

Enerjiden Tasarruf Sağlarken, İç Hava Kalitesi Nasıl Yüz Kere Daha İyi Hale Getirebilir?

P.O. Fanger; Prof. Dr.

ÖZET

Dünyanın değişik kesimlerinde, yapılan kapsamlı araştırmalar, bir çok büro ve benzeri binada bulunan insanların iç ortam havasını (IAQ) kabul edilemez bulduğunu ve Hasta Bina Sendromundan (SBS) şikayetçi olduklarını belgelemiştir. Yürürlükteki havalandırma standartları ile düzenlemelerin belirttiği hususlar yerine getirilse ve havadaki kirleticilerin ölçülen konsantrasyonu herhangi bir sınır değerinin çok altında olsa da böyle bir durum ortaya çıkabilir. Birbirinden bağımsız bir dizi güncel araştırma, ortadüzeydeki IAQ'nun dahi büro çalışanlarının üretkenliği üzerinde olumsuz etki yaptığını ortaya koymuştur. Bu, gelecekte yüksek iç ortam kalitesine sahip mahallerin tasarlanması yönünde güçlü bir ekonomik teşvik oluşturur. Bir mahaldeki en duyarlı insanı bile tatmin etmeye çalışırken bir bakış ve yaklaşım değişikliğine gerek vardır. Bugünkü uygulamalar dikkate alındığında bu, IAQ düzeyinin nicelik bakımından birkaç derece daha geliştirilmesini gerektirebilir. Bu makale, böyle bir ciddi iyileştirmenin havalandırmayı artırmaksızın nasıl yapılabileceğini tartışmaktadır. Bütün insanların memnuniyetini sağlamak gibi güç bir işlevin yerine getirilmesinde araç olarak kullanılacak hususlar önerilmektedir. Bunların aynı anda uygulanması, havalandırma miktarlarının ve enerji tüketiminin düşürülmesini bile sağlayabilecektir. Bu çalışmalarda duyumsama ölçümleri birinci derecede önemlidir.

How To Make Indoor Air Quality One Hundred Times Better While Saving Energy

ABSTRACT

Comprehensive field studies in different parts of the world have documented that high percentages of occupants in many offices and similar buildings find the indoor air quality (IAQ) unacceptable and suffer from SBS symptoms. This occurs even though existing ventilation standards and guidelines are met and even though measured concentrations of pollutants in the air are way below any limits or guideline values. A series of recent independent studies has documented that mediocre IAQ also has a negative impact on the productivity of office workers. This provides a strong economic incentive to design for high IAQ in the future. A paradigm change is needed where we try to satisfy even the most sensitive persons in a

space. Compared to today's practice, this may require that we improve IAQ by several orders of magnitude. This paper will discuss how such a dramatic improvement can be realized without increasing ventilation. Four methods are suggested as means to reach this ambitious goal of satisfying all people. Applying these simultaneously may even allow for reduced ventilation and consumption. Sensory measurements are of prime importance in this endeavour.

1. Giriş

Dünya Sağlık Örgütü (WHO) "Sağlıklı İç Ortam Havası Hakkı" (WHO, 2000) adlı bir rapor yayımlamıştır. Peki nedir bu sağlıklı iç ortam havası? Doğal çıkış noktası WHO'nun, 'sadece hastalıkların bulunmaması değil fakat insanların kendilerini tam bir rahatlık içinde hissetme hali' biçimindeki genel tanımlaması olacaktır. Bu temelde, sağlıklı iç mahal havası; hastalık riski taşımayan ve içerideki bütün insanlar için rahatlık sağlayan hava olarak tanımlanabilir. Bu ideal gereksinim, bugünün gerçek binalarında sergilenenden çok uzaktır. Dünyanın değişik bölgelerinde içlerinde binlerce insanın çalıştığı yüzlerce binada yapılan bir çok kapsamlı alan çalışması, Hasta Bina Sendromunu (SBS) ve bir çok binada iç mahalden duyulan rahatsızlığı belgelemiştir (Skov et al., 1987; Mendell, 1993; Sundell, 1994; Bluysen et al., 1996; Lee et al., 1999; Skyberg et al., 2003; Sekhar et al., 2003; Bishof et al., 2003). Bu durum mevcut havalandırma standartları (CEN, 1998; ASHRAE, 2001) ile düzenlemelerin gerektirdiği hususların karşılanması ve havada ölçülen kirletici konsantrasyonu herhangi bir sınır değerinin altında olması halinde bile ortaya çıkabilir. Bunun temel nedenlerinden birisi mevcut standartlar ve düzenlemelerdeki sınırların çok düşük olmasıdır. Bu belgelerin hazırlanış felsefesi, belirli bir yüzdenin (örneğin %15, %20 or %30) altında bulunan insanların memnuniyetsizliğine karşı, kalanların IAQ ile ilgili memnuniyet ifade ettikleri bir iç ortam tesis etmek olmuştur. HVAC sistem tasarımına temel oluşturan standartların arkasındaki bu felsefe uygulamada, tahmin edileceği gibi orta kaliteli iç mahallere ve geniş sayıdaki insanın memnuniyetsizliğine yol açmıştır. Bir dizi bağımsız çalışmadan elde edilen önemli yeni bilgiler, orta

kalitedeki iç ortam hava kalitesinin, büro çalışanlarının üretkenliği üzerinde olumsuz etki yaptığı yönündedir. Bu makalede gözden geçirilecek olan bu çalışmalar, Tesisat Mühendislerine, yüksek iç ortam havasının her şeye değer olduğunu göstermektedir. Bunlar, gelecekte yüksek iç ortam hava kalitesine sahip mahaller tasarlamada önemli bir ekonomik teşvik niteliği de taşımaktadır. En müşkül pesent insanların bile memnuniyet ifade edeceği, örneğin bir mahaldeki bütün insanlar için sağlıklı bir iç ortam havası tesis etmek için bakış ve yaklaşımlarda bir değişikliğe gerek duymaktayız. Bugünkü uygulamalar dikkate alındığında bu, IAQ düzeyinin nicelik bakımından birkaç derece daha geliştirilmesini gerektirebilir. Bu makale, böyle bir iyileştirmenin havalandırmayı artırmaksızın nasıl yapılabileceğini tartışmaktadır. Bütün insanların memnuniyetini sağlamak gibi güç bir işlevin yerine getirilmesinde araç olarak kullanılacak öneriler getirilmektedir. Bunların aynı anda uygulanması, havalandırma miktarlarının ve enerji tüketiminin düşürülmesini bile sağlayabilecektir.

2. Üretkenlik ve İç Ortam Hava Kalitesi

Son zamanlarda yapılmış bağımsız çok sayıda araştırma iç ortam hava kalitesinin büro çalışanlarının üretkenliği üzerinde ciddi etkileri olduğunu ortaya koymuştur. Araştırmalardan birinde, iyi kontrol edilen bir büroda (laboratuvar), fazladan bir kirlilik kaynağı olan halının içeridekiler görmeden alınması ve konulması yoluyla yaratılan iki farklı iç mahal ortamları kullanılmıştır (Wargocki et al., 1999). Bu iki durum, iç ortam çevrelerinin tasarımı için yürürlükte olan Avrupa düzenlemelerinde (CEN, 1998) düşük kirlilik ve düşük olmayan kirlilik durumlarına karşı gelmektedir. Her iki hava kalitesinde bir simulasyon ortamında aynı kişiler 4 saat çalıştırılmıştır. Bu kişilerin üretkenliği, iyi kaliteli iç ortam ortamında % 6.5 daha fazla olmuş (P<0.003), birkaç hata yapmışlar ve SBS ile ilgili birkaç bulguya rastlanmışlardır. Danimarka'da yapılan bu araştırma daha sonra İsveç'te de yinelenmiş ve benzer sonuçlar vermiştir (Wargocki et al., 2002a). Danimarka'da bir araştırma laboratuvarında, üç ayrı havalandırma miktarında (3,10 ve 30 L/s.kişi)

aynı kirleticilerin bulunmasıyla üçüncü bir araştırma yapılmıştır (Wargocki, 2000a). Havalandırma miktarının artışıyla üretkenlik keskin bir artış göstermiştir. Üç çalışmada yedi deneysel koşulda 90 kişi bir bütün olarak alınıp, algılanan iç ortam hava kalitesi üretkenlikle ilişkilendirilerek analiz edilmiştir (Wargocki et al, 2000b). Sonuçlar büro mahallerindeki yüksek hava kalitesinin üretkenlik üzerinde önemli bir etki yaptığını sergilemiştir. Diğer bir çalışmada, yukarıda açıklanan benzer bir kurulumda, hava fazladan bir kirlilik kaynağı olan 3-aylık bilgisayarlarla kirletildi (Bakó-Biró et al., 2004). Bu çalışmada fazladan bilgisayarların dahil edilmesi durumunda üretkenlik % 9 daha düşük olup ($P < 0.01$), içeride bulunanlardan rahatsızlık beyan edenler 3 kat artmıştır. PC'lerden her biri havayı 3 of eşdeğeri olacak biçimde kirletmiştir. Bu çalışma daha sonra, CRT ve TFT (düz ekran) içeren, çok bilinen markalardaki bilgisayarları içerebilecek biçimde genişletildi (Wargocki et al., 2003b). Araştırma, duyumsal kirlilik konusundaki ilk araştırmaya yakın sonuçlar vermiş ve düz ekranlı (flat screen) bilgisayarların daha az kirlilik yarattığını ortaya koymuştur. Üretkenlik üzerinde yüksek kalitedeki havanın etkisi, kullanılan parçacık filtrelerinin yeni veya eski olması durumunda ve hava miktarının artırılabilirliği bir telefon merkezinde yapılan gizli bir araştırma ile doğrulanmıştır (Wargocki, 2003a).

Havalandırma miktarının artırılması ile üretkenlikte ciddi bir artış görülmüş fakat bu sadece yeni filtrelerin kullanılması durumunu kapsamıştır. Dikkat edilirse, yukarıda, laboratürde yapılan ve havalandırmanın olumlu bir etki gösterdiği çalışmalarda filtre mevcut değildir. Federspiel ve ark. (2002) havalandırmanın artırıldığı bu merkezde bir araştırma yapmıştır. Bu çalışmada artırılan havalandırma miktarlarının üretkenlik üzerinde sadece çok küçük bir olumlu etki yapması, bütün testlerde eski parçacık filtrelerinin kullanılmış olması ile açıklanabilir. Bu araştırmalar, önceki bazı araştırmalarında gösterdiği gibi, HVAC sistemlerinde kullanılan parçacık filtrelerinin ciddi bir kirlilik kaynağı olabileceğini de göstermiştir (sonraki bölümde ele alınacaktır).

Yüksek kalitede iç ortam havası sağlamak, bugün dünyanın bir çok köşesindeki bir çok bürobinasında rastlanan orta kalitede havaya göre, % 5<10 üretkenlik artışı getirebilmektedir. Orta kalitedeki havanın neden olduğu bu şiddetteki bir yıllık kayıp, çoğu zaman enerji, sermaye ve binanın işletme maliyetlerinden çok daha fazladır. Böylece,

herhangi bir binanın yaşam çevrim analizlerinde mevcut standartların ön gördüğü minimum hava kalitesinin neden olduğu yıllık kayıpların da hesaba katılması gerekmektedir. Bu kayıpların çoğu zaman, binanın yapım ve işletimi ile ilgili bütün diğer maliyetlerin yanında, belirleyici faktör olacaktır.

3. İç Ortam Hava Kalitesi Nedir?

Yüksek kalitedeki bir iç mahal havası sağlamak istediğimizde kuşkusuz IAQ'nun ne olduğu ve nicelik olarak nasıl değerlendirileceği sorularını tartışmak gereklidir. İç ortam hava kalitesinin ölçüsü olarak standartlarda sıklıkla kullanılan dolaylı bir yöntem, taze hava miktarı veya hava değişimi katsayısıdır. Bu genelde, iç ortamdaki kirlilik kaynaklarını dikkate almadığı için zayıf bir göstergedir. Eğer kirlilik kaynakları güçlü ise, yüksek havalandırma miktarları uygulanan bir mahal yine kirliliğe ulaşabilir. Öte yandan, kaynakların küçük olduğu mahallerde, mütevazı bir havalandırma ile yüksek bir hava kalitesi elde edilebilir. Havalandırma miktarını IAQ'nun bir ölçüsü olarak kullanmak, insan konforunu, mahaldeki sıcaklıkla değil de, mahalle sağlanan soğutma gücüyle ilişkilendirmek kadar basit bir yaklaşım olacaktır. Diğer bir seçenek, IAQ'yü kimyasal biçiminde ifade etmektir. İnsanlardan, malzemenin ve proseslerden yayılan kimyasalların iç ortam kalitesini düşürdüğünü biliriz. Havadaki her bir kimyasalın belirli bir sınır değerinin altında olduğunu belirleyemiyoruz mu? Ne yazık ki, endüstriyel olmayan binalarda insan konforunu nasıl etkilediği hakkında sadece sınırlı bilgilerle sahip olduğumuz çok küçük konsantrasyonlarda binlerce kimyasal madde olduğundan bu yöntem çok işlevsel olamaz. Sınır değerleri sadece birkaç düzine kimyasal için ve tek başlarına ortaya çıkmaları durumu için bulunmaktadır. Çok sayıda kimyasal için geçerli olan koku ve tahriş etme etkileri hakkında ne diyebiliriz?

Literatürde verilen sınır değerler önemli ölçüde değişmekte olup, bu değerler kimyasalın tek başına bulunması ve insanların % 50'si tarafından algılanabilir olması durumunda geçerlidir. Çok duyarlı insanlar, bu sınır değerlerin birkaç düzey altındaki konsantrasyonda bulunan bir kimyasalın varlığını algılayabildiği gibi, düşük konsantrasyonlarda bile yüzlerce kimyasaldan oluşan bir kokteylin varlığını da hissedebilir. Ayrıca, bu kimyasallardan bazıları rahatsız edici iken bazıları hoş giden bir duyumsama yaratır.

Daha başka bir engel de, küçük konsantrasyonlarda bile insanlar üzerinde olumsuz etkiler yaratan kimyasalların

ölçülmesindeki güçlülük. Üçüncü bir seçenek, IAQ'nun belirlenmesinde doğrudan doğruya insanların verdiği tepkinin kullanılmasıdır. Genelde kalite, insan gereksinimlerinin karşılanma düzeyi olarak tanımlanır. Bu tanıma temel alırsak iç hava kalitesi, içerideki bütün insanlar tarafından memnuniyet verici olarak algılanan, sağlık ve üretkenlik üzerinde olumsuz etkileri bulunmayan hava olarak tanımlanabilir. Bu konudan olmak üzere, insan panellerini kullanan duyumsal ölçümler daha önce 1930'larda Yaglou tarafından kullanılmış (Yaglou et al., 1936) ve daha sonra duyumsal birimleri ortaya koymak için Fanger (1988a) tarafından gündeme getirilmiştir. Duyumsal birimler: Algılanan IAQ, depicol veya % memnuniyetsizlik olarak ifade edilmiş, duyumsal kirlilik yükü olarak adlandırılmıştır. Duyumsal ölçümler desimal ölçümlere göre çoğu zaman üstünlük sergilemiş olup, on yıllarca havalandırma standartlarının temelini oluşturmuştur (ASHRAE, 2001; CEN, 1998).

Yakın zamanda gerçekleştirilen aşağıdaki üç örnek duyumsal ölçümlerin üstünlüğünü göstermektedir. Yukarıda sözü edilen, Wargocki ve arkadaşlarının üretkenlik araştırmasında (1999) eklenen fazladan kirlilik kaynağı, ölçülen kimyasal konsantrasyonun herhangi bir zararlı sınırın altında olmasına rağmen algılanan hava kalitesi, HBS belirtileri ve üretkenlik üzerinde olumsuz etkileri olan eski sıradan türden bir halıdır. Aynı işlem yukarıda belirtilen PC'lerle ilgili araştırmaya (Bakó-Biró et al., 2004; Wargocki et al., 2003b) uygulanmış havadaki kimyasalların ölçülen konsantrasyonları son derecede düşük ve gözle görünür bir zararlı etkiden uzak olması yanında PC'lerden kaynaklanan memnuniyetsizlik ve üretkenlikte bir düşme gözlenmiştir (Nakagawa et al., 2003). Üçüncü örnek HVAC sistemlerindeki parçacık filtreleridir. Fanger ve arkadaşları (1988b) daha önce, 1980'lerde, parçacık filtrelerinin ciddi bir kirlilik kaynağı olabileceğini ve havayı koşullandırılan mahalle ulaşmadan önce bile kirlitebileceğini belgelemiştir. Daha sonra, özellikle parçacık filtrelerinde toplanan kirleticilerin iç ortam hava kalitesi üzerinde olumsuz etkiler yaptığı belirlenmiştir (Pejtersen ve arkadaşları, 1989; Clausen ve arkadaşları, 2002a,b; Beko ve arkadaşları 2003). Ama yine de, kötü olarak algılanan hava kalitesi üzerinde etkili olan kimyasalların ölçülmesi ve tanımlanması son derecede güçtür. Yukarıdaki örneklerde, kimyasallarla ilgili ölçülen konsantrasyonların önemsiz düzeylerde görünmelerine rağmen, içeride bulunan insanlardan önemli bir çoğunluğu hava kalitesinden memnuni-

yetsizlik ifade etmişlerdir. En duyarlı insanların bile kendisini rahat hissedeceği, çok daha yüksek iç hava kalitesinden gelecek için amaçladığımız şey, havadaki kimyasal konsantrasyonların çok daha düşük olmasıdır. Bu koşullar altında, insana ilişkin duyuşsal ölçümler, çok daha önemli olacaktır. Bunun anlamı iç ortam kimyasının göza ardi edilebileceği değıldir kuşkusuz. Tersine, neden bazı durumlarda havanın taze ve memnuniyet verici algılanırken, başka durumlarda kirli ve boğucu olarak algılandığını daha iyi anlayabilmemiz için bu alandaki araştırmalar devam edecek ve duyuşsal ölçümlere paralel olarak daha da yoğunlaşacaktır. İç ortam havasının kimyası çoğu zaman oldukça karmaşık yapıda olup, kısa ömürlü ve çok açık olmayan kimyasallar da dahil olmak üzere ölçümlenmesi güç, çok düşük konsantrasyonlardaki yüzlerce kimyasalın ele alınmasını gerektirir (Weschler, 2003).

4. Yüksek İç Ortam Hava Kalitesi Nasıl Sağlanır?

Artık çözümlenmesi gereken şey, duyuşsal ölçmeleri kullanarak yüksek kalitede iç ortam havasının sağlanmasıdır. Hedefimiz çok duyarlı kişileri bile memnun etmek olup, uygulamada, bir çok büro mahalli %20<60 memnuniyetsizlik yüzdesine sahip orta kalitede havaya sahiptir. Örnek olarak %40 memnuniyetsizlik yüzdesine sahip tipik bir büroyu düşünelim. Burada amaç, herhangi birinin memnuniyetsizlik ifade etmesinin güç olacağı ve %1 memnuniyetsizlik olarak anlaşılabilen çok daha yüksek kalitede bir iç ortam havası sağlamaktır (Bakınız Tablo 1) her şeyden önce böyle ciddi bir iyileştirme olanaklı mıdır, öyle ise, bu durum nasıl yaratılabilir? Aşağıdaki bölümlerde, bu amaca katkı sağlayacak değışik yöntemler tartışılacak ve memnuniyetsizlik yüzdesini %40'dan %1'e düşürmede bu yöntemlerin ne ölçüde katkı sağlayabilecekleri kabaca tahmin edilecektir. Tartışılacak olan yöntemler aşağıdaki gibidir:

Tablo 1. Orta ve Yüksek Kalite IAQ (Fanger, 1988a).

	% Memnuniyetsizlik	dp	Gerekli Havalandırma Miktarı L/s.olf
Orta Kalite IAQ	% 40	4.1	2.5
Yüksek Kalite IAQ	%1	0.1	100

4.1 Havalandırmanın Artırılması

IAQ'nun artırılmasındaki yöntemlerden birisi havalandırma miktarının artırılmasıdır. %40 gibi bir memnuniyetsizlik yüzdesi, yaklaşık olarak [4 dp]'ye (decipol) ya da [2.5 L/s.olf] havalandırma miktarına karşı gelir (Tablo 1). Bu tipik büroda, Tablo 2'de verilen gibi bir duyuşsal kirlilik yükü olduğunu varsayalım. Buna göre her bir büro çalışanı 1 olf katkıda bulunur, ele alınan bina düşük kirlilik düzeyinde olmayıp [0.2 olf/m² döşeme] (CEN, 1998) ile, kişi başına 15 m² lik bir döşeme alanı için [3 olf] katkıda bulunur. 1 yaşından küçük bir PC de 1 olf katkı sağlar. Bu, toplam duyuşsal yük olarak 5 olf/kişi olarak özetlenebilir. Bu durumda binadaki gerçek havalandırma miktarı [5 x 2.5 = 12.5 L/s.kişi] olarak hesaplanır. Buna göre, %1 memnuniyetsizlik yüzdesine ulaşmak için (bu 0.1 dp'ye karşı gelir) [100 L/s.olf] ya da [500 L/s.kişi] gibi korkunç bir havalandırma miktarı ortaya çıkar. Bu hesaplama binadaki ve HVAC sistemindeki kirlilik kaynaklarının sabit olduğu varsayımına dayanır ki, bu doğru değıldir. Örneğin, geleneksel parçacık filtrelerinden yayınının ya da kirliliğin geçen hava miktarı ile doğru orantılı olarak artacağını bildiğimize göre normal kullanılmış bir filtre ile, havalandırma miktarının artırılmasıyla algılanan iç hava kalitesindeki olumlu etkinin sadece marjinal düzeyde kalacağını anlayabiliriz. Eğer sadece bu yöntem bizi amacımıza ulaştırıcaksa, temiz bir filtreyle bile korkunç bir dış hava miktarına gerek duyulacaktır. Bu denli büyük hava miktarları, kuşkusuz maliyet ve enerji tüketimi yönünden caydırıcı niteliktedir.

Tablo 2. Eski binalar, yeni ve düşük kirlilikteki binalarda tipik toplam duyuşsal kirlilik yükü.

Kirlilik Kaynağı	Mevcut, düşük kirlilikte olmayan bir bina için (0.2 olf/m ²)	Yeni, düşük kirlilikte bir bina için (0.02 olf/m ²)
1 Büro çalışanı	1	1
Bina, 15 m ² /döşeme.kişi	3	0.3
1 PC (ilk yıl süresindeki ortalama)	1	0
Toplam duyuşsal kirlilik yükü	5	1.3

Bu durumda, düşük bir havalandırma miktarında maliyet ve enerji tüketimi yönünden yarar sağlayabilecek olan diğer yöntemler öncelikle düşünölmelidir.

4.2 Kaynağın Kontrolü

IAQ'nun iyileştirilmesinde açık biçimde tercih edilen yöntem binada ve HVAC sistemindeki kirlilik kaynaklarının azaltılmasıdır. Özellikle üzerinde durulması gereken üç kirlilik kaynağı bulunmaktadır: Parçacık filtreleri, bina malzemeleri (halılar dahil) ve kişisel bilgisayarlar (PC'ler). Havanın mahale verilmeden önce bile kirlenmesine neden olduklarından parçacık filtreleri özellikle ciddi kirleticilerdir. Ayrıca, havalandırma miktarının artırılması, örneğin filtre arasından daha fazla hava akımı geçmesi, daha önce de belirtildiği gibi filtredeki parçacıklardan yayılan kirlilik unsurlarının artmasına ve filtrenin alt akım bölgesindeki havanın iyileştirilmemesine neden olurlar. (Alm et al., 2000; Ström-Tejsen et al., 2003). Bu durum, mekanik yoldan havalandırılan mahallerde, havalandırmanın artırılmasıyla iç ortam hava kalitesinin neden çok az değıştiği veya hiç değışmediğini açıklarken, neden, bazı durumlarda, mekanik havalandırmalı binaların doğal havalandırmalı binalardan daha kötü iç mahal hava kalitesine sahip olduğunu (kışın) da açıklar.

Bu durumda, HVAC sistemlerinde kullanılan parçacık filtrelerinin çok sık değıştirilmesi ya da daha iyisi, HVAC sistemini korumak üzere havadaki parçacıkları hava akımında kirlitici tozların toz birikimine neden olmaksızın tutan alternatif ekipmanın kullanılması önerilir.

İkinci kirlilik kaynağı, halılar da dahil, bina malzemesidir. Çok dikkatli biçimde test edilmedikçe halıların kullanımından genelde kaçınmak gerekir. Gelecekte halılar ve diğer malzemeler için istenecek gerekliliklerin, günümüzdeki değışik öneri ve etiketleme kriterlerinden çok daha fazla olması önerilir. Malzemelerin test edilmesinde, güçlü duyuşsal gereklilikler öngörölmelidir. Filtreler, halılar ve malzemeler konusunda yukarıdaki önerileri izleyerek, günümüzde düşük kirlilikteki binalarda duyuşsal yük için kullanılan [0.1 olf/m².döşeme] değıerinin (CEN,1998) gerçekçi bir yaklaşım olarak [0.02 olf/m². döşeme] değıerine çekilmesi önerilir. Üçüncü kirlilik kaynağı CRT ekranlı markası belli olmayan PC'lerdir. İlk yılda ortalama 1 olf'den fazla olmak üzere, 3 olf'e kadar kirlilik yaratmaktadır. Buna göre, bu gibi CRT ekranlı markasız PC'lerin satın alınmasını durdurmak ve sadece ihmal edilebilir düzeyde kirlilik üreten TFT (düz ekran) düşük kirlitici etkiye sahip PC'lerin kullanımı önerilir. Bir PC nesli en fazla 3 yıllık bir kalıcılığa sahip olduğundan ve kirlenme 4 aylık bir yarı ömürle azaldığından,

yukarıdaki önerinin yerine getirilmesi halinde, mevcut PC stokundan kaynaklanan kirlilik yükü hızla azaltılabilecektir. Yukarıda kaynakların kontrolüne ilişkin verilen önerilerin izlenmesiyle, bir bürodaki toplam duyumsal yük, Tablo 2'de gösterildiği gibi 5'den 1.3 olf/kişi değerine veya 4 gibi bir faktöre azaltılabilir.

4.3. Havayı Temizleme

İç ortam havasını gaz halindeki kirleticilerden temizleme, IAQ'nun geliştirilmesinde ve kısmen havalandırmanın yerini almada potansiyel arzeden bir yöntemdir. Sorption ve fotokatalistik de dahil olmak üzere değişik yöntemler uygulanabilir. Bunlardan sonuncusu, havadaki tekil kimyasallarla ilgili ilginç verimlilikler sağlayabileceğini göstermiştir (Zhao and Yang, 2003). İç mahalde, çok düşük konsantrasyonlarda ortaya çıkan ve yüzlerce kimyasaldan oluşan tipik bir kimyasallar kokteyli için, %80'in üzerinde temizleme verimleri fizibil olabilirken, örneğin havanın temizlenmesi konsantrasyonları düşürüp IAQ'nun 5 gibi bir faktör kadar iyileştirilmesini sağlayabilir. Ama kuşkusuz bu konuda daha fazla R&D gerekmektedir, tipik iç ortam kirlilik kaynakları için algılanan IAQ üzerindeki temizleme verimlerini gösteren çalışmalar yapılması önerilir.

4.4. Kişiselleştirilmiş Havalandırma

Örneğimizde [12 L/s.kişi] miktarında dış hava içeri verilmekte olup bu miktarın [0.1 L/s] yada %1'i solunum yoluyla alınır. Besleme havasının kalan %99'u kullanılmaz. Korkunç bir israf! ve solunum yoluyla alınan %1 havalandırma havası bile temiz değildir. Bu hava biyolojik muhteva, bina malzemeleri ve mahalde bulunan PC'ler tarafından kirlenir. Geleneksel mühendislik pratiğine göre, temiz besleme havası ile mahaldeki kirleticilerin tam karıştırılması ideal görülür. Gelecekteki sistemlerde gerek duyulacak olan şey, her bireyin solunum bölgesine küçük miktarlarda temiz havanın verilebilmesi olacaktır. Temel düşünce, her bireye temiz hava, ya da mahaldeki kaynaklar tarafından olanak oranında az kirlenmiş hava vermektir. Bir büroda, bu kişiselleştirilmiş havalandırma bir masa üzerindeki hareket edebilir hava çıkışından sağlanabilir (Şekil 1).

İdeal koşullarda, her birey havayı, mahallin kirliliği ile karışmamış ve çekmeleri önlemek amacıyla düşük hız ve türbülansla verilen bir yerden, yani hava jetinin ortasından soluyabilir. Bu sistemler günümüzde gelişme ve araştırma aşamasındadır (Melikov et al., 2002; Kaczmarzyk et al., 2002; Bolashikov et al., 2003). Bu araştırmalara dayanarak,



Şekil 1. Kişiselleştirilmiş havalandırmanın temel ikisi: küçük miktarda soğuk, kuru ve temiz havanın bireyin solunum bölgesine doğrudan ve hafifçe beslenmesi ve bu havanın birey tarafından kolayca kontrol edilmesi.

doğru tasarlanmış bir hava çıkışı ağzının, havalandırma verimi olarak 10 ve daha üstü gibi yüksek bir değere ulaşabileceği tahmin edilebilir. Örneğin kişiselleştirilmiş havalandırma solunumla alınan hava kalitesini 1 fiziksel büyüklük derecesinde artırabilir. Burada gerekli olan, her bireyin çıkış ağzının konumunu, besleme havasının akış miktarını ve hatta sıcaklığını kolayca kontrol edebileceği bir olanağa sahip kılınabilmesidir.

4.5. Soğuk ve Kuru Hava

Fang ve ark. (1998a,b, 1999) ile Toftum ve ark. (1998) tarafından yapılan kapsamlı araştırmalar, algılanan hava kalitesinin solunan havanın nemlilik ve sıcaklığından da etkilendiğini göstermiştir. İnsanlar daha çok kuru ve soğuk havayı tercih ederler. Havayı her içlerine çeğişte solunum borusunda bir serinlik duyumsamak hoşlarına gider. Bu, hoşnutluğu getiren bir tazelik duyumuna neden olur. Havanın yüksek antalpiye sahip olması, solunan havanın düşük soğutma gücüne sahip olması ve solunum borusu ile özellikle burunda yetersiz konvektif ve radyatif soğutma demektir. Doğru bir soğutmanın bulunmadığı bu durum, hava kalitesinin kötü algılanmasıyla yakından ilişkilidir. Fang'ın araştırmaları, hava sıcaklığının 2<3 K, örneğin 23-24 °C'den 21°C'ye düşürülmesiyle, algılanan hava kalitesinin 1-2 faktör geliştirildiğini göstermiştir. Düşük nemlilik de, % 20 bağıl nem değerlerine kadar algılanan IAQ'de yararlı bir etki yapmaktadır. Bunun altında, kuru hava göz kırpması miktarı ve üretkenlik üzerinde olumsuz etki yapar (Wyon et al., 2002; Fang et al., 2003).

4.6. Bütün Yöntemlerin Birleşik Etkisi

Peki, IAQ kalitesini geliştirmek üzere, bütün bu yöntemleri aynı anda kullanırsak ne olur? %40 memnuniyetsizlik yüzdesi ile 23-24°C sıcaklıkta, [12 L/s.kişi] gibi bir havalandırma miktarına

sahip, tipik bir büro mahalline göre, kaynak kontrolü, hava temizleme ve kişiselleştirilmiş havalandırma yoluyla, kirlilik konsantrasyonunu düşürebilir ve IAQ'yu, havalandırma miktarını artırmaksızın 4x5x10=200 gibi bir faktör kadar artırabiliriz. Bu kaba hesaplamalarda, dış ortam havasının temiz olduğu varsayılmaktadır. Sıcaklığı (ve nemliliği) düşürerek algılanan IAQ kalitesini 2 kere daha iyileştirebilir ve örneğin, referans koşullardan 400 kere daha iyi olan bir IAQ düzeyini yakalayabiliriz. Bu bile bizim % 1 memnuniyetsizlik oranından (0.1 dp) daha iyidir ve azaltılan havalandırma miktarlarından kaynaklanan enerji kazanımları getirebilir.

5. Sonuçlar ve Öneriler

Bir çok büro ve benzeri binalarda iç ortam kalitesi orta düzeyde olup, yürürlükteki standart ve kodları yerine getirirse bile, HBS belirtileri ile birlikte yüksek düzeyde memnuniyetsiz birey ortaya koymaktadır. Güncel araştırmalar orta düzeydeki IAQ'nun, üretkenliği düşürdüğünü belgelemektedir. Bu, yüksek IAQ, örneğin gerçekten sağlıklı ve en duyarlı bireyleri bile memnun edecek hava araştırması için güçlü bir teşvik olacaktır. Bu hedefe ulaşmak için aşağıdaki yöntemler önerilir:

- Gereksiz kirlilik üreten kaynaklardan kaçınılmalıdır.
- HVAC sistemlerindeki parçacık filtreleri ciddi bir kirlilik kaynağıdır. Bunlar ya sık sık değiştirilmeli ya da yeni teknoloji ürünleri kullanılmalıdır.
- CRT monitörlü kişisel bilgisayarlar (PC), en azından ilk işletim yılında, ciddi bir kirlilik kaynağıdır. Yeni bir PC satın alırken, TFT (düz) monitörlü olanlar seçilmelidir.
- Bugüne kadar uygulanandan daha sert kriterlere dayanan ve düşük kirletici nite getirilmesi halinde, mevcut PC stokundan liktaki bina malzemeleri kullanılmalıdır. Halılardan kaçınılmalıdır.

- Gaz kirleticiler içeren havanın temizlenmesi, geleceği olan fakat havalandırmaya alternatif olması ya da yerini alabilmesi için daha fazla geliştirilmeye gerek gösteren bir teknolojidir.
- Örneğin her bireyin solunum bölgesine yakın ve birey tarafından kolayca kontrol edilebilen, kişiselleştirilmiş havalandırma olarak, tüketildiği yere küçük mitalarlarda hava beslenmelidir.
- Hava tercihen, kuru ve soğuk olarak beslenmelidir.

Bu dört yöntemin uygulanmasıyla, aynı miktarda ya da daha düşük ventilasyon miktarları kullanırken, bütün bireyler için tatminkar olan bir hava kalitesine ulaşmak ve soluduğumuz hava kalitesinin birkaç kat artırılması potansiyeli mevcuttur.

Teşekkür

Danimarka Teknik Araştırma Konseyine, Uluslararası İç-Çevre ve Enerji Merkezi'ne sağladığı destekten ötürü teşekkür ederim.

Referanslar

1. Alm, O., Clausen, G., Fanger, P.O., 2000. Exposure-response relationships for emissions from used ventilation filters. In: Proceedings of Healthy Buildings 2000, Vol. 2, pp. 245-250.
2. ASHRAE Standard 62-2001, 2001. Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality, Atlanta, USA, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc.
3. Bakó-Biró, Z., Wargocki, P., Weschler, C., Fanger, P.O., 2004. Effects of pollution from personal computers on perceived air quality, SBS symptoms and productivity in offices, *Indoor Air* (accepted).
4. Beko, G., Halás, O., Clausen, G., Toftum, J., Weschler, C.J., 2003. Initial studies of oxidation processes on filter surfaces and their impact on perceived air quality. In: Proceedings of Healthy Buildings 2003. Bischof, W., Bullinger, M., Kruppa, B., Müller, B.H., Schwab, R., 2003. Expositionen und gesundheitliche Beeinträchtigungen in Bürogebäuden - Ergebnisse des ProKlima-Projektes. Stuttgart, Fraunhofer IRB Verlag (in press).
5. Bluysen, P.M., de Oliveira Fernandes, E., Groes, L., Clausen, G., Fanger, P.O., Valbjørn, O.,
6. Bernhard, C.A., Roulet C.A., 1996, European indoor air quality audit project in 56 office buildings, *Indoor Air*, Vol. 6, pp. 221-238.
7. Bolashikov, Z., Nikolaev, L., Melikov, A., Kaczmarczyk, J., Fanger, P.O., 2003. New for terminal devices with high efficiency for personalized ventilation application. In: Proceedings of Healthy Buildings 2003.
8. CEN, 1998, Ventilation for Buildings: Design Criteria for the Indoor Environment, Brussels, European Committee for Standardization (CR 1752).
9. Clausen, G., Alm, O., Fanger, P.O., 2002a. The impact of air pollution from used ventilation filters on human comfort and health. In: Proceedings of Indoor Air 2002, Monterey, Vol. 1, pp. 338-343.
10. Clausen, G., Alm, O., Fanger, P.O., 2002b. Sensory source strength of used ventilation filters. In: Proceedings of Indoor Air 2002, Monterey, Vol. 1, pp. 344-349.
11. Fang, L., Clausen, G., Fanger, P.O., 1998a. Impact of temperature and humidity on perception of indoor air quality during immediate and longer whole-body exposure, *Indoor Air*, Vol. 8, No. 4, pp. 276- 284.
12. Fang, L., Clausen, G., Fanger, P.O., 1998b. Impact of temperature and humidity on the perception of indoor air quality, *Indoor Air*, Vol. 8, No. 2, pp. 80-90.
13. Fang, L., Wargocki, P., Witterseh, T., Clausen, G., Fanger, P.O., 1999. Field study on the impact of temperature, humidity and ventilation on perceived air quality, *Proc. of Indoor Air '99*, Vol. 2, pp. 107- 112.
14. Fang, L., Wyon, D., Fanger, P.O., 2003. Sick building syndrome symptoms caused by low humidity. In: Proceedings of Healthy Buildings 2003.
15. Fanger, P.O., 1988a. Introduction of the olf and decipol units to quantify air pollution perceived by humans indoors and outdoors. *Energy and Buildings*, 12, 1-6.
16. Fanger, P.O., Lauridsen, J., Bluysen, P., Clausen, G., 1988b. Air pollution sources in offices and assembly halls, quantified by the olf unit, *Energy and Buildings*, 129, 7-19.
17. Federspiel, C.C., Liu, G., Lahiff, M. et al., 2002. Worker performance and ventilation: analyses of individual data for call-center workers. In: Proceedings of Indoor Air 2002, Monterey, USA, Vol. 1, pp. 796-801.
18. Kaczmarczyk, J., Zeng, Q., Melikov, A., Fanger, P.O., 2002. The effect of a personalized ventilation system on air quality perception, SBS symptoms and occupant's performance. In: Proceedings of Indoor Air 2002, Monterey, CA, Vol. 4, pp. 1042-1047.
19. Lee, S.C., Chan, L.Y., Chiu, M.Y., 1999.
20. Indoor and outdoor air quality investigation at 14 public places in Hong Kong, *Environment International*, 25, 443-450.
21. Mendell, M.J., 1993, Non-specific symptoms in office workers: a review and summary of the epidemiologic literature, *Indoor Air*, Vol.3, pp. 227-236.
22. Melikov, A.K., Cermak, R., Mayer, M., 2002. Personalized ventilation: evaluation of different air terminal devices, *Energy and Buildings*, 34, 829-836.
23. Nakagawa, T., Wargocki, P., Tanabe, S., Weschler, C.J., Baginska, S., Bakó-Biró, Z., 2003. Chemical emission rates from personal computers. In: Proceedings of Healthy Buildings 2003.
24. Pejtersen, J., Bluysen, P., Kondo, H., Clausen, G., Fanger, P.O., 1989. Air pollution sources in ventilation systems. In: Proceedings of CLIMA 2000, Sarajevo, Vol. 3, pp. 139-144.
25. Sekhar, S.C., Tham, K.W., Cheong, K.W., 2003. Indoor air quality and energy performance of airconditioned office buildings in Singapore, *Indoor Air* (in press).

23. Skov, P., Valbjørn, O., and DISG, 1987. The sick building syndrome in the office environment: the Danish Town Hall study, *Environment International*, 13, 339-349.
24. Skyberg, K., Skulberg, K.R., Eduard, W., Skåret, E., Levy, F., Kjuus, H., 2003. Symptoms prevalence among office employees and associations to building characteristics, *Indoor Air*, 13, 246-252.
25. Strøm-Tejsten, P., Clausen, G., Toftum, J., 2003. Sensory pollution load from a used ventilation filter at different airflow rates. In: *Proceedings of Healthy Buildings 2003*.
- Sundell, J., 1994. On the association between building ventilation characteristics, some indoor environmental exposures, some allergic manifestations and subjective symptom reports, *Indoor Air*, Supplement No. 2.
26. Toftum, J., Jørgensen, A.S., Fanger, P.O., 1998. Upper limits for air humidity to prevent warm respiratory discomfort, *Energy and Buildings*, Vol. 28, No. 1, pp. 15-23.
- Wargocki, P., Wyon, D.P., Baik, Y.K., Clausen, G., Fanger, P.O. 1999. Perceived air quality, sick building syndrome (SBS) symptoms and productivity in an office with two different pollution loads, *Indoor Air*, Vol. 9, No. 3, pp. 165-179.
27. Wargocki, P., Wyon, D.P., Sundell, J., Clausen, G., Fanger, P.O., 2000a. The effects of outdoor air supply rate in an office on perceived air quality, Sick Building Syndrome (SBS) symptoms and productivity, *Indoor Air*, Vol. 10, No. 4, pp. 222-236.
28. Wargocki, P., Wyon, D.P., Fanger, P.O., 2000b. Productivity is affected by the air quality in offices, *Proc. of Healthy Buildings 2000*, Vol. 1, pp. 635-640.
29. Wargocki, P., Lagercrantz, L., Witterseh, T., Sundell, J., Wyon, D.P., Fanger, P.O., 2002a. Subjective perceptions, symptom intensity and performance: a comparison of two independent studies, both changing similarly the pollution load in an office, *Indoor Air*, Vol. 12, pp. 74-80.
30. Wargocki, P., Wyon, D.P., Fanger, P.O., 2002b. Pollution source control and ventilation improve health, comfort and productivity, *Proc. of Cold Climate HVAC 2000*, Sapporo, pp. 445-450.
31. Wargocki, P., Wyon, D.P., Fanger, P.O., 2003a. Call-centre operator performance with new and used filters at two outdoor air supply rates. In: *Proceedings of Healthy Buildings 2003*.
32. Wargocki, P., Bakó-Biró, Z., Baginska, S., Nakagawa, T., Fanger, P.O., Weschler, C., Tanabe, S., 2003b. Sensory emission rates from personal computers and television sets. In: *Proceedings of Healthy Buildings 2003*.
33. Weschler, C.J., 2003. Indoor/outdoor connections exemplified by processes that depend on an organic compound's saturation vapor pressure, *Atmospheric Environment*, 37 (accepted).
34. World Health Organization, 2000. The right to healthy indoor air, Copenhagen, Regional Office for Europe, Report on a meeting, Bilthoven, 15-17 May 2000 (EUR/00/5020494)
35. Wyon, D.P., Fang, L., Meyer, H.W., Sundell, J., Weirsøe, C.G., Sederberg-Olsen, N., Tsutsumi, H., Agner, T., Fanger, P.O., 2002. Limiting criteria for human exposure to low humidity indoors, *Proc. Of Indoor Air 2002*, Monterey, Vol. 4, pp. 400-405.

Yazar;

P. O. Fanger,

Profesör, Danimarka Teknik Üniversitesi'nde kurulmuş olan Uluslararası İç Ortam ve Enerji Merkezinin müdürlüğünü yapmaktadır. Bu merkez farklı ülkelerden 40'ın üzerinde uzman bulundurmaktadır. Profesör Fanger, iç ortam ve insan üzerindeki etkilerine ilişkin gerçekleştirdiği bilimsel çalışmalardan dolayı 14 ülkede 30'un üzerinde ödüle layık görülmüştür. İskandinavya'da bulunan ve 20.000 Tesisat Mühendisi üyesi bulunan SCANVAC'm başkanlığını yürüten Franger, Uluslararası İç Hava Bilimleri Akademisi'nin de Başkanlığını yürütmektedir. 11 ülkede HVAC ve Soğutma mühendisliği derneklerinde onur üyeliği vardır.

İç Ortam Hava Kalitesi ve Havalandırma Kontrolü

Seniha Kayhan; Y. Mimar

ÖZET

Enerji tüketiminin ana kaynaklarından biri olan binalar gelecekte; daha az enerji tüketen ve daha az kirleten nitelikte olmalıdır. Bu amaçla sürdürülebilirlik kavramı ile iç ortam sağlık ve konfor şartları birarada düşünülmeli, binaların tasarım aşamasından yararlı ömürlerinin bitmesine kadar olan süreçte alınacak tüm kararlar bu perspektifte değerlendirilmelidir.

Indoor Air Quality and Ventilation Control

ABSTRACT

The buildings that has been the basic resource of energy consumption should be less energy consuming and less polluting in future. In this respect, the concept of sustainability and health-comfort conditions in indoor environment should be considered together and all the decisions for buildings should be evaluated through this perspective in the whole process from early design stages to the end of the effective lifetime of buildings.

1. Giriş

21. yüzyıla girerken artan nüfus ve sanayileşmeden kaynaklanan enerji gereksinimi, dünya üzerindeki kısıtlı kaynaklarla karşılanamamakta, enerji üretimi ve tüketimi arasındaki fark hızla büyümektedir. Bu durumda, öz kaynaklardan daha etkin biçimde yararlanmak, temiz ve tükenmez enerji kaynaklarına yönelmek gerekmektedir. Bütün gelişmiş ülkeler, çevre dostu ve yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanmaya büyük önem vermektedirler.

Global ölçekte çağımızın en önemli problemlerinden biri olan çevre kirliliğinden, tüm yaşamımızın %70'e yakın zamanını geçirdiğimiz iç ortam çevresine bakılacak olursa, insanların yaşadığı iç ortamlar, tüm yaşamları göz önüne alındığında, büyük önem taşımaktadır. Endüstrileşmiş toplumlarda en önemli sağlık sorunlarının temelindekilen, kirli iç ortam çevreleri olmuştur.

İç ortamdaki önemli değişiklikler 2. Dünya Savaşı sonrasında başlamış, sentetik yapı malzemelerin ve zararlı iç ortam kirleticilerini içeren kimyasalların kullanımı ile artarak devam etmiştir. 1970'li yıllarda gerçekleşen enerji krizi ile birlikte bina tasarımı ve havalandırma daha az hava geçişine izin

verecek şekilde yapılmaya başlanmış, günümüzde de sentetik malzemelerin kullanımının yaygınlaşması ve bina tasarımında meydana gelen değişiklikler, iç ortam hava kalitesi düşük binalarda yaşamamıza neden olmuştur.

2. İç Ortam Hava Kalitesi - İHK (Indoor Air Quality) Nedir?

İnsanlar yaşadıkları ortamda soludukları havanın taze ve temiz olmasının yanı sıra sağlığı tehdit etmeyecek nitelikte olmasını da isterler. İdeal bir iç ortam hava kalitesi; rahatsızlık, konforsuzluk hissi ve sağlık sorunlarına neden olmayan havanın niteliği olarak açıklanmaktadır (1).

İnsanların iç ortamda harcadıkları süre gün içinde 8-24 saat arasında değişirken, dış ortamda harcadıkları süre ortalama olarak 2 saattir. Geçmişte kapalı bir ortamda bulunmanın insanları dış ortamdaki kirli havadan koruduğuna dair bir görüş olmasına rağmen, günümüzde uzmanlar kapalı bir ortamda bulunan insanların aynı zamanda iç ortam havasından da etkilendiğini söylemektedirler.

İç ortam hava kalitesi kontrolü son zamanlarda oldukça ilgilenilen bir konu haline gelmiştir. Pek çok alanda yapılan araştırmalar ve bilimsel çalışmalar, bina içindeki havanın insan sağlığına zarar verecek ölçüde çeşitli gazlar ve partiküllerle kirlendiğini göstermiştir. İç ortamda harcanan zamanın yoğunluğu ve kirlilik seviyesine bağlı olarak insanların solunum yolu ile aldıkları bu hava sağlık üzerine olumsuz etkiler taşımaktadır (2).

3. İç Ortam Hava Kalitesinin Tarihsel Gelişim Süreci

Geçmişte iç ortam çevresi ile ilgili problemler Amerika'da olduğu gibi diğer pek çok endüstrileşmiş ülkelerde de ortaya çıkmıştır. Ancak 2. Dünya Savaşı sonrasında Amerika, inşaat sektöründe önemli ölçüde gelişme göstermiş ve çevre sağlığının önemine dikkat çeken ilk ülke olmuştur. Amerika'nın değişik iç ortam kalitesi yaratan çeşitli iklim şartlarına sahip olması da bu ülkede hava kalitesi ile ilgili çalışmaların daha çok alternatif üzerine yapılmasına imkan tanımıştır.

2. Dünya Savaşı sonrasında Amerika inşaat sektöründe özellikle konut, endüstri yapıları ve ofis binalarında büyük

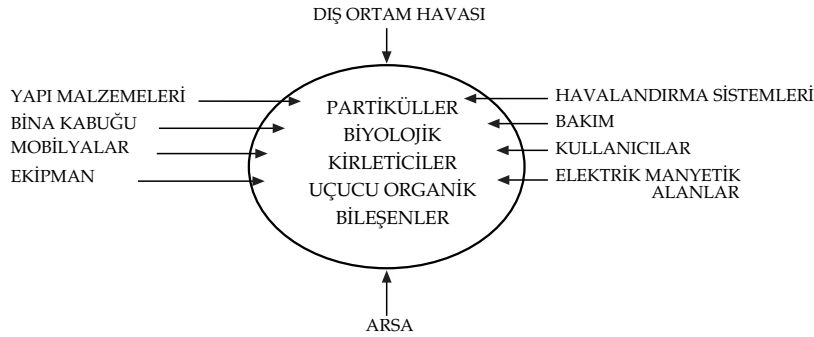
bir gelişim sürecine girmiş, ahşap gibi doğal malzemelerin sağlanması zor olduğu için bu dönemde çeşitli sentetik malzemelerle tanışılmıştır. Bu dönemde binalarda özellikle preslenmiş ahşap, kontrplak gibi malzemeler, mobilyalarda ise önemli iç ortam kirleticileri içeren sentetik kaplama, tekstil ve dekorasyon malzemeleri, bina içinde kimyasal temizleyiciler, ofis ekipmanları ve pestisitler gibi çeşitli kimyasalların kullanımı hızla yayılmaya başlamıştır.

1973-1974 yıllarında yaşanan enerji krizi de iç ortam çevresini etkilemiş, bu kriz sonrasında binaların özellikle ofis binalarının tasarımı ve işletimi önemli ölçüde değişmiştir. Ofislerde kullanılan enerjinin çoğu havanın ısıtılması, soğutulması ve fanlar vasıtasıyla bina içine dağıtılmasında tüketilmektedir. Enerji krizi döneminde bina sahipleri ve yöneticilerin en çok üzerinde durdukları konu, bu tüketimi azaltmak olmuştur. Bunu yapmak için de öncelikle enerji tüketimini doğrudan etkileyen dış ortamdan alınan hava miktarını azaltmak için dışarıya hava damperleri konulmuş, fanların enerji tüketimini azaltmak için belli aralıklarla fanlar kapatılmıştır. Ancak enerji tüketimi, dışarıdan alınan hava miktarı ile doğru orantılı olduğundan dışarıdan alınan havanın azaltılması beraberinde bina içinde oluşabilecek kirletici potansiyelini artırmıştır (3).

4. İç Ortam Hava Kalitesini Etkileyen Temel Faktörler

İç ortam hava kalitesi, her biri farklı etkileri olan çeşitli faktörlerin birbiri ile etkileşimi sonucunda ortaya çıkmaktadır. Dolayısıyla bina içindeki hava kalitesini dış ortam havası, bina yapım kullanılan yapı malzemeleri, bina içindeki mobilya ve ekipmanlar, kullanıcılar, elektrik manyetik alanlar ve havalandırma sistemleri etkilemektedir (4). İç ortam hava kalitesini etkileyen faktörlerin başında havalandırma yer almaktadır. Havalandırma, binalarda optimum iç ortam klimasının sağlanmasında önemli bir rol oynamaktadır. Özellikle yaz şartlarında bina içindeki hava hareketleri ısıl konfor ve özellikle hava kalitesi açısından önem taşımaktadır. İç ortam hava kalitesi bina içindeki havalandırma işletiminin performansı ile doğrudan ilişkili olup yetersiz ve uygun olmayan havalandırma tasarımı bina içi hava kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir.

İÇ ORTAM HAVA KALİTESİNİ ETKİLEYEN TEMEL FAKTÖRLER



Doğal ya da mekanik olarak havalandırılan binalarda taze ve temiz havanın giriş açıklıklarının doğru konumlandırılması, içeri alınan havanın homojen olarak dağıtılmasının sağlanması, mekanik sistemlerde düzenli bakım ve onarımların yapılması iç ortam hava kalitesi açısından önem taşımaktadır.

5. İç Ortam Hava Kalitesi Tasarım İlkeleri

Kabul edilebilir seviyede iç ortam hava kalitesine sahip binalar tasarlamak için yerine getirilmesi gereken dört ana tasarım ilkesi vardır. Bunlar sırasıyla;

- Kaynak kontrolü,
- Kullanıcı aktiviteleri kontrolü,
- Bina sağlığı, bakım onarımı,
- Havalandırma kontrolüdür (5).

6. Havalandırma Kontrolü

İç ortam hava kalitesi tasarım ilkelerinden en önemlisi havalandırma kontrolüdür. Binalarda iç ortam hava kalitesini yükseltmek için yapılacak havalandırma kontrolü, enerji etkinliği ve bina kullanıcıları için sağlıklı ve konforlu bir iç çevre yaratacak tasarım ilkelerini de kapsamaktadır. Uygun havalandırma kontrolü ile;

- Bina kabuğu ve ekipmanları hastalıklardan korunmakta,
- Kullanıcılar için gerekli olan iç ortamdaki sağlık ve konfor şartları yerine getirilmektedir.

Endüstri devriminin yapı teknolojisine yeni üretim modellerini, yeni malzemeleri, ısıtma soğutma ve iklimlendirme sistemlerini getirmesi ve ardından 1970'lerde yaşanan enerji krizinin çevre kirliliğine dayalı ekolojik sorunları ve gün geçtikçe giderek azalan fosil tabanlı enerji kaynaklarının tüketiminin azaltılması gerekliliğini ortaya çıkarması iç ortamdaki olumlu ve olumsuz etkileri de beraberinde getirmiştir.

Olumlu etkiler; ısı konfor seviyesindeki artışın bina içindeki ısı yalıtımı ve iklimlendirme sistemleri tasarımının daha çok kullanımına neden olması olarak açıklanırken, iklimlendirme sistemlerinde enerji tüketimini arttıran temiz hava miktarının azaltılması ve bu sistemlerin hava kalitesini giderek kötüleştirilmesi olumsuz etkileri olarak bilinmektedir. Bu noktada en büyük problem mekan içine yeterli miktarda taze ve temiz havanın alınamaması olmuştur. Hasta Bina Sendromu (HBS) olarak bilinen bina ile ilişkili rahatsızlıkların çıkışı da ilk olarak enerji korunumlu, iklimlendirilen binaların yapılmasıyla ortaya çıkmıştır (6).

Son 10 yıllık süreç içinde ABD Ulusal Kullanıcı Güvenlik ve Sağlık Enstitüsü (IOSH)'nin iç ortam hava kalitesi üzerine yaptığı 500'e yakın araştırmanın sonuçları, iç ortam hava kalitesi ile ilgili problemlerin kaynağının;

- %52 oranında uygun olmayan havalandırma,
- %16 oranında bina içindeki kirlilik,
- %10 oranında bina dışındaki kirlilik,

- %5 oranında mikrobik kirlilik,
- %4 oranında yapı malzemeleri,
- %13 oranında henüz saptanamamış kaynaklar, olduğunu belirtmektedir (7).

Bu araştırma göstermektedir ki; havalandırma, bir binada iç ortam hava kalitesi için en büyük problem kaynağını oluşturmaktadır. Dolayısıyla bir binada iç ortam hava kalitesi ile ilgili problemleri engellemenin en etkili yollarından biri doğal, mekanik ya da her iki yöntemin bir arada kullanıldığı karma havalandırma (mixed-mode ventilation) ile mekan içine taze ve temiz havanın sağlanmasıdır.

7. Karma Havalandırma (Mixed-Mode Ventilation)

Sürdürülebilir mimarlık ve enerji etkin bina tasarımı bağlamında binalarda enerji tüketimi azaltılırken aynı zamanda, iç mekanda kullanıcıların sağlık ve konfor şartlarını yerine getirecek, iç ortam hava kalitesi yüksek mekanların tasarlanması için alınması gereken Ancak enerji etkinliği, ekoloji ve iç ortam hava kalitesi açısından havalandırma sistemlerine bakılacak olursa; kullanıcılar için ihtiyaç duyduklarında doğal havalandırmayı (konfor şartları), dış ortam şartlarına bağlı olarak da gerekli olduğunda mekanik havalandırmayı sağlayan (dış ortam hava sıcaklığı, rüzgar durumu, vb.), enerji tüketimi mekanik sistemlere göre daha düşük, iç ortam sağlık ve konfor şartları ise doğal havalandırmaya göre çok daha yüksek olan karma havalandırma sistemleri bina havalandırma işletimi için optimum çözüm olarak görülmektedir.

Mekanik havalandırma sistemlerinin uygun olmayan tasarımı sonucunda kullanıcıları rahatsız eden gürültü ve sağlık problemleri (hasta bina sendromu, bina ile ilişkili rahatsızlıklar, vb.) ortaya çıkmakta, periyodik olarak bakım-onarım gerekmektedir ve önemli miktarda enerji tüketimi gerçekleşmektedir. Doğal havalandırma sistemleri ise doğru planlandığı takdirde mekanik sistemlere göre enerji etkin, kullanıcı sağlık ve konfor şartlarına daha esnek cevap verebildiğinden kullanıcılar ve bina tasarımcıları tarafından giderek daha çok tercih edilmektedir.



Şekil 1. Örnek binanın dıştan görünüşü.

Ancak doğal havalandırmanın tek başına yeterli olamadığı durumlarda (aşırı sıcak-soğuk iklimlerde, bağıl nem oranının çok yüksek düşük olduğu bölgelerde, yakın çevresinde iç ortam hava kalitesini olumsuz etkileyecek potansiyel kirleticilerin olduğu yerleşim bölgelerinde, vb.) mekanik havalandırmanın kullanımına olanak veren ya da tam tersi mekanik sistemlerin tek başına yeterli olmadığı durumlarda (bina kabuğunun tamamıyla sızdırmaz olduğu, havalandırmanın %100 mekanik olarak yapıldığı binalarda iç ortam sağlık ve konfor şartlarının sağlanamadığı durumlarda, vb.) doğal havalandırmanın kullanımına olanak veren karma havalandırma sistemleri (mixed-mode ventilation) kullanılmaktadır.

Son yıllarda gelişen konfor gereksinimleri ve sağlık şartları doğrultusunda binalarda havalandırma sistemleri genellikle karma havalandırma işletim sistemi olarak tasarlanmakta olup pasif ve aktif sistemlerin entegrasyonu ile iç ortam konfor şartları yükseltilmekte, aktif sistemlerin yarattığı ilk yatırım-işletim maliyeti ve enerji tüketim miktarı düşürülerek önemli ölçüde tasarruf sağlanmaktadır.

8. Karma Havalandırma İşletim Sistemleri

Karma havalandırma yöntemleri genel olarak değişen sağlık ve konfor gereksinimleri ile iklim şartlarına uyum gösterebilen esnek sistemleri önermektedir. İşletim sistemine bağlı olarak kullanılan ilk karma havalandırma yöntemleri;

- Bölgesel karma havalandırma (zonal mixed-mode ventilation),
- Mevsimsel karma havalandırma (seasonal mixed-mode ventilation)

olmuştur. Gelişen konfor gereksinimleri ve yapı teknolojileri beraberinde bölgesel ve mevsimsel karma havalandırma yöntemlerinin entegrasyonu ve koordinasyonu ile yeni işletim sistemlerini getirmiştir. Bunlar;

- Olası karma havalandırma (contingency mixed-mode ventilation),
- Zonlara ayrılmış karma havalandırma (zoned mixed-mode ventilation),
- Dönüşümlü karma havalandırma (changeover mixed-mode ventilation),
- Eşzamanlı karma havalandırma (concurrent mixed-mode ventilation) 'dır (8).

Olası karma havalandırma işletimi, doğal havalandırmanın birincil önem taşıdığı, mekanik havalandırmanın ise gerekli görüldüğü takdirde isteğe bağlı olarak eklenmesine olanak veren, doğru planlanmış doğal havalandırmalı binaların işletim sistemidir. Binanın çeşitli bölümlerinde değişen kullanıcı gereksinimlerini karşılamak amacıyla ya da aynı işleve sahip ancak farklı çevresel koşullara sahip binaların etkin bir şekilde havalandırılması için zonlara ayrılmış karma havalandırma işletimi kullanılmaktadır.

Doğal ve mekanik havalandırma sistemlerinin mevsimsel değişikliklere ve gün içinde değişen sıcaklık dağılımlarına göre birbirine alternatif olarak kullanıldığı işletim sistemi dönüşümlü karma havalandırma olarak tanımlanmaktadır. Günümüzde ise en sık eşzamanlı karma havalandırma işletim sistemi tercih edilmektedir. Bunun en önemli nedeni; mekanik havalandırma dış hava desteğini sağlamak, hava kalitesini kontrol

etmek için yeterli olsa da bina kullanıcılarının ihtiyaç duyduklarında bina kabuğunda bulunan pencereleri açarak iç ortam çevresine müdahale etme şansına sahip olmasıdır.

Yukarıda Şekil 1'de resmi verilen böyle bir bina örnek olarak verilmiştir.

Bina tanımı

Binanın Bulunduğu Yer : Garston, Hertfordshire, UK

Mimari Tasarım : Feilden Clegg Architects

Mekanik Tesisat : Max Fordham and Partners

Statik Proje : Buro Happold

Yapım Tarihi : Aralık, 1996

Bulunduğu İklim Bölgesi : Ilıman

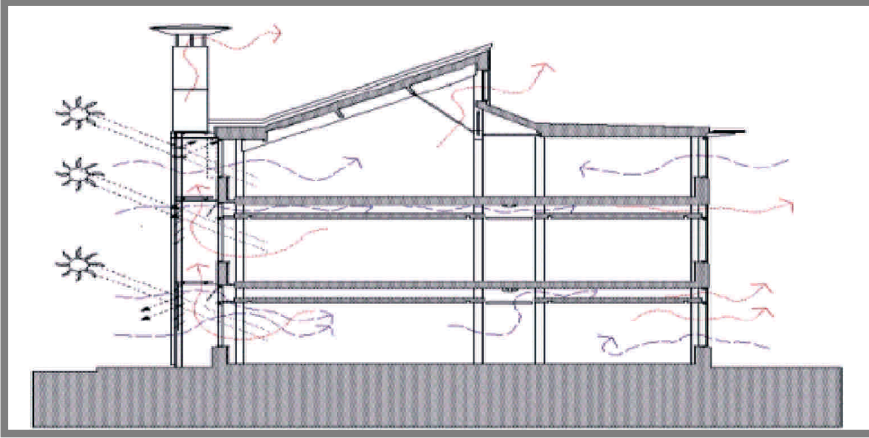
Binada, toplam enerji tüketim miktarında ve CO₂ gazı emisyon oranında % 30'un üzerinde tasarruf sağlanması, iç ortam hava kalitesinin kabul edilebilir sınırlar içinde tutulması, ısı-görsel konfor ve bina kullanıcıları için sağlıklı bir çevre oluşturulması tasarım hedefleri arasındadır. Bina tasarımında, pasif sistemler ile doğal kaynak kullanımının artırılması ve bu sistemlerin yeterli olmadığı durumlarda aktif sistemler ile desteklenmesi amaçlanmıştır.

Binada yıllık elektrik enerjisi tüketimi 36 kWh/m², doğal gaz tüketimi 47 kWh/m² ve CO₂ gazı emisyon oranı 34 kg/m² olarak belirlenmiştir. Bu hedefler doğrultusunda iklimlendirme sistemleri yerine mümkün olduğunca doğal havalandırma tercih edilmiş, binanın ısıtma ve serinletme yükünü düşürmek için yapı kabuğunda gerekli önlemler alınmış, gün ışığından maksimum oranda faydalanarak yapay aydınlatma ihtiyacı azaltılmış, tüm sistemlerde konfor ve verimliliğin sağlanması amacıyla kullanıcı denetimindeki otomatik kontrol yöntemleri uygulanmıştır.

Havalandırma İşletim Sistemi

Binada havalandırma, bina yönetim sistemi (building management system) ile kontrol edilen üst kattaki ve bina kullanıcılarının kontrolünde olan alt kattaki pencere açıklıkları ile doğal olarak sağlanmaktadır.

Binanın yönlenmesinde çapraz havalandırmayı güçlendirecek hakim güney-batı rüzgarları etkili olmuştur. Çapraz havalandırma için gerekli olan rüzgar hızı, binanın bulunduğu konum itibarıyla yazın ortalama 1.9 m/s, kışın 3.4 m/s ile beklenenin de (meteorolojiden alınan değerler) üzerinde olmuştur.



Şekil 2. Güney cephedeki zonda çapraz havalandırma, Kuzey cephedeki zonda tek taraflı havalandırma kesiti.



Şekil 3. Dalgalı döşeme plağı görüntüsü.



Şekil 4. Döşeme plağı ile dış kabuktaki açıklıkların birleşim detayı.

Doğu-batı eksenli boyunca uzanan 13.5 m genişliğindeki ofis bloğunun güney cephesinde yer alan 7.5 m genişliğindeki açık planlı zon, çapraz havalandırma ile; kuzey cephesinde yer alan 4.5 m genişliğindeki hücreli planlanmış zon ise tek taraflı havalandırılmaktadır.

Binanın kuzey cephesinde yer alan zonda konfor gereksinimlerinin yalnızca tek taraflı havalandırma ile yeterli olmayacağı düşünüldüğü için diğer zondaki çapraz havalandırmanın devamını sağlamak amacıyla, döşeme plağı dalgalı formda tasarlanarak güney cephesinden alınan havanın kuzey zondaki mekanların tavanından geçirilerek dışarı atılması sağlanmıştır.

Dalga formunda tasarlanmış döşeme plağı

Dalga formundaki döşeme plağı 1.8 m genişliğindeki sirkülasyon zonunda kesilmektedir. Bu kesilmenin nedeni, kullanım mekanındaki havanın yükselerek özel tasarlanmış döşemenin içindeki hava kanallarına geçmesini ve bu yolla dışarı atılmasını sağlamaktır.

Cephedeki üst pencereler, döşeme plağı ile aynı kotta yerleştirilmiş ve döşemede bulunan kanallar ile kullanım mekanlarına hava sağlamak üzere düzenlenmiştir. Cepheye bulunan alt ve üst pencereler ile farklı havalandırma kombinasyonları elde edilmiştir. Genellikle açık planlı zonda, hava alt pencerelerden içeri alınmakta, sirkülasyon zonundan döşemede kanallara geçmekte ve hücreli planlı zonun tavanından geçerek dışarı atılmaktadır. Bununla birlikte her iki cephedeki üst pencereler karşılıklı açılarak havanın döşeme kanallarından geçmesi ile gece serinletmesi de yapılmaktadır. Döşeme plağının dalgalı formda olması yüzey alanını artırdığından dolayı döşeme plağının gece serinletmesinde ısı kütlesi olarak etkinliği de artırılmıştır.

Çok sıcak yaz şartlarında çapraz havalandırmanın etkinliğini artırmak ve içeride biriken aşırı sıcak havanın dışarı atılmasını kolaylaştırmak amacıyla binanın güney cephesine ilk iki kat ile bağlantılı olan beş adet havalandırma bacası (güneş bacası) yerleştirilmiştir. Bu havalandırma bacaları ile yazın aşırı sıcak havalarda üst

pencerelerden döşemede kanallara alınan hava, sirkülasyon zonundan ofis mekanının merkezine verilmekte, içerideki kirli ve sıcak hava alt pencerelerden bu bacalara verilmektedir. Bacanın etkinliğini (emiş gücü) artırmak için baca iç yüzeyleri cam bloklar ile kaplanmış, üst kotuna ise rüzgarın durgun olduğu yaz gecelerinde kullanılmak üzere her biri 80 W gücünde olan fanlar yerleştirilmiştir. Bina içinde ısınan hava bu bacalardan dışarı atılmakta, yerine alt kotlardan taze ve daha serin olan hava alınarak sirkülasyon sağlanmaktadır.

İç ortam hava kalitesi ve konfor

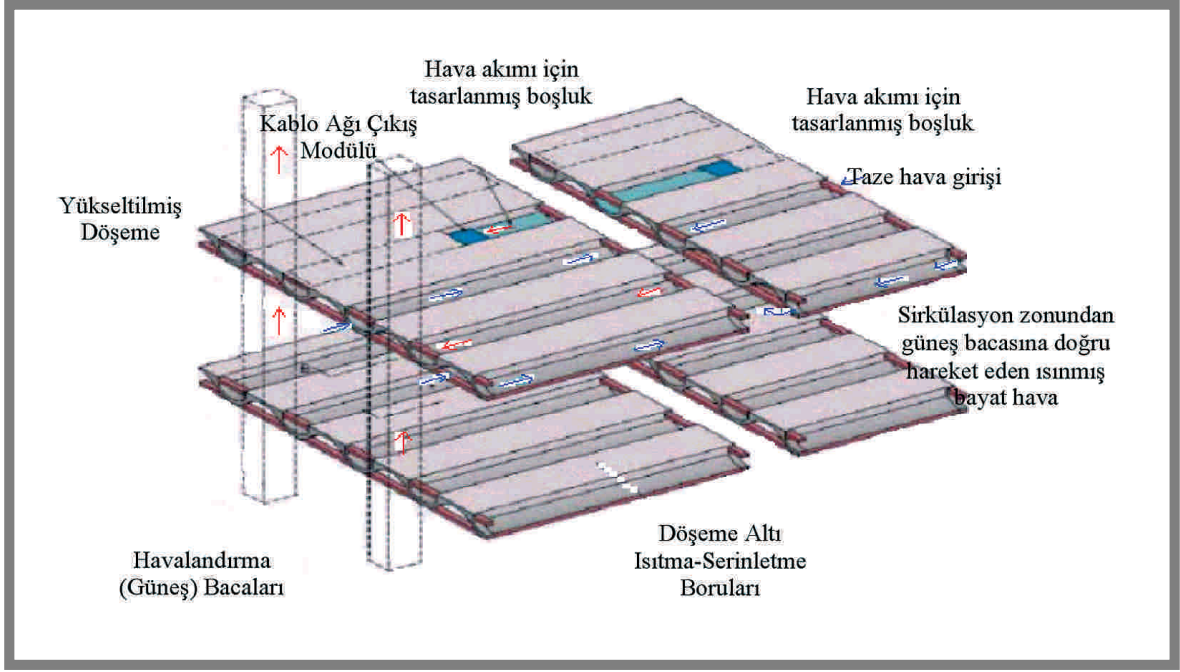
BRE tarafından yapılan araştırma sonucunda bina kullanıcılarında 1996 senesinde yapılan değişikliklerden önce % 30 olan memnuniyet oranının % 80'e çıktığı görülmüştür. Binada mevsimsel olarak bina yönetim sistemi ile;

- İç ortam hava kalitesi için iç-dış ortamdaki CO₂ konsantrasyon seviyeleri,
- Dış hava alış miktarı, bölgedeki rüzgar hızı ve doğrultusu,
- İç-dış ortam sıcaklıkları ve global hava sıcaklıkları,

ölçülmüştür. Bu ölçümler sonucunda kış döneminde; CO₂ konsantrasyon seviyesinin sınır değer olan 1200 ppm (ASHRAE Standart 62.1989)'i geçmediği ve dolayısıyla kabul edilebilir seviyede iç ortam hava kalitesinin sağlandığı, ayrıca CO₂ konsantrasyon seviyesinin kullanım yoğunluğu ile doğru orantılı olarak arttığı ortaya çıkmıştır.

Sıcaklık olarak tasarımda hedeflenen ortalama 18°C'nin 2-5°C üzerinde olduğu belirlenmiştir. Yaz döneminde iç ortamdaki CO₂ konsantrasyon seviyesinin 1000 ppm (ASHRAE Standart 62.1989)'in altında olduğu, kabul edilebilir seviyede hava kalitesinin sağlandığı, sıcaklık olarak da maksimum tasarım sıcaklığı olan 28°C'nin üzerine çıkmadığı, minimum tasarım sıcaklığı olan 25°C'nin ise bazı dönemlerde nadiren aşıldığı belirlenmiştir (9).

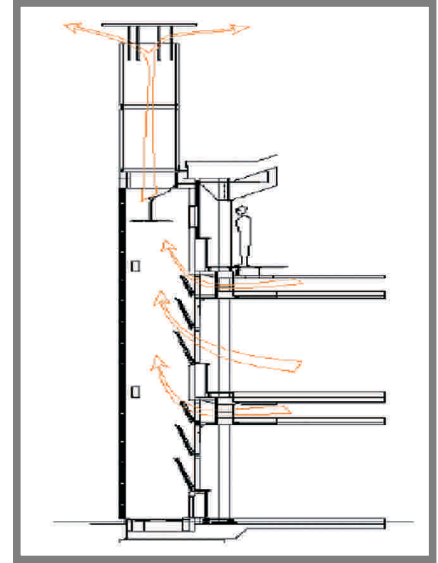
Binanın bulunduğu bölge itibarıyla dış ortam hava kalitesinin doğal havalandırma destekleyecek nitelikte olması da bina için, iç ortam hava kalitesi açısından önemli bir unsurdur. İç ortam hava kalitesini dış ortam havası gibi önemli ölçüde etkileyen bir diğer unsur da, bina içinde kullanılan boyalar ve kaplama malzemeleri seçiminde de zararlı gaz (VOCs) açığa çıkarmayan, çevre dostu ürünlerin tercih edilmesi olacaktır.



Şekil 5. Dalga formundaki döşemede hava akış şeması.



Şekil 7. Havalandırma bacası görünüşü.



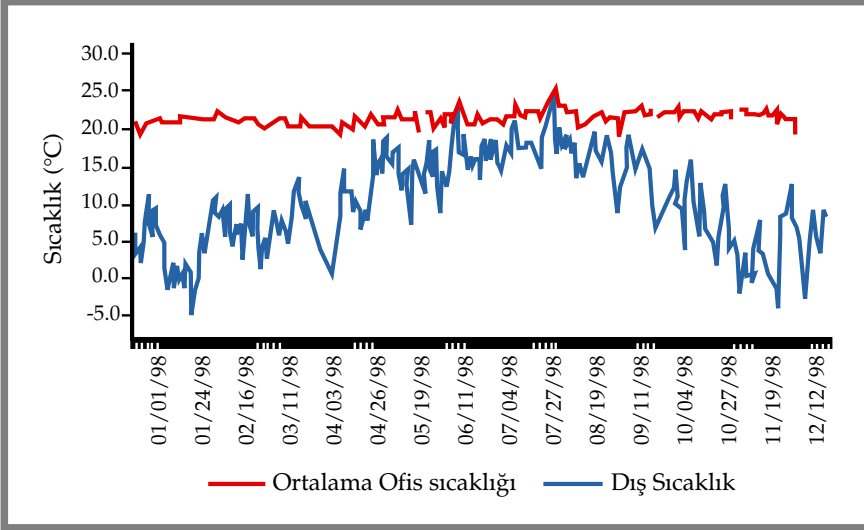
Şekil 6. Havalandırma (Güneş) bacaları.

Pasif ve aktif sistemlerin kullanımı

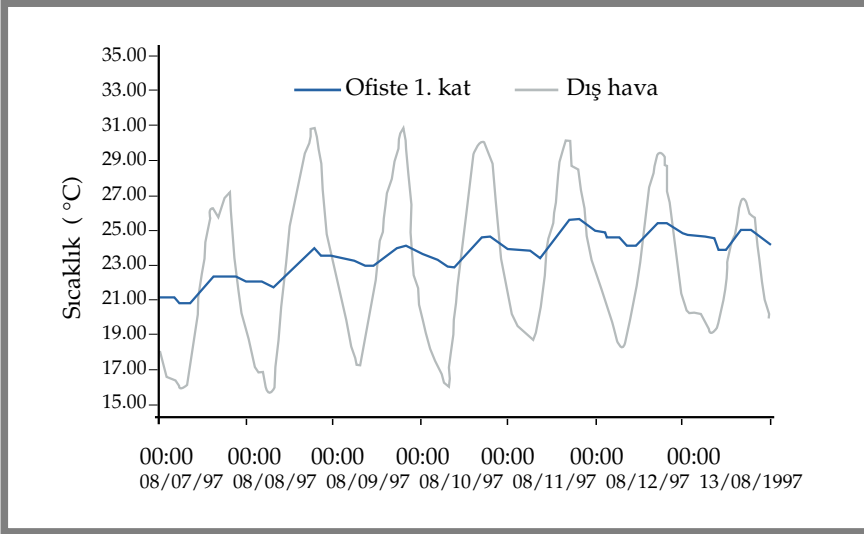
BRE'de genel anlamda tasarım pasif sistemlere dayandırılmış ve etkin aktif sistemlerle de desteklenmiştir. Binada ana yükün pasif sistemlere yüklenmesi ve aktif sistemlerin yalnızca ihtiyaç duyulduğunda devreye girmesi, Garston gibi iklimsel özellikleri sabit ve tahmin edilebilir bölgelerde etkin bir şekilde sağlanmaktadır. Ancak daha sert iklimlerde (aşırı sıcak ya da aşırı soğuk iklimler) işletim sistemi tam tersine çevrilmeli yani aktif sistemler ağırlıklı, pasif sistemler ancak uygun olduğu durumlarda destek amacıyla kullanılmalıdır.

Burada pasif sistemlere örnek olarak ısıl kütle kullanımı, gece serinletmesi ve havalandırma bacaları (güneş bacaları) verilebilmektedir. Aktif sistemler ise yeraltı suyunun ısıtma-soğutma amacıyla döşemede su borulu sistemde kullanılması, bina iç-dış ortam sıcaklıklarına ve CO₂ konsantrasyon seviyesine bağlı olarak bina cepesindeki üst pencerelerin bina yönetim sistemi ile otomatik olarak kontrol edilmesidir.

Sonuç olarak bina pasif ve aktif sistemlerin bir arada kullanıldığı karma işletim modunda çalıştırılmaktadır. BRE Ofis Binası'nda kullanılan havalandırma işletim sistemi; pasif sistemlerin (doğal havalandırma) birinci sırada, aktif sistemlerin (ısıtma-serinletme amacıyla kullanılan su borulu sistem) ise ihtiyaç duyulduğunda pasif sistemleri desteklemesi amacıyla ikinci sırada kullanıldığı



Şekil 8. 1998 senesinde ölçülmüş iç ve dış ortam sıcaklık değerleri.



Şekil 9. 1997 senesinde ölçülmüş iç ve dış ortam sıcaklık değerleri.

olası karma havalandırma işletim (contingency mixed-mode ventilation) sistemidir. Olası karma işletim modu, iç-dış ortam sıcaklıkları (sıcaklık sensörleri ile) ve iç ortam hava kalitesi (CO₂ sensörleri ile) odaklı kontrol edilmekte olup bu özelliği ile BRE Ofis Binası, havalandırma kontrolünde bu iki kriteri baz alan sayılı örnekler arasındadır.

Kaynaklar

1. Hansen, D., L., "Indoor Air Quality Issues", Taylor&Francis, New York (1999)
2. http://www.bcm.org.tr/service11_tr_0100.html (10.12.2002).
3. Daniels, K., The Technology of Ecological Building Basic Principles and Measures, Examples and Ideas, Germany (1995).
4. EPA, "Indoor Air Quality Division, Office of Air and Radiation, Building Air Quality, A Guide for Building Owners and Facility Managers" Section 2, D.C.:GPO, Washington (1991).
5. Osso, A., Walsh, T. and Gottfried, D., "Sustainable Building Technical Manual", Public Technology Inc., New York, IV.61-IV (1996).
6. Robertson, A. S., "Comparison of Health Problems Related to Work and Environmental Measurements in Two Office Buildings with Different Ventilation Systems", Br. Med (1985).
7. http://www.osha-slc.gov/dts/osta/otm/otm_iii/otm_iii_2.html (16.08.2003).
8. Bardoss, W., T., Entwisle, M., J. and Willis, S., T., P., "Naturally Ventilated and Mixed-Mode Office Buildings- Opportunities and Pitfalls", CIBSE Nat. Conf., Brighton (1994).
9. Jones, D., L., "Architecture and The Environment Bioclimatic Building Design", Overlook Press (1998).

Yazar;

Seniha Kayhan,

1979 yılında doğdu. GAZİ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü'nden 2001 yılında lisans, 2004 yılında "Sürdürülebilir Mimarlık Bağlamında İç Ortam Hava Kalitesi ve Havalandırma" konulu tezi ile yüksek lisans aldı. Hava kalitesinin yanı sıra yalıtım ve konfor kavramları ile ilgili çalışmalarını devam ettirmekte olup 2002 senesinden bu yana İZOCAM A.Ş. Ankara Bölge Müdürlüğü'nde çalışmaktadır.

Dış Hava Miktarı Hesap Yöntemleri

Sarven Çilingiroğlu; Mak. Yük. Müh

Faruk Çimen; Mak. Müh.

TTMD Üyeleri

ÖZET

Binalarda klima sistemleri ve değişen yapı teknolojilerine bağlı olarak ortaya çıkan sağlık konuları beraberinde iç hava kalitesi üzerine de tartışmaları getirmiştir. Değişik kontrol sistemleri ve uygulamalar ortaya konulmuştur. Ama kurulan sistem ve kontrol yöntemleri ne olursa olsun taze hava miktarlarının hesaplanması önemini asla kaybetmeyecektir. Bu doğrultuda değişik bölgelerde değişik hesap yöntemleri gelişmiştir. Bu yazımızda özellikle Amerika ve Avrupa da kullanılan hesaplama yöntemleri hakkında bilgi vermeyi amaçlıyoruz.

The Calculation Methods of Outdoor Air Volume

ABSTRACT

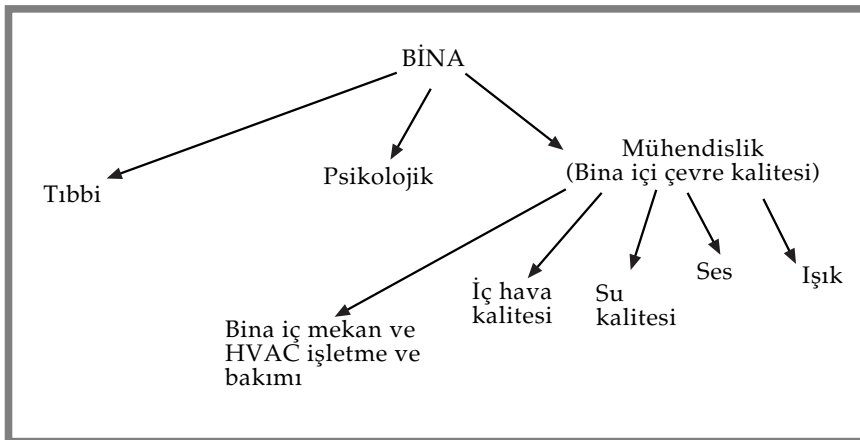
Health problems that are appearing depending on air conditioning systems and changing construction technologies has carried discussions on in door air quality together. Different control systems and applications are done to solve this problem. But whatever the system or application is, the correct calculation of fresh air quantity has no loss in it importance. For this purpose in this article we tried to give some information about the methods of calculations for fresh air quantity in different regions of the world. Especially in America an Europe.

1. Giriş

Günümüzde bina sahiplerinin ve yöneticilerinin karşılaştığı en önemli şikayetler binalardan kaynaklanan sağlıkla ilgili rahatsızlıklardır. İç ortam sağlığı, tıbbi, psikolojik ve mühendislikle ilgili kompleks bir matris oluştururlar. Bina içi çevre kalitesini etkileyen en önemli faktör iç hava kalitesidir. Bunun yanı sıra ses, ışık, su kalitesi vb. çevre kalitesini oluşturur.

2. İç Ortam Hava Kalitesi

Havasız, koku içeren ortamlar sağlıksız olmasının yanında, kullanıcı konforunun azalmasına, çalışma performansının düşmesine neden olmaktadır. Gözlerde yanma, nefes alma güçlüğü, göğsün sıkışması, hava yoluyla yayılan hastalıklardaki artış bu konudaki şikayetlerdendir. Kronik sağlık sorunları, genelde ilk aşamada teşhisi güç ya da yıllar sonra ortaya çıkabilen özelliktedir. Akut semptomlar kolaylıkla teşhis edilirken hastalığın asıl nedeninin saptanması güç olabilmektedir. Araştırmalar düşük hava kalitesi ile bazı kullanıcıların karşılaştıkları, akut veya kronik sağlık sorunları arasında bağlantı olduğunu göstermektedir. Karşılaşılan sorunların yarısından fazlası, yetersiz ya da uygun olmayan havalandırmadan ve ısıtma - soğutma - iklimlendirme sistemlerinin eksikliklerinden kaynaklanmaktadır. Şekil 1’de binalardaki hava kalitesini ve personel memnuniyetini etkileyen hususlar gösterilmiştir.



Şekil 1. Bir Binada personel memnuniyetini etkileyen unsurlar.

Tablo 1. Havalandırma için dış hava miktarları

HAVALANDIRMA İÇİN DIŞ HAVA MİKTARLARI*						
1.1 TİCARİ UYGULAMALAR (Bürolar depolama alanları, dükkanlar, oteller, spor alanları)						
Uygulama	Tahmini max.** insan yoğunluğu P/1000 ft ² veya 1002 m ²	Dış Hava				Açıklama
		cfm/ kişi	lt/s. kişi	Cfm/ ft ²	lt/ s.m ²	
Kuru Temizleme ve Çamaşırhaneler						Kuru temizleme işlemi daha fazla hava ihtiyacı duyabilir.
Ticari çamaşırhane	10	25	13			
Ticari kuru temizleme	30	30	15			
Depolama, toplama alanları	30	35	18			
Jetonlu sistem çamaşırhaneler	20	15	8			
Jetonlu sistem kuru temizleme	20	15	8			
Yiyecek ve içecek servis alanları						
Yemek odaları	70	20	10			
Kafeterya ve fast-food	100	20	10			
Barlar ve kokteyl salonları	100	30	15			İlave duman alıcı ekipmanlar gerekli
Mutfaklar (pişirme)	20	15	8			Davlumbaz egzostu daha fazla havalandırma ihtiyacı gösterebilir. Sağlanan dış havanın ve yan hacimlerden gelen kabul edilebilir kalitede transfer havasının toplamı, egzost havası miktarını karşılamak üzere 1,5 Cfm/ft ² 'den (7,5 lt/s.m ²) daha az olmamalıdır.
Garajlar, tamir atölyeleri, servis istasyonları						
Kapalı garajlar				1,5	7,5	İnsanlar arasındaki dağılım, işçi pozisyonlarını ve çalışan makinelerin yoğunluğunu göz önüne almalıdır. Makinelerin çalıştığı alanlar makinelerin egzost atışları ile uyumlu sistemler olmalıdır. Ayrıca havalandırmanın kontrolü için kirlilik sensörleri kullanılır.
Araç tamir odaları				1,5	7,5	
Otel, motel, dinlenme yerleri, yurtlar				Cfm/ oda	lt/s. oda	Oda büyüklüğünden bağımsız
Yatak odaları				30	15	
Oturma odaları				30	15	
Banyolar				35	18	Bu kapasite aralıklı kullanım içindir
Lobiler	30	15	8			
Konferans odaları	50	20	10			
Meclis salonları	120	15	8			
Yurtlar uyuma alanları	20	15	8			Bakınız yiyecek ve içecek servis alanları, eşya satış, kuaför, güzellik salonları, garajlar
Kumarhaneler	120	30	15			İlave duman alıcı ekipmanlar gerekli olabilir.
Büro hacimleri						
Büro alanları	7	20	10			Bazı büro ekipmanı lokal egzost gerektirebilir
Kabul alanları	60	15	8			
Telekomünikasyon merkezi ve bilgi giriş alanları	60	20	10			
Konferans odaları	50	20	10			
Halka açık alanlar				Cfm/ft ²	lt/s.m ²	
Koridorlar ve genel hacimler				0,05	0,25	
Halka açık tuvaletler, cfm/wc veya cfm/ördek odası		50	25			Genelde besleme havası yan mahallerden transfer yolu ile sağlanır.
Dolap ve soyunma odaları				0,5	2,5	Karışım havası kullanılmayan lokal mekanik egzost önerilir.
Sigara salonları	70	60	30			
Asansörler				1,0	5,0	Genelde besleme havası yan mahallerden transfer yolu ile sağlanır.

* Tablo 1, kabul edilebilir bir iç hava kalitesi için gerekli dış hava miktarlarını vermektedir. Bu değerler insan kaynaklı biyolojik etki ve kirlilikleri uygun seviyedeki emniyet sınırları dahilinde kalacak şekilde seyretmek üzere ve insanların sağlık ve aktivite seviyelerinin değişebileceği hesaba katılarak seçilmiştir.

** Net kullanılabilir alan.

Tablo 1. (devam)

HAVALANDIRMA İÇİN DIŞ HAVA MİKTARLARI* (devamı)						
1.1 TİCARİ UYGULAMALAR (Bürolar depolama alanları, dükkanlar, oteller, spor alanları)						
Uygulama	Tahmini max.** insan yoğunluğu P/1000 ft ² veya 1002 m ²	Dış Hava İhtiyaçları				Açıklama
		cfm/ kişi	lt/s. kişi	Cfm/ ft ²	lt/s. m ²	
Perakende satış depoları, Satış alanları, showroom'lar						
Bodrum ve zemin	30			0,30	1,50	
Üst Katlar	20			0,20	1,00	
Depolar	15			0,15	0,75	
Soyunma odaları				0,20	1,00	
Pasaj ve alışveriş merkezleri	20			0,20	1,00	
Taşıma ve alma alanları	10			0,15	0,75	
Ambarlar	5			0,05	0,25	
Sigara salonları	70	60	30			Genelde besleme havası yan mahallerden transfer yolu ile sağlanır. Karışım havası kullanılmayan lokal mekanik egzost önerilir.
Özel Dükkanlar						
Kuaför	25	15	8			
Güzellik salonu	25	25	13			
Zayıflatma salonları	20	15	8			
Çiçekçiler	8	15	8			Bitkilerin gelişmesi için gerekli havalandırma ihtiyaçları bazı gereklilikler ortaya çıkarabilir.
Konfeksiyon, mobilya				0,30	1,50	
Hırdavat, ilaç, dokuma	8	15	8			
Süpermarketler	8	15	8			
Evcil hayvan dükkanları				1,00	5,00	
Spor ve Eğlence						
Seyirci alanları	150	15	8			
Oyun odaları	70	25	13			
Buz pateni salonları (oyun alanı)				0,50	2,50	Oyun alanlarının bakımı için içten yanmalı motorları olan makineler kullanılıyorsa havalandırma miktarlarında artış gerekebilir.
Yüzme havuzu (havuz ve güvertesi)				0,50	2,50	Nem kontrolü için daha yüksek değerler gerekebilir.
Oyun alanı (Jimnastik salonu)	30	20	10			
Balo salonları ve diskolar	100	25	13			
Bowling salonları (oturma alanları)	70	25	13			
Tiyatrolar	Özel sahne efektlerinin etkilerinin yok edilmesi için özel havalandırma uygulamaları gerekebilir (örneğin kuru buz buharı, sis vb.).					
Bilet kabinleri	60	20	10			
Lobiler	150	20	10			
Salon	150	15	8			
Sahneler ve stüdyolar	70	15	8			
Taşımacılık	Araçların içerisinde yapılan havalandırmalar özel ihtiyaçlar gösterebilir.					
Bekleme odaları	100	15	8			
Peronlar	100	15	8			
Araçlar	150	15	8			
Çalışma odaları						
Et İşleme	10	15	8			Eğer insan yoğunluğunda bir süreklilik yok ise düşük sıcaklıkta (-10°F' dan +50°F'a veya -23 °C'den +10°C 'ye) korunan hacimler için bu değerler geçerli değildir. Yan hacimlerden olan havalandırmaya müsaade edilebilir. İnsan kesintili olarak gerçekleşiyor ise, enfiltrasyon hali hazırda ihtiyaç olan havalandırmanın üzerine çıkacaktır.

* Tablo 1, kabul edilebilir bir iç hava kalitesi için gerekli dış hava miktarlarını vermektedir. Bu değerler insan kaynaklı biyolojik etki ve kirlilikleri uygun seviyedeki emniyet sınırları dahilinde kalacak şekilde seyreltmek üzere ve insanların sağlık ve aktivite seviyelerinin değişebileceği hesaba katılarak seçilmiştir.

** Net kullanılabilir alan.

Tablo 1. (devam)

HAVALANDIRMA İÇİN DIŞ HAVA MİKTARLARI* (devamı)						
1.1 TİCARİ UYGULAMALAR (Büroalar depolama alanları, dükkanlar, oteller, spor alanları)						
Uygulama	Tahmini max.** insan yoğunluğu P/1000 ft ² veya 1002 m ²	Dış Hava İhtiyaçları				Açıklama
		cfm/ kişi	lt/s. kişi	Cfm/ ft ²	lt/ s.m ²	
Fotoğraf stüdyoları	10	15	8			
Karanlık odalar	10	15	8			
Eczacılık	20			0,50	2,50	
Banka mahzenleri	5	15	8			
Kopyalama, baskı				0,50	2,50	Uygulanan ekipmanlar artı egzosttu ve isteniyorsa istenmeyen kirleticilerin (zehirli ve benzeri) kontrolünü de içermelidir.
1.2 KURUMSAL UYGULAMALAR						
Eğitim						
Sınıflar	50	15	8			
Laboratuvarlar	30	20	10			Laboratuvarlarda hayvanlara yönelik deneyler ve işlemler söz konusu ise özel kirlilik kontrol sistemleri gerekli olabilir
İdman salonları	30	20	10			
Müzik odaları	50	15	8			
Kütüphaneler	20	15	8			
Dolap odaları				0,50	2,50	
Koridorlar				0,10	0,50	
Oditoryumlar	150	15	8			
Sigara salonları	70	60	30			Genelde besleme havası yan mahallerden transfer yolu ile sağlanır. Karışım havası kullanılmayan lokal mekanik egzost önerilir.
Hastaneler, Hasta bakım ve Nekahet evleri						
Hasta Odaları	10	25	13			Özel ihtiyaçlar ve basınç ilişkileri minimum havalandırma ihtiyacını ve filtre verimlerini belirleyebilir. İşlemlerin ortaya çıkardığı kirleticiler daha yüksek oranlara ihtiyaç doğurabilir.
Tıbbi uygulamalar	20	15	8			
Ameliyathaneler	20	30	15			
Yoğun bakım ve ICU	20	15	8			
Otopsi odaları				0,50	2,50	Emiş havası diğer odalara karıştırılmamalıdır.
Fizik tedavi	20	15	8			
Adli uygulamaları						
Tutuklu hücreler	20	20	10			
Yemek odaları	100	15	8			
Gardiyan bekleme odaları	40	15	8			

HAVALANDIRMA İÇİN DIŞ HAVA MİKTARLARI* (devamı)		
1.3 EVSEL UYGULAMALAR (Müstakil, tekli, çoklu)		
Uygulama	Dış Hava İhtiyaçları	Açıklama
Yaşam alanları	İnsan başına 15 cfm (7.5 lt/s) 'den küçük olmamak şartı ile saatte 0.35 hava değişimi	Saatteki hava değişimini hesaplamak için, yaşam mahallinin iklimlendirilen tüm hacimleri kapsanmalıdır. Havalandırma genellikle enfiltrasyon ve doğal havalandırma yolu ile sağlanır. Doğramaları sızdırmaz olan karbon yakıt kullanan (şömine vs.) mahallerde ilave havalandırma ve mekanik egzost gerekebilir. İnsan sayısı yatakodaları sayısına göre, ilk yatak odası 2 kişi ve diğerleri 1 kişi sayılmak şartı ile belirlenir. Eğer daha fazla insanın varlığı biliniyorsa bilinen değer kullanılır.
Mutfaklar	100 cfm (50 lt/s) aralıklı veya 20 cfm (10 lt/s) sürekli ya da açılabilir pencere	Mekanik egzost sistemi kullanılmalıdır. İklim koşulları seçilecektir. Havalandırma sistemini etkileyebilir.
Banyo ve tuvaletler	50 cfm (25 lt/s) aralıklı veya 20 cfm (10 lt/s) sürekli ya da açılabilir pencere	Mekanik egzost sistemi kullanılmalıdır.
Garajlar		
Her ikamet birimi için ayrı ise	Araba başına 100 cfm (50 lt/s)	Genellikle enfiltrasyon veya doğal havalandırma yolu ile karşılanır

* Tablo 1, kabul edilebilir bir iç hava kalitesi için gerekli dış hava miktarlarını vermektedir. Bu değerler insan kaynaklı biyolojik etki ve kirlilikleri uygun seviyedeki emniyet sınırları dahilinde kalacak şekilde seyreltmek üzere ve insanların sağlık ve aktivite seviyelerinin değişebileceği hesaba katılarak seçilmiştir.

** Net kullanılabilir alan.

3. İç Ortamların Dış Hava İhtiyaçları

Havalandırma hesaplarında iki farklı kıta'nın düşüncesini ele alalım (Amerika ve Avrupa'nın hesaplama yöntemleri).

- ASHRAE Standardı daha çok kişi başına dış hava ihtiyacıyla veya mahallin hacminin saatteki değişim oranlarından yola çıkarak hesap yapmakta ayrıca dış havanın temiz olduğu varsaymaktadır.

- Avrupa'nın konuya bakış açısı ise biraz farklı olup öncelikle ortamı kalite sınırlarına ayırmakta bu kalitelere göre hava değişim miktarını tayin etmektedir. Hesapları yaparken iç ve dış hava kaliteleri göz önüne alınarak hesaplamalar yapılmaktadır. TSE'deki hesaplama yöntemi tamamen Avrupa'nın görüşünü yansıttığı için burada TSE TS CR 1752'yi incelenecektir. Diğer yandan çeşitli durum ve mekanlar için dış hava miktarları Tablo 1'de verilmiştir.

a) ASHRAE'ye göre aşağıdaki prosedür işletilir:

* Dış hava kalitesinin kabul edilebilir sınırlarda olması gerekir.

* Dış hava bu değerleri aştığı taktirde hava temizleme işlemi yapılır. Bu işlem HVAC sistemlerinde filtreleme ile gerçekleştirilir.

* Dış havanın temiz olduğu kabul edilerek

Tablo 1'deki kişi başına veya m² 'ye gerekli olan dış hava ihtiyacı alınır. Tabi ki burada iç hava kalitesi kabul edilebilir sınırlarda olduğu düşünülmüştür. Eğer iç hava kirletici oranları yükselir ise bu daha çok kişilerden kaynaklanan kirleticilik CO₂ miktarı, sigara kokusu vb. bu taktirde verilen karışım havası içindeki dış hava miktarı yetersiz gelir o zaman dış hava miktarını arttırıp karışım havasını azaltmak gerekir. Bunun sağlanabilmesi için klima santrallerinde veya mahallerde iç hava kalite sensörlerinin kullanımı gerekli olacaktır. (demand control).

İç hava kalite sensörleri, CO₂ sensörü, karışım gazları sensörü, (VOCS) birleştirilmiş CO₂ ve CO sensörleri, birleştirilmiş karışım gazları ve CO sensörleri özellikle restoranlarda sigara içilen yerlerde kokuya hassas yerlerde kullanılır. Ofislerde ise kirletici daha çok insan olduğu için CO₂ sensörü kullanılır.

b) Türk standartlarındaki hesaplama yöntemleri:

Buradaki hesaplamalar için aşağıdaki tanımları verilebilir.

* Hissedilir kirlilik yükü (olf). 1 olf, kendisini sıcaklık açısından normal hisseden, genelde oturarak çalışan bir yetişkinin sebep olduğu havadaki hissedilir kirlilik yüküdür.

* Depisol olarak hissedilen hava kalitesi (cc) 10 l/s'lik temiz hava ile havalandırılan 1 olf'luk hissedilir kirlilik yüklü ortamda hissedilen

hava kalitesidir.

* Tahmini ortalama puan (pmv). Yedi değerli bir ölçeğe göre geniş bir grup insanın puanlamasıyla, ortalama ısı hassaslık değerinin tahminini belirten sayıdır.

* Tahmini memnun edilemeyen yüzde (ppd). Vücudun tamamı için ya çok soğuk yada çok sıcak gibi, ısıl hissi memnun edilmemiş geniş bir grup insan yüzdesinin tahminini belirten sayıdır.

* Havalandırma etkisi: (gv). Nefes alınan ortamdaki kirlilik yoğunluğu ile atılan havadaki (egzost) kirlilik yoğunluğu arasındaki ilişkinin ölçümüdür.

- Bina içi ortamların sınıflandırılması:

Bu standart, havalandırılacak bir mahal için seçilecek ortamın kalite sınıflarını belirler.

A sınıfı beklenen en yüksek seviyeye, B sınıfı beklenen orta seviyeye, C sınıfı beklenen makul seviyeye karşılık gelir.

- Tasarım kabulleri:

Havalandırma veya iklimlendirme sistemi, belirli şartlar altındaki bina içi ortamların ihtiyaçlarının karşılanması için tasarlanmalıdır. Tasarımcı, sistemin tasarımını gerçekleştirmek için şartları belirlemeli ve bina içi ortam özelliklerini de kapsayan kabuller yapmalıdır. Bunlardan bazıları;

- Kullanıcı sayısı,
- Mobilya ve halıların bulunduğu binalarda kullanılan, malzemelerin sebep olduğu kirlilik yükü,
- Sigara içilmesine izin veriliyorsa, sigara içenlerin yüzdesi,
- Elde edilebilir dış ortam hava kalitesi.

- Tasarımın kriterleri:

- Tablo 2 minimum ihtiyaçları karşılayan bir tablodur. ASHREA'dan farklı olarak, havalandırılacak bir mahal için seçilecek ortamın kalite sınıflarını belirler.

Tablo 2. Farklı tip ortamlar için tasarım kriterleri^{a)}

Bina / Mahal Tipi	Aktivite (met)	Kullanım (kişi/m ²)	Kategori	Etken Sıcaklık ^{b)} (°C)		En Yüksek Ortalama Hava Akış Hızı (m/s)		Ses Basıncı [dB (A)]	Havalandırma Debisi (l/s.m ²)	Sigara içilmesine Müsaade Edildiğinde Havalandırma Debisi ^{c),d)} (l/s.m ²)
				Yaz (soğutma mevsimi)	Kış (ısıtma mevsimi)	Yaz (soğutma mevsimi)	Kış (ısıtma mevsimi)			
Tek Ofis (Hücre Tipi Ofis)	1,2	0,1	A	24,561,0	22,061,0	0,18	0,15	30	2,0	-
			B	24,561,5	22,062,0	0,22	0,18	35	1,4	-
			C	24,562,5	22,063,0	0,25	0,21	40	0,8	-
Manzaralı Ofis	1,2	0,07	A	24,561,0	22,061,0	0,18	0,15	35	1,7	0,7
			B	24,561,5	22,062,0	0,22	0,18	40	1,2	0,5
			C	24,562,5	22,063,0	0,25	0,21	45	0,7	0,3
Konferans Salonu	1,2	0,5	A	24,561,0	22,061,0	0,18	0,15	30	6,0	5,0
			B	24,561,5	22,062,0	0,22	0,18	35	4,2	3,6
			C	24,562,5	22,063,0	0,25	0,21	40	2,4	2,0
Toplantı Salonu	1,2	1,5	A	24,561,0	22,061,0	0,18	0,15	30	16e)	-
			B	24,561,5	22,062,0	0,22	0,18	33	11,2	-
			C	24,562,5	22,063,0	0,25	0,21	35	6,4	-
Kafeterya veya Restoran	1,2	0,7	A	24,561,0	22,061,0	0,18	0,15	35	8,0	-
			B	24,562,0	22,062,5	0,22	0,18	45	5,6	5,0
			C	24,562,5	22,063,5	0,25	0,21	50	3,2	2,8
Sınıf	1,2	0,5	A	24,560,5	22,061,0	0,18	0,15	30	6,0	-
			B	24,561,5	22,062,0	0,22	0,18	35	4,2	-
			C	24,562,5	22,063,0	0,25	0,21	40	2,4	-
Ana Okulu	1,4	0,5	A	24,561,0	22,061,0	0,16	0,13	30	7,1	-
			B	24,562,0	20,062,5	0,20	0,16	40	4,9	-
			C	24,562,5	20,063,5	0,24	0,19	45	2,8	-
Depolama Bölümü	1,6	0,15	A	24,561,0	19,061,5	0,16	0,13	40	4,2	-
			B	24,562,0	19,063,0	0,20	0,15	45	3,0	-
			C	24,563,0	19,064,0	0,23	0,18	50	1,6	-

NOTLAR:

- Bu çizelgeye, havalandırma etkinliğinin bir olduğu durumda ve çizelgede listelenen kullanım için başvurulur.
- Ortalama ısıtma veya soğutma yüklü ortam ve binaların pek çok tipi için hava sıcaklığı yaklaşık olarak etken sıcaklığa eşit olacaktır.
- Kullanıcıların % 20'si sigara içtiğinde, konfor için, ilave havalandırma gereklidir. Pasif içicilerin sağlık riski ayrıca dikkate alınmalıdır.
- Listelenmiş bir değer olmadığında, Tablo 3'deki veriler kullanılabilir.
- Kategori A - Hava akımı kriterini karşılamak güç olabilir.

- Tablo 3 mahalde bulunanların her biri için gerekli havalandırma debisi bu tabloya göre, kirlilik kaynağı olarak sadece kullanıcılar varsayılıyorsa müracaat edilir.

Tablo 3. Mahalde bulunanların her biri için gerekli havalandırma debisi),^{a), b)}

Kategori	Gerekli Havalandırma Debisi l/s. Kullanıcı			
	Sigara İçilmez	% 20 İçici	% 40 İçici ^{c)}	% 100 İçici ^{c)}
A	10	20	30	30
B	7	14	21	21
C	4	8	12	12

NOTLAR:

- Bu çizelgeye, kirlilik kaynağı olarak sadece kullanıcılar varsayılıyorsa müracaat edilir.
- Bu çizelgeye, sigara içilmeyen ve farklı seviyelerde sigara içilen ortamlar için müracaat edilir.
- % 40 ila % 100 içiciler için içicilerin, içmeyenlerden daha hoşgörüle karşılanmasından dolayı, gerekli havalandırma % 40 içiciler için verilen değere eşit olmalıdır.

- Tablo 4 bina içinde ortamda hissedilen hava kalitesinin üç kategorisini göstermektedir. Hissedilen hava kalitesi, aynı zamanda (dp) olarak da ifade edilebilir. 1dp, bir olf gücünde bir kirlilik kaynağı olan ve 10 l/s temiz hava ile havalandırılan bir ortamdaki hava kalitesidir. Yani 1 dp = 0,1 olf / (l/s). Memnun edilmeyen ziyaretçi, yüzdesi olarak ifade edilen hissedilen hava kalitesi ile dp arasındaki ilişki 1992'de AB (EC)'nin 11 No'lu komisyon raporunda verilmiştir.

Tablo 4. Bina İçi Ortamda Hissedilen Hava Kalitesinin Üç Kategorisi

Kategori	Hissedilen Hava Kalitesi		Gerekli Havalandırma Debisi ⁽¹⁾ (l/s x olf)
	Memnun edilemeyen %	dp	
A	15	1,0	10
B	20	1,4	7
C	30	2,5	4

1) Havalandırma debileri, sadece hissedilen hava kalitesine ait örneklerdir. Bu değerler, sadece temiz bina dışı ortam havası ve etkili bir havalandırmadan birisi için uygulanır.

- Tablo 5 Kullanıcıların sebep olduğu kirlilik yükünü gösterir.
- Tablo 6 Ortamdaki kullanıcılar için örnekler.
- Tablo 7 Mobilyaları, halıları ve havalandırma sistemini ihtiva eden binanın sebep olduğu kirlilik yüküdür.

Tablo 5. Kullanıcıların sebep olduğu kirlilik yükü.

	Hissedilir Kirlilik Yükü olf / kullanıcı	Karbon dioksit l / (h x kullanıcı)	Karbon monoksit ^{a)} l / (h x kullanıcı)	Su buharı ^{b)} g / (h x kullanıcı)
Oturarak, 1 - 1,2 met				
% 0 Sigara içen	1	19		50
% 20 Sigara içen ^{c)}	2	19	11 x 10 ⁻³	50
% 40 Sigara içen ^{c)}	3	19	21 x 10 ⁻³	50
Fiziksel egzersiz				
Düşük seviye, 3 met	4	50		200
Orta seviye, 6 met	10	100		430
Yüksek seviye (atletler), 10 met	20	170		750
Çocuklar				
Anaokulu, 3 - 6 yaş, 2,7 met	1,2	18		90
Okul 14 - 16 yaş, 1 - 1,2 met	1,3	19		50

a) Sigara (tütün) içilmesinden,
b) Normal (doğal) sıcaklığa yakın kişiler için uygulanır.
c) Her sigara içici için ortalama sigara içme oranı 1,2 sigara/h, emisyon oranı 44 ml CO/sigara

Tablo 6. Ortamdaki Kullanıcılar İçin Örnekler.

	Kullanıcı / (m ² zemin)
Ofisler	0,07
Konferans salonları	0,5
Toplantı salonları, tiyatrolar, oditoryumlar	1,5
Okullar (sınıflar)	0,5
Ana okulları	0,5

Tablo 7. Mobilyaları, halıları ve havalandırma sistemini ihtiva eden binanın sebep olduğu kirlilik yükü.

	Hissedilir Kirlilik Yükü olf/(m ² zemin)	
	Ortalama	Aralık
Mevcut binalar		
Ofisler ^{a)}	0,3 ^{d)}	0,02 - 0,95
Ofisler ^{b)}	0,6 ^{c)}	0 - 3
Okullar (sınıflar) ^{a)}	0,3	0,12 - 0,54
Ana okulları ^{a)}	0,4	0,20 - 0,54
Toplantı salonları ^{a)}	0,3 ^{d)}	0,13 - 1,32
Yeni binalar (sigara içilmeyen)		
Düşük - Kirletici Binalar	0,1	
Düşük - Kirletici Olmayan Binalar	0,2	

a) Veriler, Danimarka'da mekanik olarak havalandırılan 40'tan fazla binadan alınmıştır.
b) Veriler, ofis binalarında, enerji tüketimi ve bina içi hava kalitesini optimize etmek için Avrupa kesin hesap projesi (1992 - 1995)'nden alınmıştır [3].
c) Mevcut ve önceki tütün dumanının sebep olduğu yükü kapsar.
d) Önceki tütün dumanının sebep olduğu yükü kapsar.

NOT - Genellikle, pratikte kullanılan pek çok malzemenin sebep olduğu kirlilik yükü hakkında çok az bilgi elde edilebilir. Halen, binadan yayılan kirlilik yükünü en aza indirmeye çalışmak esastır. Çalışma, malzemelerden yayılan kirlilik yükünü azaltmak ve bu konu hakkında bilgi sağlama aşamasındadır.

Tablo 8. Bina Dış Hava Kalitesi Seviyelerine Örnekler.

	Hissedilen hava kalitesi dp	Hava Kirleticiler				
		Karbon dioksit mg/m ³	Karbon monoksit mg/m ³	Azot dioksit mg/m ³	Kükürt dioksit g/m ³	Partiküller g/m ³
Mükemmel	0	680	0 - 0,2	2	1	< 30
İyi hava kalitesine sahip olan şehirlerde	< 0,1	700	1 - 2	5 - 20	5 - 20	40 - 70
Kötü hava kalitesine sahip olan şehirlerde	> 0,5	700 - 800	4 - 6	50 - 80	50 - 80	> 100

NOT : Bu çizelgede listelenen kirleticiler ile hissedilen hava kalitesi arasında doğrudan bir ilişki yoktur. Hissedilen hava kalitesi için değerler tipik, günlük ortalama değerlerdir. Dört hava kirletici için değerler yıllık ortalama yoğunluklardır.

- Havalandırma Verimliliği:

Havalandırılan bir ortamdaki hava kalitesi her noktada aynı olmayabilir. Kullanıcılar için gerçekte hesaplanan ne ise, nefes alınan bölgedeki hava kalitesi odur. Bu sebeple bir ortamdaki homojen olmayan hava kalitesinin havalandırma ihtiyacı üzerinde bir etkisi vardır. Bu durum havalandırma verimliliğiyle ifade edilir:

$$\eta_v = \frac{C_e - C_s}{C_i - C_s} \quad (1)$$

Bu eşitlikte;

h_v = Havalandırma verimi,

C_e = Egzost havasındaki kirlilik

C_s = Besleme havasındaki kirlilik

C_i = Nefes alınan bölgedeki kirlilik

C_i = Nefes alınan bölgedeki kirlilik yoğunluğu'dur.

Havalandırma verimliliği, ortamdaki kirletici kaynakların yeri ve hava dağılımına bağlıdır. Bu yüzden, farklı kirleticiler için farklı değerlerde olabilir. Hava ve kirleticiler tamamen karışmışsa, havalandırma verimliliği bir'dir. Nefes alınan bölgedeki hava kalitesi boşaltıldan daha iyi ise, havalandırma

verimliliği birden yüksektir ve nefes alınan bölgede arzu edilen hava kalitesi daha düşük bir havalandırma verimliliği birden düşüktür ve daha fazla havalandırılmaya ihtiyaç vardır.

Havalandırma verimliliği, kirletici kaynakların ve hava çıkışındaki cihazların özellikleri ve yerlerinin fonksiyonudur. İlave olarak, beslenme havasının sıcaklık ve debisinin de fonksiyonudur. Ventilasyon verimliliği sayısal simülasyonla hesaplanabilir veya deneysel olarak ölçülebilir. Farklı havalandırma prensipleri için havalandırma verimlilik örnekleri Tablo 9'da verilmiştir.

- Gerekli Havalandırma Debisi: Konfor ve sağlık için gerekli havalandırma debisi ayrı ayrı hesaplanmalı ve tasarım için en yüksek değer kullanılmalıdır. Konfor için gerekli havalandırma debisi aşağıdaki eşitlikle hesaplanabilir.

$$Q_c = 10 \cdot \frac{G_c}{C_{c,i} - C_{c,o}} \cdot \frac{1}{\eta_v} \quad (2)$$

Bu eşitlikte;

Q_c = Saniyede litre olarak, sağlık için gerekli havalandırma debisi (l/s),

G_c = Olf olarak, hissedilir kirlilik yükü (olf),

$C_{c,i}$ = Depisol olarak, istenen bina içi hissedilen hava kalitesi (deposol),

$C_{c,o}$ = Depisol olarak, hava girişinde bina dışı hissedilen hava kalitesi (deposol),

η_v = Havalandırma verimi'dir.

Sağlık açısından gerekli havalandırma debisi aşağıdaki eşitlikle hesaplanabilir:

$$Q_h = 10 \cdot \frac{G_h}{C_{h,i} - C_{h,o}} \cdot \frac{1}{h_v} \quad (3)$$

Bu eşitlikte;

Q_h = Saniyede litre olarak, sağlık için gerekli havalandırma debisi (l/s),

G_h = Saniyede mikrogram olarak bir kim-

yasal maddenin kirlilik yükü (mg/l),

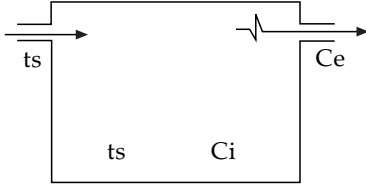
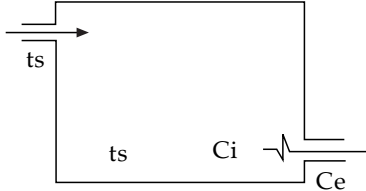
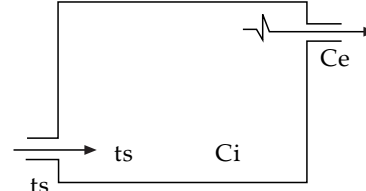
$C_{h,i}$ = Litrede mikrogram olarak bir kimyasal maddenin kılavuz değeri (mg/l),

$C_{h,o}$ = Litrede mikrogram olarak, hava girişinde bir kimyasal maddenin kılavuz bina dışı yoğunluğu (mg/l),

η_v = Havalandırma verimidir.

$C_{h,i}$ ve $C_{h,o}$ aynı zamanda ppm olarak da (hacim/hacim) ifade edilebilir. Bu

Tablo 9. Farklı Yollarla Havalandırılan Ortamların Solunan Bölgedeki Havalandırma Verimliliğine Örnekler

Karışım Havalandırma		Karışım Havalandırma		Yer Değiştirmeli Havalandırma	
					
Solunan bölgedeki hava ile besleme havası arasındaki sıcaklık farkı $t_s - t_i$ °C	Havalandırma Verimliliği	Solunan bölgedeki hava ile besleme havası arasındaki sıcaklık farkı $t_s - t_i$ °C	Havalandırma Verimliliği	Solunan bölgedeki hava ile besleme havası arasındaki sıcaklık farkı $t_s - t_i$ °C	Havalandırma Verimliliği
< 0 0 - 2 2 - 5 > 5	0,9 - 1,0 0,9 0,8 0,4 - 0,7	< -5 -5 - 0 > 0	0,9 0,9 - 1,0 1,0	< 0 0 - 2 > 2	1,2 - 1,4 0,7 - 0,9 0,2 - 0,7

durumunda, kimyasal kirlilik yükü G, l/s olarak ifade edilir. (2) ve (3) eşitlikleri kararlı hal şartlarında ve bina dışı hava kalitesi, bina içi hava kalitesinden daha iyi olduğunda uygulanır.

- Bina içi ortam hava kalitesi:

a) Konfor için, aşağıdaki hususlara göre, gerekli havalandırma debisini hesaplamak.

- 1) Muhtemel kullanıcı (Tablo 6) ve varsa sigara içenleri dikkate alarak (Tablo 5) kullanıcıların sebep olduğu hissedilir kirlilik yükünün belirlenmesi. Burada sigara içen ve içmeyen ayrımı dikkate alınmalıdır,
- 2) Binadan kaynaklanan muhtemel hissedilir kirlilik yükünün takdir edilmesi (Tablo 7),
- 3) 1 ve 2 maddelerindeki değerlerin toplanmasıyla toplam hissedilir kirlilik yükünün hesaplanması,
- 4) Tablo 4'den istenen bina içi ortam hava kalitesinin seçimi,
- 5) Bina dışı hava kalitesinin (Tablo 8) ve havalandırma verimliliğinin (Tablo 9) takdir edilmesi,
- 6) (2) eşitliğinden gerekli havalandırma debisinin hesaplanması,

b) Sağlık yönünden, aşağıdaki hususlara göre, gerekli havalandırma debisini hesaplamak;

- 1) En kritik kimyasal maddenin/ maddelerin belirlenmesi ve elde edilebiliyorsa, ortamdaki bu kimyasal maddenin kirlilik yükünün belirlenmesi,
- 2) Elde edilebiliyorsa, kritik kimyasal madde için kılavuz değerlerinin bulunması
- 3) (3) eşitliğinden, sağlık için gerekli havalandırma debisinin hesaplanması.

Kaynaklar

1. James T.O' Reilly, Philip Hagan, Ronald Gots, Alan Hedge (KEEPING BUILDINGS HEALTHY) A WILEY-INTERSCIENCE PUBLICATION, JOHN WILEY & SONS, INC. 1998.
2. Thad Godish (SICK BUILDINGS, Definition, Diagnosis and Mitigation) LEWIS PUBLISHERS 1995.
3. James E. Wolf (İç Ortam Hava Kalitesinin Sağlanması Yönelik ASHRAE Araştırması) TTMD dergisi sayı:17 Ocak-Şubat 2002.
4. W.K. Sieber, M.R. Petersen, L.T. Stayner, R. Malkin, M.J. Mendell, K.M. Wallingford, T.G Wilcox, M.S. Crandall

and L. Reed (HVAC Characteristics and Occupant Health.) ASHRAE JOURNAL September 2002.

5. Mike Schell, Doug Smith (Assesing CO₂ Control In Retrofits) ASHRAE JOURNAL NOVEMBER 2002.
6. Sarah Armstrong and Jane Liaw (The Fundamentals of Fungi) ASHRAE JOURNAL NOVEMBER 2002.
7. (Humidification and Dehumidification Control strategies) ASHRAE TECHNICAL DATA BULLETIN Volume 12. Number 3 June 1996.
8. ASHRAE HANDBOOK 2000, HVAC Systems and Equipment. Chapter 20 (HUMIDIFIERS)
9. ASHRAE STANDARD 62-1999 (Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality)
10. TÜRK STANDARDI TS CR 1752, ICS 91.140.30 (HAVALANDIRMA Binalar için - BİNA İÇİ ORTAMLAR İÇİN TASARIM KURALLARI)
11. Taner Özkaynak (Temiz oda tasarımı ve klima sistemleri) Tetisan A.Ş. Teknik yayınları 1994.
12. Olli Seppanen (Energy Efficient Ventilation for Health and good Indoor Air Quality).

Yazar;

Sarven Çilingiroğlu,

1963 yılında İstanbul'da doğdu. 1980 yılında Getronağan Lisesini, 1984'de İ.T.Ü. Makina Mühendislik fakültesini bitirdi. Aynı yıl İ.T.Ü. de Yüksek Lisans öğrenimine başladı. 1987'de Enerji bölümünden mezun oldu. Yüksek lisans öğrenimini döneminde Honeywell firmasında 1 yıl boyunca part time çalıştı. 1986 yılında Isı pompaları üzerine tezini hazırlamak için İngiltere'de York International Firmasında 2 ay staj yaptı. 1987-1989 yılları arasında vatani görevini yerine getirdi. Halen mekanik tesisat projeleri üreten, kontrollük ve müşavirlik hizmeti veren bir büronun genel müdürüdür. Evli ve bir çocuk babasıdır.

Faruk Çimen,

Yazar hakkında bilgi edinmek için 12. sayfaya bakınız.