ppm.
2. Hava debisinin belirlenme yöntemi: İç Hava Kalitesi Prosedürü.
3. Yatak odasındaki kişi sayısı:
   a. Ebeveyn yatak odası: 2
   b. Diğer yatak odaları: Büyüklüğüne göre 1 veya 2.
   c. Yurt Odaları: Olası maksimum kişi sayısı.
4. Kişi başına CO_2 emisyonu, uyuyan yetişkin bir insan için olası maksimum değer: 9,5 mg/sn.
5. Sistem kontrolü: Talep Kontrollü Havalandırma

8. KAYNAKLAR

[1] Liao C. vd., "Effects of window opening on the bedroom environment and resulting sleep quality," Science and Technology for the Built Environment, 27:7, 995-1015, 2021.

[2] Ohayon M. vd., "National Sleep Foundation's sleep quality recommendations: first report," Sleep health, 3:1, 6-19, 2017.

[3] Laverge J. ve Janssens, A., "Analysis of the influence of ventilation rate on sleep pattern," in Indoor Air 2011, 2011.

[4] Mishra A. K. vd., "Window/door opening-mediated bedroom ventilation and its impact on sleep quality of healthy, young adults," Indoor Air, 28:2, 339-351, 2018.

[5] Lan L. vd. "Pilot study of the effects of ventilation and ventilation noise on sleep quality in the young and elderly," Indoor air, 00: 1- 13, 2021.

[6] Strøm-Tejsen P. vd., "The effects of bedroom air quality on sleep and nex-day performance," Indoor air, 26:5, 679-686, 2016.

[7] C. Sekhar vd. "Bedroom ventilation: Review of existing evidence and current standards," Building and Environment, 107229, 2020.

[8] ANSI/ASHRAE Standardı 62.1-2016. "Kabul Edilebilir Bir İç Hava Kalitesi İçin Havalandırma". TTMD Teknik Yayın No: 39

[9] Herrmann. D.C., "Understanding CO2 And Standard 62". Comments/Letters: iaq@ashrae.org IAQ Applications/Summer 2000

[10] Fisk W. vd., "Do Indoor CO2 Levels Directly Affect Perceived Air Quality, Health, or Work Performance?," ASHRAE Journal, 61: 9, 2019.

[11] Persily A. K., "Don't Blame Standard 62.1 for 1,000 ppm CO2.," ASHRAE Journal, vol. 63, no. 2, 2021.

[12] U. Satish vd., "Is CO2 an indoor pollutant? Direct effects of low-to-moderate CO2 concentrations on human decision-making performance," Environmental health perspectives, 120: 12, 1671-1677, 2012.

[13] Güleç E. vd., "Anadolu İnsanının Antropometrik Boyutları: 2005 Yılı Türkiye Antropometri Anketi Genel Sonuçları," Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi, 49:2, 187-201, 2009.

[14] Kalema T. ve Viot M., "Methods to reduce the CO 2 concentration of educational buildings utilizing internal ventilation by transferred air," Indoor air, 24: 1, 71-80, 2014.

[15] Çağatay K. ve Yıldırım K., "Öğrenci Yurdu Odalarının Mekân Kalitesinin Kullanıcıların Fonksiyonel Ve Algısal Performansı Üzerine Etkisi; Tahsin Banguoğlu Öğrenci Yurdu Örneği," Journal of Design+Theory, 10:18, 53-72, 2014.

[16] Öztürk S. M. ve Dincer A. E., "An Investigation on the Design Principles of Dormitory Buildings in Karabük," Journal of Design+Theory, 16:30, 61-76, 2020.
[17] Yıldırım K. and Uzun O., "The effects of space quality of dormitory rooms on functional and perceptual performance of Users: Zübeyde hanim sorority," Gazi University Journal of Science, 23:4, 519-530, 2010.
[18] Lei Z. vd., "Effect of natural ventilation on indoor air quality and thermal comfort in dormitory during winter," Building and Environment,125, 240-247, 2017.
[19] Morgan M. and Cruickshank H., "Quantifying the extent of space shortages: English dwellings," Building Research & Information, 42: 6, 710-724, 2014.
[20] N. S. Foundation, "How Much Sleep Do You Really Need?," 2020. [Online]. Available: https://www.thensf.org/how-many-hours-of-sleep-do-you-really-need/.
[21] Hirshkowitz M. vd., "National Sleep Foundation's sleep time duration recommendations: methodology and results summary.," Sleep health, 1: 1, 40-43, 2015.
[22] Environmental, USDA FSIS. "Safety and Health Group." Carbon Dioxide Health Hazard Information Sheet (2020).

ISSN 1302 - 2415
www.ttmd.org.tr

TTMD
ISITMA, SOĞUTMA, HAVALANDIRMA,
KLİMA, YANGIN VE SIHHİ TESİSAT E-DERGİSİ

HVAC, Refrigeration, Fire Safety and Sanitary E-Journal

TTMD Adına Sahibi
Nermin Köroğlu Isın

Dergi Yayın Yönetmeni
Prof. Dr. M. Zeki Yılmazoğlu

Sorumlu Yazı İşleri Müdürü
Ozan Yavuz

Dergi Yayın Kurulu
Dr. Ece Kalaycıoğlu Özdemir
Emre Özmen
Hamit Mutlu
Mehmet Samet Uslu
Berke Çelikel

Danışma Kurulu
Abdullah Bilgin
Prof. Dr. Ahmet Arısoy
Akdeniz Hiçsönmez
Bahri Türkmen
Prof. Dr. Birol Kılkış
Prof. Dr. Bülent Yeşiltata
Cafer Ünlü
Erdinç Boz
Ersin Gökbudak
Doç. Dr. Gülsu Ulukavak Harputlugil
Gürkan Arı
Prof. Dr. Halime Paksoy
Hüseyin Erdem
Kani Korkmaz
Dr. Kazım Beceren
Prof. Dr. Macit Toksoy
Meriç Sapçı
Dr. Muhyettin Sirer
Nevroz Karakuş
Prof. Dr. Nilüfer Eğrican
Numan Şahin
Ömer Kantaroğlu
Sarven Çilingiroğlu
Serdar Gürel
Yalçın Katmer

Uluslararası Temsilciler
Belçika - Dr. Mehmet Mersinligil
Birleşik Krallık - Okan Sever
Fransa - Kıvanç Ezer
İsviçre - Yalçın Katmer

Uluslararası İşbirlikleri
- IEA EBC TCP - International Energy Agency Energy in Buildings and Communities Technology Collaboration Programme
- IEA ECES TCP - International Energy Agency Energy Conservation Through Energy Storage Technology Collaboration Programme
- IEA SHC TCP - International Energy Agency Solar Heating Cooling Technology Collaboration Programme
- IBPSA - International Building Performance Simulation Association
- AEE - The Association of Energy Engineers
- ASHRAE - American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineers
- EHPA - European Heat Pump Association
- ISHRAE - Indian Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers
- PHVACR - Pakistan HVACR Society
- REHVA - Federation of European Heating, Ventilation and Air Conditioning Associations

İletişim
TTMD Genel Merkezi:
Bestekar Caddesi Çimen Apt. No:15/2 Kavaklıdere / Ankara
Tel: 0312 419 45 71 - 72 Faks: 0312 419 58 51
Web: www.ttmd.org.tr
E-posta: ttmd@ttmd.org.tr

Yapım
Doğa Ajans
Alinazım Sok. No: 30 Koşuyolu, Kadıköy - İstanbul
www.dogaajans.com.tr

TTMD E-Dergi, elektronik ortamda yayımlanmaktadır.