

Hastanelerde İç Hava Kalitesi; Çağdaş Teknoloji ve Türkiye'de Görünüm

Ali BOYLU

ÖZET

Mikrobiyolojik yaşam ve bu oluşumların insan sağlığına olumlu veya olumsuz etkileri yüzlerce yıldan bu yana bilinmektedir. Yaşadığımız kapalı veya açık her türlü alanda ve hava da şartlara bağlı değişen yoğunlukta mikroorganizma ve virüsler bulunmaktadır. Sağlıklı bir insanın bağışıklık sistemi, çok yüksek dozda olmadığı müddetçe iç içe yaşadığı mikroorganizmalara karşı direnç gösterebilecek kabiliyettir. Ancak hastanelerde bulunan nüfusun çeşitliliği ve niteliği farklılıklar gösterir. Sağlık tesislerinde çalışanlar, ziyaretçiler ve normal hastaların dışında bulaşıcı hastalık taşıyan veya bağışıklık sistemi zayıflamış hastalar bulunmaktadır.

Ayrıca farklı ünitelerde gerçekleştirilen tıbbi işlemler ve müdahalelere bağlı olarak rahatsız edici koku

ve gazlarında ortaya çıkması söz konusudur. Bu sebeple hastanelerde iç hava kalitesi kavramına, normal kapalı alanlardan farklı olarak konfor şartlarını karşılamasının yanı sıra hava kaynaklı mikrobiyolojik bulaşma risklerinin azaltılması ile koku ve gazların giderilmesi zorunluluğunu da eklemek gerekir.

Anahtar kelimeler: Hastane havalandırması, hava temizlik sınıfı, ameliyathane, hepa filtre, besleme havası, hava debisi ölçümü, pozitif basınç, partikül sayımı, kanal sızdırmazlık testi

ABSTRACT

Microbiological life and its positive and negative effects on human health have been known for



hundreds of years. There are microorganisms and viruses in all close or open areas we live and population of them may change based on air conditions. Immune system of a healthy person can put up resistant these microorganisms unless they are thickly populated. However, property and diversity of population vary in hospitals. There are sick people which have weak immune system or have epidemic in a health facility excepting medical personnel, visitors and normal sick people.

In addition it is in question that disturbing odor and gases can be liberated depending on medical procedures. So, essentiality of removing these odor and gases and decreasing airborne microbiological infection risks should be added to internal air quality concept distinctively meeting comfort conditions.

Keywords: Hospital HVAC system, air cleanliness classification, operating room, hepa filter, supply air, air flow rate measurement, positive pressure, particle counts, duct leakage testing

1.GİRİŞ

Yetersiz ve niteliği düşük havalandırma sistemleri, çalışan personelde, ziyaretçi ve hastalarda alerjik etkilere yol açabilecek küf ve mantar sporları içeren hava kaynaklı riskleri artırmaktadır[1].

Ameliyathanelerde, özellikle uzun süreli operasyonlarda oluşabilecek hava kaynaklı enfeksiyon riski, yüksek derecede sterilite gerektiren Tüp Bebek ünitesi laboratuvar çalışmalarının başarısızlıkla sonuçlanma riski ve yeni doğan bebeklerin ölümü ile sonuçlanabilecek damardan beslenme (TPN) solüsyonlarının kontaminasyon riskleri iç ortam hava temizlik kalitesinin önemini ortaya koyar.

Ülkemiz genelinde hastane steril alanlarının iç hava kalitesinin artırılması amacıyla hazırlanan HVAC proje ve çözümlerinin gelişmiş ülkelere nazaran oldukça yüksek enerji harcayan sistemler olduğu görülmektedir. Yeşil enerji politikasının ruhuna tamamen aykırı olan bu durum gereksiz yere yüksek miktarlarda %100 taze hava kullanımından kaynaklanmaktadır. Bu bildirinin amacı hastanelerin değişik alanlarındaki havalandırma hijyen gereksinimleri ve bu gereksinimlerin sağlanmasına yönelik optimum tasarım kriterlerini ortaya koymaktır.

Bu bildiri;

- Hastane steril alan HVAC sistemi tasarım

kriterleri ve uygulama esasları;

- Hijyenik açıdan asgari kurulum gereksinimleri,
- Hava kanalı sızdırmazlık gereksinimleri,
- HVAC sisteminin kurulum ve işletme masraflarını azaltmaya yönelik tedbirler,
- Teslim aşaması test ve kontroller,
- Periyodik test ve kontroller,
- Ülkemizdeki görünüm, sıklıkla karşılaşılan projelendirme ve uygulama hataları konuları ile hastanelerde gerçekleştirilen faaliyetlerin iç hava kalitesine olumsuz etkileri, bu olumsuzlukların giderilmesi için dikkat edilmesi gereken hususlar ele alınacak, ilgili standartların hayata geçirilmesi konusunda gelişmiş ülkeler ile ülkemizdeki uygulamalar arasındaki farklara değinilecektir.

2.TANIMLAR

Hava Kaynaklı Enfeksiyon İzolasyonu (All): çapı 5 mikrometreden küçük ve havadan damlacıklar yoluyla yayılan organizmalarla enfekte olmuş hastaların izolasyonu (bakınız: bilgilendirici ek B Tesis Kılavuzları Enstitüsü (FGI) 2010). Bu standardın amaçları için All kısaltması, izolasyon sağlayan oda anlamına gelmektedir.

Kaynak İzolasyon Odası: Bu standardın gerekliliklerine göre tasarlanmış ve hava kaynaklı enfeksiyonların izolasyonunu sağlama amacı olan bir oda. Sağlık Bakanlığı yönetmeliğine göre hastanelerde her dört izolasyon odasından en az bir adedinin "Kaynak izolasyon odası" olma zorunluluğu vardır.

Koruyucu İzolasyon Odası: Çevresel hava kaynaklı patojenler ve insanlardan, bağımsızlığı zayıf olan yüksek risk altındaki hastaları korumak amacı ile standarda göre tasarlanmış bir hasta odasıdır.

Kombine İzolasyon Odası: Hem kaynak hem de koruyucu izolasyon için kullanılan çift rejimli havalandırma sistemine sahip veya giriş antresi her iki amaca uygun (balon tipi/bubble type) olarak tasarlanmış odadır.

Temas ve Damlacık İzolasyonu: Hastanın enfekte olmasına rağmen bulaşmanın sadece hapsirme veya yakın temasla bulaşmasının söz konusu olduğu bulaşıcı hastalıklar için kullanılan, aerosol riski taşımayan ve hava akışı bakımından yön kontrolü gerektirmeyen odalardır.

Yüksek Riskli Bağışıklığa Sahip (İmmüsupresif)

Hastalar: Hava ve su kaynaklı mikroorganizmalar tarafından enfekte olma riski yüksek olan



hastalardır. Bu hastalar allojenik kök hücre nakli hastaları ve yoğun kemoterapi tedavisi gören fakat sadece bunlarla sınırlı olmayan hastalardır.

Bağışıklığı Zayıf Hastalar: İmmünolojik bozukluklar (örneğin, insanda immün yetmezlik virüsü [HIV] enfeksiyonu veya doğuştan bağışıklık yetersizliği sendromu), kronik rahatsızlıklar (örneğin diyabet, kanser, amfizem, kalp yetmezliği) veya bağışıklık sistemi terapisi (radyasyon, kemoterapi, antirejeksiyon ilaç veya steroidler) nedeniyle bağışıklık mekanizması kusurlu olan hastalardır (Bilgi için CDC 2003 Ek B'ye bakınız).

Besleme Havası: Bir temiz alana konfor şartlarının sağlanmasının yanı sıra canlı cansız partiküllerin seyreltilmesi amacıyla verilen toplam hava.

Taşma Havası: Enerji ve filtreleme maliyetlerini düşürmek amacıyla dışarı egzoz etmek yerine daha düşük sınıflı mahallerin temizlenmesi için taşırılan şartlandırılmış ve yüksek kaliteli hava.

ACH: Hava Değişim Sayısı, odaya verilen toplam besleme havası miktarının oda hacmine oranıdır.

Ortalama Hız: Bir hava dağıtım cihazından çıkan hacimsel hava miktarının cihazın nominal yüz alanına bölünmesi ile elde edilen akış hızı.

Dinlenme Zamanı: Hastanelerde kullanılan bir kontrollü odanın (ameliyathane, koruyu izolasyon odası, TPN hazırlama odası vb.) son kullanımdan sonra en düşük ve stabil partikül seviyesine ulaştığı süreç

3.HASTANE HAVALANDIRMA SİSTEMİ TASARIM VE UYGULAMA ESASLARI

3.1.TASARIM KRİTERLERİ

Hastanenin değişik bölgelerinde hijyenik nedenlerden dolayı farklı hava şartları gerekir. Bu nedenle iç hava kalitesi açısından hava akış yönlerinin yüksek şartlar gerektiren hastane odalarından daha düşük şartlar gerektiren odalara doğru olması emniyete alınmalıdır. Bu ancak doğru kurgulanan bir havalandırma sistemi ile mümkündür.

Kontrol edilemeyen hava sızıntıları odalar arasında istenen hava akımını bozabilir ve hatta dış ortamdaki rüzgârın etkisiyle hava akımı ters dönebilir. Kontrol edilemeyen hava sızıntıları (kapılar, pencereler, servis pencereleri vb.) bu nedenle kabul edilebilir ölçülere indirgenmelidir. Farklı şartlardaki odalar

arasındaki ayırma yüzeyleri, tavan arası geçişler ve dış duvarlar tamamen sızdırmaz olmalıdır.

I. sınıf odalara pencere yapılması gerekiyorsa, pencereler hava sızdırmamalıdır. Pratikte, özellikle dışa bakan, güneş ışınları ve rüzgâr etkisi altındaki odalarda sızdırmazlığın tam olarak sağlanamadığı görülmüştür. Bu nedenle yüksek veya çok yüksek şartlar gerektiren oda ve oda gruplarının binanın iç kısımlarına yapılması tavsiye edilir. İç kısımdaki odalarda da gün ışığına ulaşmak mümkündür. Örneğin ameliyat odaları dış duvardan her iki tarafı pencere ile ayrılabilir.

Yüksek hava kalitesi şartları gerektiren odaların, daha düşük şartlar gerektiren odalara karşı hava kilidi (air lock) ile ayrılması gerekir. Hava kilidi, korunacak bölgeden diğer bölgelere birden fazla giriş, çıkış ve korunacak bölgede açılabilir pencere gibi açıklıkların olması durumunda hava akışını emniyete almak için kural olarak gereklidir. Yukarıda yazılı olumsuzluklara mani olmak ancak yapısal olarak gerekli önlemleri almak ile mümkündür. [2]

Hava tekniği açısından hava kilidi fonksiyonu, giriş ve çıkış kapılarının aynı anda açılmamasının sağlanması durumunda emniyete alınmış kabul edilir. Açılma sırasında düşük hava geçiş oranı dikkate alındığında sürgülü kapılar en uygundur. Bu şartlar yerine getirilmeden sadece havalandırma tesisatı yardımı ile hava akışını emniyete almak mümkün değildir.

Sterilizasyon, yatak hazırlama ve çamaşırhanelerde temiz ve kirli bölümlerdeki havanın karışmaması için gerekli yapısal önlemler alınmalıdır.

Hastanelerde uygulanan bazı prosedürler sonucunda ortaya çıkan gazlar (cerrahi operasyon sırasında koter ve anestezi gazlarının kullanımı, doğumhanelerde dışkı ve kısmen enfekte olmuş kokulu plasenta boşalması, fournier gangren irin boşalmaları, yoğun bakımlarda bilinci kapalı hastaların dışkı kokuları vb. iç hava kalitesini bozucu faktörler mahallerin havalandırma tasarımı aşamasında göz önüne alınmalıdır.

Hepa filtreler ince gazları, kokuları ve taşıt egzoz emisyonlarını filtreleyemez. Özellikle taşıt egzoz emisyonları tüp bebek ünitelerinin iç hava kalitesini bozan ve uygulama başarısını etkileyen en önemli etkidir. Bu tür ünitelerin araç trafiğinden uzak merkezlerde kurulmaması durumunda klima santrali filtre kademeleri mutlaka aktif karbon filtre ile desteklenmeli veya resirkülasyon üniteleri ile ek önlemler alınmalıdır. Bu tür alanlarda

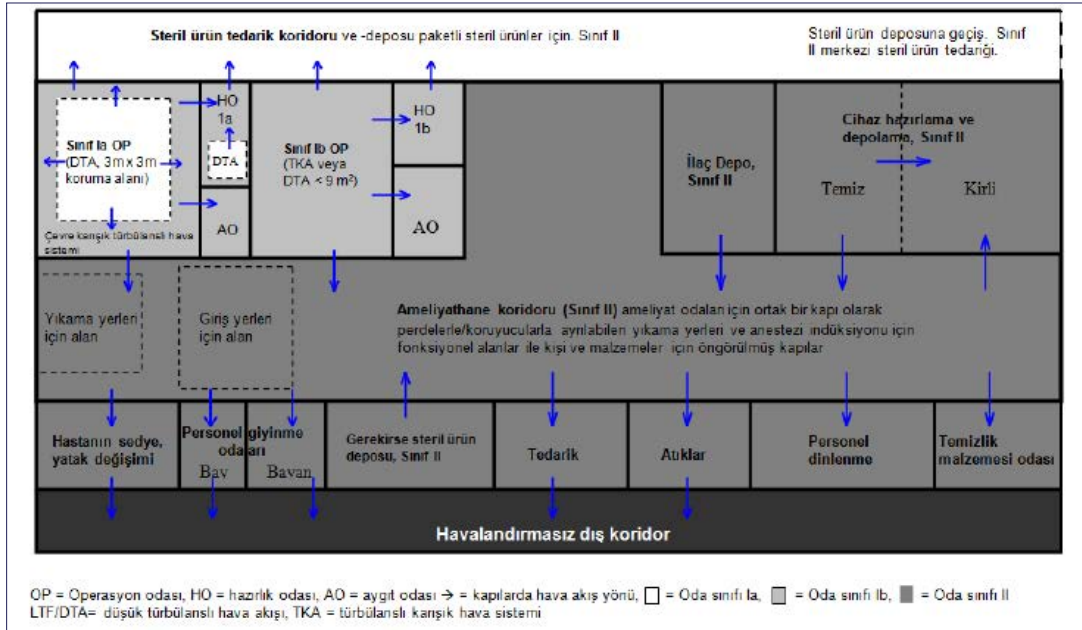


Ülkemizde uygulananın aksine %100 taze hava kullanımına hiç gerek yoktur. Ayrıca %100 taze hava kullanımının aktif karbon filtreli resirkülasyon ünitelerinin etkinliğini azaltacağı unutulmamalıdır.

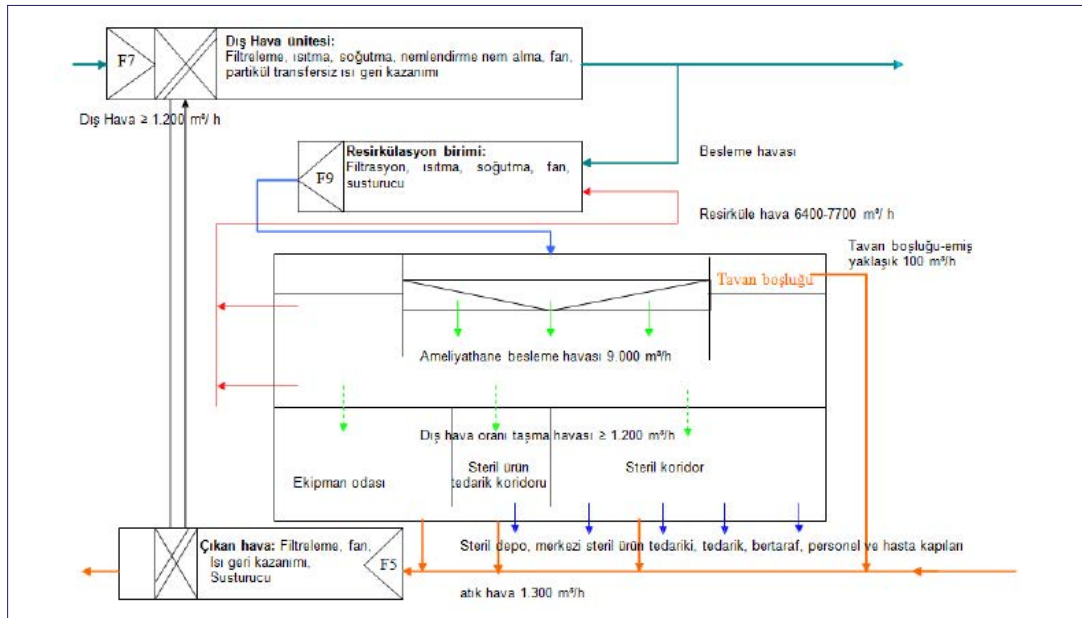
Bir ameliyathane mahal yerleşim planı ve oda sınıfları ilişkisi Şekil 1'de gösterilmiştir. Operasyon odasına giriş lock'u uygulanması durumunda steril koridorların Sınıf II olarak kurulması enerji maliyetlerini düşürücü bir önlem olarak ön plana çıkmaktadır.

Şekil 2'de Sınıf 1a bir operasyon odasının havalandırma tesisatı prensip şeması gösterilmektedir. Yüksek hava kalitesi sağlayan 1a sınıfı sistemlerin standartlara uygun olarak kurulması bilgi, deneyim ve hassas kontrol teknolojisi gerektirmektedir.

Hastanelerde bulunan yüksek nitelikli kurulum gerektiren ameliyathane, izolasyon odaları ve yoğun bakım alanları ile ilgili havalandırma sistemi tasarım kriterleri Tablo 1, Tablo 2 ve Tablo 3'te gösterilmiştir.



Şekil 1. 1a ve 1b sınıfı operasyon odalarına sahip bir ameliyathane yerleşim prensip çizimi [3]



Şekil 2. Düşük türbülanslı doğrusal akışlı besleme havası tavanı için sistem prensip şeması (oda sınıfı Ia) [3]

Tablo 1. Ameliyat alanlarının havalandırma ve iklimlendirme tasarım kriterleri [3]

Fonksiyon alanı Oda sınıfı	Oda sınıfı I Ameliyathaneler Enfeksiyon önleyici görev ile		Oda sınıfı II yan oda Primer iklim fizyolojik görevi, hava bakterisi azalma etkisi mevcut
	Oda sınıfı Ib ameliyathanesi havadaki bakterilerin azaltımı için yüksek gereksinimler	Oda sınıfı Ia ameliyathanesi [4] havadaki bakteri azaltımı için çok yüksek gereksinimler	
Hava bakterilerine olan etki	Seyreltme ile bakteri eliminasyonu	Seyreltme ile bakteri eliminasyonu	Seyreltme ile bakteri azaltımı
Besleme havası	Türbülanslı kaşık akış	Düşük türbülanslı hava akışı (LTF/DTA)	Türbülanslı hava akımı, oda sınıf I den taşma havası ile hava beslemesi mümkün
Besleme havasının odaya girişi (besleme hava sistemi)	Tavan çıkışları H13 filtreleri ile: - küçük bir düşük türbülanslı hava akışlı besleme havası tavanı (en azından 1.8 x 2.4 m < 9 m ²) ya da - swirl difüzörler ile	Düşük türbülanslı akış besleme havası tavanı (lamine edici ve engelleyici bariyer ile) koruma alanı yaklaşık 3.0 m x 3.0 m, yerel sıcaklık ve hava hızı sabitliği (Hava üfleme hızı yaklaşık 0,25 m/s)	Tavan hava çıkışı - Swirl difüzörler ile
Hava filtresi kademeleri	1. Filtre kademesi G4+F7 2. Filtre kademesi F9 3. Filtre kademesi H13	1. Filtre kademesi G4+F7 2. Filtre kademesi F9 3. Filtre kademesi H13	1. Filtre kademesi G4+F7 2. Filtre kademesi F9 3. Filtre kademesi H13 * Sınıf I air lock kullanımında hepa filtre kullanılmayabilir.
Oda iklimi, temel ayarlama,	19-26 °C arası ayarlanabilir, Havadaki nem için herhangi bir gereklilik yok. (talep edilmediği) < 0,5 m/s (oda içi hava hızı),	19-26 °C arası ayarlanabilir, ayarlanmış hava sıcaklığının tüm yıl boyunca sağlanması (besleme havası sıcaklığı oda havası sıcaklığından daha düşük, besleme havası en az 0,5 °C daha düşük olmalıdır), Havadaki nem için herhangi bir gereklilik yok. (talep edilmediği) < 0,5 m/s (oda içi hava hızı),	22-26 °C arası, 30- 65 % arası RH. bazen < 30%, < 0,5 m/s (oda içi hava hızı),
Hava değişimi için karakteristik değerler	100:1 dinlenme süresi ≤ 25 dk. (≥ 15-20 kez/h) ve	Türbülans seviyesi ≤% 20 (köşelerde ≤% 30) ve 0,25 m/s çalışma yüksekliğinde hava hızı ±20% veya Koruma derecesi ≥ 4 ameliyat ışıkları hariç veya Koruma derecesi ≥ 2 ameliyat ışıkları ile	- Sınıf 1a ile bağlantılı kondorlar taşma havası dahil ≥15° kez/h, - Sınıf 1b ile bağlantılı alanlar taşma havası dahil ≥ 12° kez/h - eski kurulumlar ≥ 4-6 kez/h
Besleme hava akış hacmi	≥ 2.400 m ³ /h toplam, ≥ 1.200 m ³ /h dış hava	≥ 8.000 m ³ /h toplam, ≥ 1.200 m ³ /h dış hava	* Sınıf I air lock kullanımında ACH düşürülebilir.
Hava emisyonları	2/3 tabana ve 1/3 tavana yakın hava emisyonları (lif tutucu ile) ve Çevre alana taşma havası (dış hava oranı tamamen taşınabilir)		zemin seviyesindeki hava emisyonları ile

Fonksiyon alanı Oda sınıfı	Oda sınıfı I Ameliyathaneler Enfeksiyon önleyici görev ile		Oda sınıfı II yan hacimler Primer iklim fizyolojik görevi, hava bakterisi azalma etkisi mevcut
	Oda sınıfı Ib ameliyathanesi havadaki bakterilerin azaltımı için yüksek gereksinimler	Oda sınıfı Ia ameliyathanesi havadaki bakteri azaltımı için çok yüksek gereksinimler	
Hava akış yönü	Oda sınıfı Ib alanlardan Oda sınıfı II alanlara doğru bir basınç kademesi gerçekleştirilmelidir.	Korunan alanda, en az çalışma düzeyine kadar görsel düşük türbülanslı akış, korunan alana çevreden görsel bir giriş yok, İlk hava Oda sınıfı Ib-çevre alanına akar, Ameliyat odası, oda sınıfı II ameliyathane yan odalarına karşı hafif pozitif basınç altında	Oda sınıfı II hacimlerden havalandırma ile beslenmeyen alanlara
Taşma havası	Minimum 3.500 m ³ /h hava ile beslenen OP odalarından bağlantılı sınıf II yan hacimlere (steril koridor dahil).		yok
Ses basıncı seviyesi	≤ Odanın ortasında 48 dB(A)		-
Dönüş havası kullanımı	evet	evet	hayır
Hava temizliği	"Yüksek"	"Çok yüksek"	"Orta"
çalışma yüksekliğinde oda partikülleri (dinlenme durumunda)	(odanın ortası veya kenarında, küçük LTF/DTA ünitesi varsa temiz hava akımı dışında dinlenme zamanı ölçümünde nihai değer ≤ 3.520 Partikül/m ³ >= 0,5 µm)	≤ 3.520 Partikül/m ³ >= 0,5 µm (Koruma alanı dışında) (Partikül ölçümü talep halinde bilgi amacıyla yapılır)	OP. salonuna doğrudan açılan alanlar ≤ 352.000 Partikül/m ³ >= 0,5 µm OP. salonuna doğrudan açılmayan alanlar ≤ 3.520.000 Partikül/m ³ >= 0,5 µm
Hava bakteri sayısı Kullanım durumunda:	< 100 KBE/m ³ <5 KBE/(50cm ² × h) (DIN önerisi)	< 10 KBE/m ³ <1 KBE/(50cm ² × h) (DIN önerisi)	Gereksinimler yok

Tablo 2. İzolasyon odalarının havalandırma ve iklimlendirme tasarım kriterleri

Tasarım kriterleri	Kaynak izolasyonu Havadaki enfeksiyöz bakterilerden çevrenin korunması	Koruyucu izolasyon Havadaki mikroplardan hastayı koruma	Kombine izolasyon Hasta ve çevrenin korunması
Hava bakterilerine olan etki	İzolasyon odasından gelen havadaki bakterilerin çevreye yayılmasını önleme	Dışarıdan bakteri girişinin önlenmesi ve aşırı seyreltme ile bakteri eliminasyonu veya baskılanması	İzolasyon odasında seyreltme ile bakteri azalımı, havadaki enfeksiyöz bakterilerden çevrenin ve hastanın korunması
Besleme havası	Türbülanslı kaşık akış, odanın eşit havalandırılması	Türbülanslı kaşık veya düşük türbülanslı hava akışı, Odanın eşit havalandırılması	Türbülanslı kaşık akış Odanın eşit havalandırılması
İzolasyon odasında besleme havası çıkış türü	Tavan hava çıkışı - Swirl difüzör çıkışı	Tavan hava çıkışı - Swirl difüzör çıkışı veya düşük türbülanslı besleme hava tavanı yaklaşık 0,6 m x 2 m	Tavan hava çıkışı - Swirl difüzör çıkışı
Hava filtresi kademeleri	1. Filtre kademesi G4+F7 2. Filtre kademesi F9 (Oda sınıfı II) Geri dönüş havası kullanıldığı durumlarda ¹ hava emişinde H13 Filtre kademesi	1. Filtre kademesi G4+F7 2. Filtre kademesi F9 ve 3. Filtre kademesi ² H13 (Oda sınıfı Ib)	1. Filtre kademesi G4+F7 2. Filtre kademesi F9 Özel durumlarda Filtre kademesi H13 besleme havasında ve/veya hava emişinde
Oda iklimi, temel ayarlama	22-26 °C arası, 30-60 % arası,		
Dış hava miktarı Hava değişimi	100 m ³ /(h hasta) ≥ 12 kez/h / (Koruma amacına göre hava değişim sayısı yükseltilebilir.)		
Hava emişleri	Zemin seviyesinde	Emiş tabana ve tavana yakın (lif tutucu ile) ve ön alan/kapı da hava transfer menfezi	Emiş zemin, besleme havası tavan seviyesinde

1 Çoklu ilaca dirençli tüberküloz hastaları, suçiçeği olan hastalar (geri dönüş havası kullanıldığında hepa filtre)

2 Bağışıklığı zayıf olan hastalar, yanığı olan hastalar, Kemik iliği- ve Organ transplantasyon (hava yoluyla bulaşan mantar üreme hücreleri riski)

Tasarım kriterleri	Kaynak izolasyonu Havadaki enfeksiyöz bakterilerden çevrenin korunması	Koruyucu izolasyon Havadaki mikroplardan hastayı koruma	Kombine izolasyon: Hasta ve çevrenin korunması
Taşma havası	Ön alan hava kilidi olarak aktif	Ön alan hava kilidi olarak pasif veya aktif	Ön alan hava kilidi olarak 2 taraflı aktif
Hava akış yönü	Bitişik alandan air lock'a ve buradan izolasyon odasına, her biri ≥ 6 Pa	İzolasyon odasından air lock'a ve air lock'tan bitişik alana, her biri ≥ 6 Pa *aynı sınıf hava kilidi ve/veya koridor ile kullanım*	Air lock'tan İzolasyon odasına ve bitişik alana (Hava kilidi her biri ≥ 6 Pa olarak) *aynı sınıf hava kilidi ile kullanım*
Hava temizliği çalışma yüksekliğinde oda partikülleri dinlenme durumunda	Oda sınıfı II, ≤ 3.520.000 Partikül/m ³ >= 0,5 µm.	Oda sınıfı I 1:100 dinlenme süresi ≤ 25 dakika Nihai değer ≤ 3.520 Partikül/m ³ >= 0,5 µm	Negatif basınçta (Oda sınıfı II); ≤ 3.520.000 Partikül/m ³ >= 0,5 µm. pozitif basınçta (Oda sınıfı I) 1:100 dinlenme süresi ≤ 25 dakika Nihai değer ≤ 3.520 Partikül/m ³ >= 0,5 µm

Tasarım kriterleri	Temas ve Damlacık izolasyon odaları Havadaki enfeksiyöz bakterilerden çevrenin korunması		
Taşma havası	Hava kilidi gerekmez	Besleme havası	Fizyolojik nedenlerden dolayı gerekirse; Türbülanslı kaşık akış (TKA), odanın eşit havalandırılması
Hava akış yönü	Yön kontrolü aranmaz	İzolasyon odasında besleme havası çıkış türü	Tavan hava çıkışı - Swirl difüzör çıkışı
Hava temizliği çalışma yüksekliğinde oda partikülleri (Dinlenme durumunda)	Gereksinim ve kriter yok	Hava filtresi kademeleri	1. Filtre kademesi G4+F7 2. Filtre kademesi F9 *eğer bulunduğu kanal sisteminin diğer zonlarında varsa H13 filtre kullanımı*

Tablo 3. Yoğun bakım odalarının havalandırma ve iklimlendirme tasarım kriterleri

Tasarım kriterleri	2. Basamak yoğun bakım odaları Sadece fizyolojik gereksinimler	3. Basamak ve özel amaçlı yoğun bakım odaları ¹ Havadaki mikroplardan hastayı orta düzeyde koruma	Steril bakım için özel amaçla kurulmuş üniteler ² Havadaki mikroplardan hastayı yüksek düzeyde koruma
Hava bakterilerine olan etki	Seyreltme ile düşük düzeyde bakteri azalımı	Seyreltme ile orta düzeyde bakteri azalımı	Seyreltme ile etkin bakteri azalımı
Besleme havası	Türbülanslı kanışık akış, odanın eşit havalandırılması	Türbülanslı kanışık hava akışı, odanın eşit havalandırılması	Türbülanslı kanışık veya düşük türbülanslı hava akışı, odanın eşit havalandırılması
Besleme havası çıkış türü	Tavan hava çıkışı - Difüzör çıkışı	Tavan hava çıkışı - Swirl difüzör çıkışı	Tavan hava çıkışı - Swirl difüzör çıkışı veya düşük türbülanslı besleme hava tavanı yaklaşık 0,6 m x 2 m
Hava filtresi kademeleri	1. Filtre kademesi G4+F7 2. Filtre kademesi F9 (oda sınıfı yok)	1. Filtre kademesi G4+F7 2. Filtre kademesi F9 ve 3. Filtre kademesi H13 (oda sınıfı II) [6]	1. Filtre kademesi G4+F7 2. Filtre kademesi F9 3. Filtre kademesi H13 (oda sınıfı I) aynı sınıf hava kilidi ve/veya kondor ile kullanılm
Oda iklimi, temel ayarlama	22-26 °C arası, 30-60 % arası,		
Dış hava miktarı	100 m ³ /(h hasta) (dış hava tayininde koku oluşumları göz önüne alınmalıdır.)	100 m ³ /(h hasta) (dış hava tayininde koku oluşumları göz önüne alınmalıdır.)	100 m ³ /(h hasta) (dış hava tayininde koku oluşumları göz önüne alınmalıdır.)
Hava değişimi	Fizyolojik gereksinimlere göre	≥ 6 kez/h (fizyolojik gereksinimlere göre gerekirse daha yüksek)	12-25 kez/h
Hava emişleri	Tavan seviyesinde	Emiş tabana veya tavana yakın	Emiş tabana yakın, besleme havası tavan seviyesinde

1 3. basamak sınıfına girmesi halinde; Dâhiliye, Genel Cerrahi, KVC, Yeni Doğan ve benzeri yoğun bakım üniteleri

2 Immünyüpresyonlu hastalar, Yanık üniteleri, Kemik iliği, Organ Nakli ve TPN hazırlama ünitelerinin bulunduğu özel amaçla kurulmuş alanlar (hava yoluyla bulaşan mantar üreme hücreleri riski)

Tasarım kriterleri	2. Basamak yoğun bakım odaları Sadece fizyolojik gereksinimler	3. Basamak ve özel amaçlı yoğun bakım odaları ¹ Havadaki mikroplardan hastayı orta düzeyde koruma	Steril bakım için özel amaçla kurulmuş üniteler ² Havadaki mikroplardan hastayı yüksek düzeyde koruma
Taşma havası	--	Ön alan pasif	Ön alan pasif
Hava akış yönü	Yön kontrolü aranmaz	Yoğun bakım ünitesinden ön koridora, Her biri ≥ 5 Pa	Steril bakım ünitesinden ön koridora, Her biri ≥ 6 Pa (aynı sınıf hava kilidi ve/veya koridor ile kullanılm)
Hava temizliği Çalışma yüksekliğinde oda partikülleri (dinlenme durumunda) (kullanım durumunda)	Kriter yok	Oda havası (Oda sınıfı II) (dinlenmede) ≤ 3.520.000 Partikül/m ³ >= 0,5 µm Oda havası (Oda sınıfı II) (kullanım durumunda) kriter yok	Kabul testlerinde ve/veya hasta yok ise, (Oda sınıfı Ib) 1:100 dinlenme süresi ≤ 25 dakika Nihai değer ≤ 3.520 Partikül/m ³ >= 0,5 µm Oda da hasta var ise, (Oda sınıfı Ib) ≤ 352.000 Partikül/m ³ >= 0,5 µm

3.2.HİJYENİK AÇIDAN ASGARI KURULUM GEREKSİNİMLERİ

a.Steril alan havalandırma sistemlerinde hava miktarı ve hava akış yönleri filtrelerin kirlilik durumuna bağlı olarak değişkenlik göstermemelidir. Bunun için sağlıklı çalışacak bir otomasyon sistemi projelendirilmeli, filtre kirliliği için projede yeterli miktarda basınç kapasitesi öngörülmelidir.

b.Terminal hepa filtrelerden hava geçiş hızı (alın hızı) 0,45 m/s veya başlangıç basıncı max. 150 Pa değerinin altında olmalıdır. (Tavsiye edilen 90-120 Pa)

c.Resirküle dönüş fan ünitesine sahip düşük türbülanslı Sınıf 1a sistemlerinde hepa filtrelerde düşük başlangıç basıncı sağlanmalıdır (yaklaşık 60 - 70 pa).

d.Kontrollü alanlarda standardın müsaade ettiği kaçak

hava miktarının 3 katı hava (~100m³/h) steril alan asma tavanı arasından emilerek tavan arası negatif basınca alınmalıdır. Oda kapısı açık vaziyette iken bile tavan arası odaya göre negatif basınçta olmalıdır.

e. Mahaller arası çapraz kontaminasyon oluşmaması ve oda basınçlarının muhafaza edilebilmesi için asma tavan arasında kalan mahal bölmeleri mutlaka ışık ve hava sızdırmaz şekilde kapatılmalıdır. (Her türlü tesisat (elektrik, hava ve tıbbi gaz) geçişleri özel önlemler alınarak sızdırmaz olarak gerçekleştirilecektir.)

f. Müdahale gerektiren kanal ekipmanına ulaşmak amacıyla asma tavan da sızdırmaz contalı kontrol kapakları tesis edilmelidir.

g. Asma tavan sızdırmazlığı tam olarak sağlanmalıdır (aydınlatma armatürü, ses kabinleri vb. ekipmanın sızdırmazlığı sağlanacaktır. IP64.)

h. Koruyucu ortamlarda kullanılan tüm oda kapıları kendi kendine kapanacak teçhizata sahip olmalıdır.

i. Ameliyathane, yoğun bakım ve diğer kontrollü alanlarda açılır pencerelere izin verilmez. Sabit pencereler kullanılması durumunda cephe rüzgârı ve basıncı ile ortama infiltrasyon yolu ile sızacak partiküller için önlem alınmalıdır (çift pencere uygulaması gibi).

j. Hastane dış duvarlarına giydirme cephe cam uygulanması durumunda rüzgâr ve cephe basıncı sebebiyle kontrollü alanlarda istenmeyen hava akımlarının oluşmaması için sızdırmazlık tedbirleri alınmalıdır.

k. Hepa filtre yuvaları, düşük türbülanslı akış üniteleri (LTF/DTA) ve aydınlatma armatürleri montaj sonrasında asma tavan ile sızdırmaz bir şekilde sonlandırılmalıdır.

l. Sızdırmazlığı poliüretan reçine veya silikon, mastik gibi sızdırmazlık elemanları ile sağlanmış hepa filtre yuvalarında zamanla poliüretan reçine ve silikon çatlaması gibi sebeplerle sızıntı olduğundan dolayı bu tür sızdırmazlık materyali kullanılan hepa filtre yuvaları kullanılmamalıdır.

m. Hepa filtre contaları hepa filtre yuvasının yapısına uygun olmalıdır. (Örn. test grove sistemine sahip filtre yuvası için EPDM contalı hepa filtre kullanılmalıdır)

n. Uydu lamba elektrik aksamaları düşük türbülanslı akış ünitesinin içindeki özel bölgeye yerleştirilmelidir. Uydu lamba çanak aksamı düşük türbülanslı akışlı ameliyathanelerde kullanılmamalıdır.

3.3.3.3.1. TAZE HAVA GİRİŞİ VE HAVA KANALLARI

3.3.1. TAZE HAVA GİRİŞİ

Taze havalı bir havalandırma tesisatında, saptanan gereksinimlere ek olarak entegre edilmiş (örneğin tel kafesli dış hava panjuru) bir koruyucu donanım tasarlanmalıdır. Dış hava panjuru kesiti aşırı basınç kaybına yol açmayacak büyüklükte hesaplanmalıdır.

HVAC sistemleri planlanırken, taze hava emişlerinin dışarıdan en az kirli havayı emebilecek biçimde olması sağlanmalıdır. Bu sebeple taze hava emiş açıklıklarının alt kenarı zeminden en az 3 m yukarıda bulunmalıdır.

Taze hava emiş menfezi yeri seçiminde ilave olarak aşağıdaki etkiler dikkate alınmalıdır:

- Meteorolojik koşullar (örneğin sıklıkla ortaya çıkan güçlü rüzgârlar)
- Duman gazı baca çıkışları, soğutma kulesi/tekrar-soğutma tesisleri;
- Koku kaynakları ve diğer hava kalitesini bozucu kaynaklar (örneğin amaçlı sıhhi havalandırmalar)
- Mevcut veya yapımı planlanmış komşu binalar (yüksek binalar, bakınız belediye imar planı)
- Trafik yada araç parklarına, park alanlarına, dağıtım alanlarına helikopter iniş alanlarına yakınlık,
- Yüksek dış ısı yükleri (hava soğutuculu kondens ünitelerine yakınlık, yüksek ışınımlı alanlar)

3.3.2. HAVA KANALLARI

Hava kanalları kurulum anında mutlaka sızdırmazlık testine tabi tutulmalı ve sızdırmazlık gereksiniminin sağlandığı yapılan testler sonucu kanıtlanarak raporlandırılmalıdır.

$$f_{\max} = C_L \times P_{\text{test}} \times 0,65 \times 3,6$$

Sızdırmazlık sınıfına göre C_L değeri:

- A sınıfı için: 0,027
- B sınıfı için: 0,009
- C sınıfı için: 0,003
- D sınıfı için: 0,001

Müsaade edilen kaçak değeri; f_{\max} (m³/hm²)
Test basıncı; P_{test} (Pa)

Hava kanalı kaçak testinin 2 aşamalı olarak yapılması tavsiye edilir.

1. aşama; montaj başlangıcında ilk olarak yaklaşık 30-50 m²lik kanal montajı testten geçirilir.

2. aşama; elde edilen test sonucu ve tecrübeye

göre aralıklı testler ile kanal imalatına devam edilir. Kanalların sonradan iyileştirilmesi sağlıklı, ekonomik ve pratik bir işlem değildir. Hastanelerde hepa filtre kullanılan kanal zonları C sınıfı sızdırmazlığa sahip olmalıdır. Bu alanların yüksek nitelikli olmasından dolayı hepa filtre monte edilecek olan kanalların tamamı teste tabi tutulmalıdır. Test esnasında kanal sistemi tamamen kapalı duruma getirilir, üzerinde kaçak hava miktarını hesaplamaya yarayan orifis bulunan bir hava tedarik fanı ile kanala basınç verilir. Test esnasında son menfez çıkışları kapalıdır (hepa filtre yuvaları, düşük türbülanslı akış ünitesi (LTF/DTA) vb. takılı değildir.)

VAV-CAV, shut off damper ve kanal tipi ısıtıcı ünitelerinin gövde sızdırmazlık sınıfları, kanal sızdırmazlık sınıfı ile ilişkili olmakla beraber, hastanelerde genellikle C sınıfı hava kanallarında kullanılırsalar bile hareketli elemanlara sahip olmalarından ve imalat tekniklerinden dolayı kanal sızdırmazlık gereksinimlerinden daha düşük olabilir.

Örneğin; VAV ünitesi, CAV ünitesi ve Shut off damperlerin A sınıfı, kanal tipi ısıtıcıların B sınıfı sızdırmazlığa sahip olmalarına izin verilebilir. Bu tür ekipmanların müsaade edilen sızıntı değerleri TS EN 1751 standardına göre alan hesaplaması yapılarak belirlenir. Terminal hepa filtrelerin nihai bağlantılarında esnek (fleksible) kanal uzunluğu 1 m'yi geçmemelidir.

Hava kanallarının test gerekliliği ve sızdırmazlık sınıfı gereksinimi mekanik projesine mutlaka işlenmelidir.

Hastanelerde hava kanalı sızdırmazlık testleri TS EN 1507 Standardına uygun olarak gerçekleştirilir.

Hava kanallarında;

- Otopark, ofis alanları, hasta odaları ve genel tedavi alanları için kanal çalışma basıncına göre belirlenen sızdırmazlık sınıfında (A, B veya C sınıfı),
- Ameliyathane, yoğun bakım ve tüm hepa filtreli alanlar için kanal basıncına bakmaksızın C sınıfı sızdırmazlık sağlanarak test sonucu raporlandırılır.

3.4.HAVALANDIRMA SİSTEMİNİN KURULUM VE İŞLETME MASRAFLARINI AZALTMAYA YÖNELİK TEDBİRLER

Eğer ameliyat odası Sınıf Ib giriş alanına (hava kilidi/air lock) açılıyorsa ameliyathane yan odaları (ameliyathane steril koridoru, yıkama ve uygulama bölgeleri ile gerekirse giriş ve çıkış odaları, depo alanları, besleme ve bertaraf

alanları ve personel alanları) oda sınıfı II olarak (G4+F7) ve F9 filtreleri ile döşenebilir.

Ameliyat odası çıkışında sınıf Ib giriş alanı (hava kilidi) mevcut değilse steril koridor sınıf I gerekliliklerini sağlamalıdır. Bu durumda (G4+F7) ve F9 filtrelerine ilaveten H13 filtreleri döşenecektir. En az 3.500 m³/h besleme havası yeterliliğine sahip olan ameliyat odalarından ön veya yan odalara taşma yoluyla temiz hava sağlanabilir. Bu durumda yan mahaller için ayrı besleme havası tedarik edilmesine gerek kalmayabilir ya da hepa filtre sayısı azaltılabilir. Taşma havası kirli bölgelerden egzoz edilir. Ameliyathaneye tedarik edilen toplam besleme havası toplam egzoz havasından her zaman daha büyük olmalıdır.

Ameliyathanelerin dış hava miktarı en az 1.200 m³/h (dönüş havası soğutulmayan resirküle sistemlerde gerekirse soğutma yükünün taşınması amacıyla daha büyük) olmalıdır.

Yeni kurulumlarda sınıf 1a odalarda hava resirkülasyonu zorunludur. Bu alanlardan mümkünse dış atmosfere egzoz yapılmamalı, oda üst seviyesinden taşma yolu ile yan odalara hava aktararak kirli bölgelerden egzoz yapılmalıdır.

Yeni kurulan sınıf 1b havalandırma sistemlerinde de %100 taze hava kullanımından kaçınılmalıdır. Zorunlu olarak %100 taze hava kullanılması durumunda mutlaka ısı geri kazanım ünitesi kullanılmalıdır.

Ameliyathanelerin dış hava miktarı en az 1200 m³/h (dönüş havası soğutulmayan resirküle sistemlerde gerekirse soğutma yükünün taşınması amacıyla daha büyük) olmalıdır.

Yeni kurulumlarda Sınıf 1a odalarda hava resirkülasyonu zorunludur. Bu alanlardan mümkünse dış atmosfere egzoz yapılmamalı, oda üst seviyesinden taşma yolu ile yan odalara hava aktararak kirli bölgelerden egzoz yapılmalıdır.

Yeni kurulan sınıf 1b havalandırma sistemlerinde de %100 taze hava kullanımından kaçınılmalıdır. Zorunlu olarak %100 taze hava kullanılması durumunda mutlaka ısı geri kazanım ünitesi kullanılmalıdır.

4. ODA SINIFI I İÇİN HAVALANDIRMA SİSTEMİNİN HİJYENİK KONTROLLERİ

4.1. TESLİM AŞAMASI TEST VE KONTROLLERİ [4]

	Yöntem	Gereksinim
Hijyen denetimi	Sistem kontrol şemaları ve basınç bakım planları, üreticinin fonksiyonel kontrolleri, HVAC ekipmanı ve oda havası sağlayan teknik alanların üreticisinin LTF/DTA için sıcaklık rejimini açıklayan teknik kabul belgesi	DIN 1946/4 standardı-gereksinimleri Tablo 1,2 ve 3 uyarınca
Kapılarda hava akış yönü (basınç koruma davranışı)	Sis testi veya duman testi ile	Temiz odadan kirli odaya
Filtre bütünlüğü ve conta sızdırmazlık testi	P.A.O. aerosol fotometre veya DPC-DEHS yöntemi ile	Penetrasyon değeri $\leq 0,01\%$
Oda sınıfı Ia		
Düşük türbülanslı besleme havası akış hızı tespiti (LTF/DTA)	Sis testi ile görsel akış (sis jeneratörü) ve hava çıkış hızı ve hız dağılımı ölçümü	Düşük türbülanslı düşey akış TD ≤ 15 (köşeler ≤ 25) ve $v = 0.25 \text{ m/s} \pm 20$
Çalışma yüksekliğinde Oda sınıfı Ia koşulları için düşük türbülanslı koruma alanı tespiti	Sis testi ile koruma alanında görsel akış ve korumasının tespiti (sis jeneratörü), türbülans derecesi ve hava akış hızı ölçümü	Standart boyut yaklaşık: Pozisyon analizi bilgisine göre $3 \times 3 \text{ m}^2$ veya daha küçük Düşük türbülanslı düşey akış TD ≤ 20 (köşeler ≤ 30)
Oda sınıfı Ib		
Hava miktarı ölçümü, hava değişim sayıları	Balometre ile doğrudan debi ölçümü (varsa küçük LTF/DTA altında hava çıkış hızı ve hız dağılımı ölçümü)	min. $2.400 \text{ m}^3/\text{h}$ ve $15-20 \text{ kez/h}$ varsa LTF/DTA altında TD ≤ 20 , ayrıca $v = 0.25 \text{ m/s} \pm 20$
Türbülanslı karışık akışlı veya küçük LTF/DTA üniteli ameliyat alanında dinlenme zamanının tespiti	DIN EN ISO 14644-3 (Recovery test) [5] uyarınca odanın ortasında partikül ölçümü (varsa LTF/DTA ünitesi dışında) Dinlenme durumunda odadaki havanın temiz durumu (nihai değer)	100:1 dinlenme süresi $\leq 25 \text{ dk.}$ $\leq 3.520 \text{ partikül/m}^3$ $\geq 0.5 \text{ mikron}$ için

4.2.PERİYODİK TEST VE KONTROLLER

Test parametreleri	Yöntem	Test aralığı
Kapılarda hava akış yönü (basınç koruma davranışı)	Sis testi veya duman testi ile	yıllık
Filtre bütünlüğü ve conta sızdırmazlık testi	P.A.O. aerosol fotometre veya DPC- DEHS yöntemi ile	yıllık (yaygın MDF kasalı hepa filtre kullanımı sebebiyle)
Mikrobiyolojik izleme	Hava bakteri sedimantasyon	Enfeksiyon komitesi / sorumlusu gerek görürse
Oda sınıfı Ia		
Düşük türbülanslı besleme havası akış hızı tespiti (LTF/DTA)	Sis testi ile görsel akış (sis jeneratörü) ve hava çıkış hızı ve hız dağılımı ölçümü	yıllık
Çalışma yüksekliğinde Oda sınıfı Ia koşulları için düşük türbülanslı koruma alanı tespiti	Sis testi ile koruma alanında görsel akış ve koruması (sis jeneratörü)	yıllık
Oda sınıfı Ib		
Hava miktarı ölçümü, hava değişim sayıları	Balometre ile doğrudan debi ölçümü (varsa küçük LTF altında hava çıkış hızı ve hız dağılımı ölçümü)	yıllık
Türbülanslı karışık akışta dinlenme süresinin tespiti	100:1 dinlenme süresi ≤ 25 dk. dinlenme zamanındaki nihai partikül seviyesi ≤ 3520 partikül/ m ³ ≥ 0.5 mikron	yıllık
Oda iklimi	Hava sıcaklık ve nem oranı ölçümü	günlük takip ve kayıt

Teslim aşaması ve periyodik test kontrolleri aynı zamanda performans testleri olarak adlandırılır. Performans testleri kurulum kontrollerinin, devreye alma ve çalışma testlerinin olumlu sonuçlanması koşulu ile gerçekleştirilir. HVAC sistemi performans testleri, ilgili standartlar kapsamında akredite edilmiş bir test ve muayene kuruluşu tarafından gerçekleştirilmelidir.

HVAC Performans testleri aşağıdaki temel testlerden oluşmalıdır.

- Besleme havası ve taze hava miktarı ölçümü
- DOP/ PAO (Filter Integrity Test) Sızdırmazlık testi,
- İçerik/Ortam sızıntı kontrolü,
- LTF/DTA (düşük türbülanslı doğrusal akış) ünitesi hava hızı ve hız dağılımının ölçümü,

- Düşük türbülanslı hava akışında görsel sis testlerinin gerçekleştirilmesi (sınıf 1a için),
- Düşük türbülanslı hava akışında türbülans derecesi ölçümü (sınıf 1a için),

Not: Bir koruma seviyesi tespiti zorunlu değildir, çünkü türbülans derecesinin ve hava akış hızının tespiti, akışın ve korumanın görsel tespiti enfeksiyon önleyici koruma etkisi koşulları için yeterlidir. [4]

- Hava değişim sayılarının hesaplanması, proje ve standartlara göre değerlendirilmesi,
- Hava akış yönlerinin tespiti,
- Basınç farkı ölçümü,
- Ameliyathanelerde yeniden temizleme/dinlenme süresinin tespiti, diğer steril alanlarda partikül ölçümü

5.TÜRKİYE'DE GÖRÜNÜM

Ülkemizde son 8 yıl içerisinde hastane temiz alanlarının hava kalitesinin artması konusunda kayda değer olumlu gelişmeler yaşanmıştır. Ancak özellikle test ve muayene hizmetlerinin halen yetkili ve mesleki yeterliliği olmayan kişilerce yapılabiliyor olması sektörün gelişmesini önlemekte, gelişmiş ülkeler seviyesine ulaşamamanın yanı sıra yüz milyonlarca dolarlık yatırım ve işletme maliyeti boşa gitmektedir. Doğrudan kayıpların yanı sıra hastane enfeksiyonlarından kaynaklanan uzayan tedaviler ve ilaç giderleri de ülkemiz ekonomisine bir o kadar dolaylı ilave maliyet yükü getirmektedir. Türkiye'de halen %100 taze havalı ve karışım havalı havalandırma sistemlerini birbirinden ayırt edemeyecek derecede mesleki yeterliliğe sahip olmayan, %100 taze havalı bir santralde besleme havası miktarını ve taze hava miktarını farklı değerlerde ölçtüğünü beyan edip raporlandırıan test ve muayene firmaları vardır. Çoğu zaman bünyesinde Makina Mühendisi dahi olmayan bu tür test ve muayene firmaları yüzlerce hastane havalandırması raporuna imza atmakta, sektöre ve insan sağlığına ciddi zararlar vermektedir.

5.1.ÜLKEMİZDE PROJELENDİRMEDE YAPILAN TEMEL HATALAR

Projelendirme de yapılan en temel hata yüksek miktarda taze hava kullanımıdır. Ülkemizde %100 taze hava kullanımı hiçbir gelişmiş ülkede olmadığı kadar yaygındır. Temiz alanlardan çok yüksek kaliteli şartlandırılmış, filtrelenmiş ve son derece pahalı hava doğrudan egzoz edilmekte dışarıdan binlerce kat kirlilikle şartlandırılmamış hava tedariki tercih edilmektedir. Bazı tasarımcılarımızın DIN 1946/4-2008 standardında çoğunluğu resirküle havadan oluşan miktarı büyük (yaklaşık 9.000 m³/h) ancak işletme maliyeti düşük olan besleme havası hacimlerine %100 taze hava ile yaklaşma çabası göstermektedir.

Son yıllarda enerji israfı ve çevreye karşı sorumsuzluğa örnek teşkil edecek nitelikte, operasyon odası başına 5.000 ila 9.000 m³/h arasında %100 taze havadan oluşan besleme havalı hastane projeleri ve uygulamaları artmıştır. Oysa bir operasyon salonunda kullanılması gereken minimum taze hava miktarı ABD'de ASRAE 170-2013 standardına göre saatte 4 kezdir (ortalama bir OP salonu boyutuna göre yaklaşık 400 m³/h).

Taze hava miktarı DIN 1946/4-2008 standardına göre 1.200 m³/h, Türkiye'de Sağlık Bakanlığı kriterlerine göre de 1.200 m³/h'dir.

Yüksek miktarda taze hava kullanımının sakıncaları;

Fazla taze hava kullanımının mikrobiyolojik eliminasyon açısından hiçbir ilave yararı olmamasının yanı sıra uygulamada rastlanan dolaylı zararları çok fazladır. Öncelikle taze hava miktarı enerji ve bakım maliyetlerini doğru orantılı olarak yükseltir. 1200 m³/h taze hava ile 6000 m³/h taze kullanımı arasında yaklaşık 4-5 kat enerji ve bakım maliyeti farkı vardır.

Uygulamadan bir örnek verecek olursak istanbul TEM otoyolu kenarında kurulan bir hastanenin tamamı sadece bir Operasyon odasına hava tedarik eden 5.000 m³/h %100 taze havalı hijyenik klima santralinin hassas filtrelerinin iki hafta içerisinde 1600 Pa kirlenme basıncına ulaştığı, besleme havası miktarının egzozu nazaran aşırı düşmesi sebebi ile Operasyon odası basıncının -50 Pa değerinin altında negatif basınca ulaştığını, buna benzer örneklerin ülkemiz genelinde sıklıkla yaşandığını söyleyebiliriz. Problemin bu kadar kısa sürede oluşmasındaki temel sebep filtre medyasının fiziksel tutuculuk özelliklerinin uygun olmamasıdır ancak maalesef ülkemizde bu tip standartlara uygun olmayan filtre kullanımı ucuz olması sebebi ile çok yaygındır. Ülkemizde yüksek filtre kirlenme dirençleri sebebi ile klima santralindeki hassas filtrelerin patladığı, tüm kanal sisteminin kontamine olduğu, bazı yerlerde ameliyat esnasında hepa filtrelerin kirlenme direnci ile patlayarak korunan odayı kontamine ettiği durumlar yaşanmaktadır. Eğer taze hava primer santral ile sağlanıp resirküle fanı veya santrali ile Operasyon odasına verilse fazla hava egzoz edilmek yerine taşma (overflow) yolu ile kirli bölgelerde de kullanıldıktan sonra egzoz edilse negatif basınç riski asla yaşanmayacak ayrıca işletme maliyeti önemli ölçüde düşürülecekti.

Ülkemizde projelendirmede dikkat çeken ikinci önemli hata izolasyon odası havalandırma sistemlerinin hastane gereksinimlerine uygun olarak tasarlanmamasıdır. Bunun başlıca sebebi kullanıcı olan hastane yönetiminin gereksinimleri tasarımcıya doğru iletememesinden kaynaklanmaktadır. Çoğu zaman izolasyon odasının niteliğine tasarımcı karar vermektedir. Oysa ülkemizde halen, koruyucu, kaynak, temas ve damlacık izolasyon

odası kavramları ile bunların giriş odalarında uygulanacak olan basınç ilişkileri hem mekanik tesisat hem de sağlık sektörü tarafından tam olarak anlaşılamamıştır. Bunun sonucunda hastanede gerçekten ihtiyacı olan tıbbi bakım ünitelerine uygun çözümler ön görülmezken, ihtiyacı olmayan tıbbi ünitelere yüksek nitelikli çözümler yapılarak ekonomik kayıplara yol açılmaktadır.

5.2.ÜLKEMİZDE UYGULAMADA YAPILAN TEMEL HATALAR

Ülkemizde son yıllarda hastane havalandırmasında kullanılan ekipmanların kalitesinde belirgin bir artış gözlenmekle beraber halen test ve muayenelerin standartlara uygun yapılamamasından dolayı standartlara uygun sızdırmazlık özelliği taşımayan hepa filtre yuvalarının, laminar flow ünitelerinin ve limit değerlerin üzerinde sızdıran kanal ekipmanlarının (V.A.V, kanal tipi elektrikli ısıtıcı, yangın damperi vb.) saha da Pazar payı bulabilmekte ve bu ekipmanların kullanımı kısmen azalsa da devam etmektedir. Ancak en temel uygulama hatası hava kanallarının standartlara uygun olarak test edilmeden imalat ve montajlarının tamamlanmasıdır.

Test edilmeyen uygunsuz hava kanalı kullanımının sakıncaları;

- Hava kanalı testleri yapılmamış uygunsuz bir sistemde otomasyona harcanan yatırım maliyeti gereksizdir çünkü otomasyon sağlıklı çalışmayacaktır. Ülkemizde yeni kurulan pek çok hastanede hava kanalı testleri yapılmamaktadır. Bazı uygulamalarda ise hiçbir sınıf tespiti için işe yaramayan duman görselleştirme testi yapılmakta veya test maliyetini düşürmek için saha da test ve muayene elemanı olmadan, kanal montajcısı tarafından sızdırmazlık cihazı çalıştırıp ölçüm manometrelerinin pozisyonu fotoğraflanmakta,

ehliyetsiz test firmaları fotoğrafa bakarak uygunluk raporu göndermektedir. Bu tür hastanelerde sonradan yapılan performans testlerinde havalandırma fanı maksimum frekans ve güçte çalışmasına, VAV ve CAV üniteleri tamamen açık konumda ve filtreler temiz olduğu halde proje değerleri sağlanamamaktadır. Bu sebeple filtre kirliliğine bağlı çalışacak olan frekans kontrolü başta olmak üzere tüm otomasyon ekipmanları hava miktarını ve oda basıncını dengeleme yeteneğini yitirmektedir.

- Pek çok hastanede klima santralinden projeye uygun hava miktarı geçmesine rağmen steril alanlara kayıplardan dolayı yeterli hava gelmediği için havalandırma fanı imkanlar ölçüsünde proje değerinin üzerinde çalışmaya zorlanmaktadır. Bu durum ciddi enerji kaybının yanı sıra serpantinlerin proje değerinin dışında çalışmasına, ülkemizde %100 taze hava kullanımı genel kural(!) olduğu için de özellikle yaz dönemlerinde sıcaklık ve nem kontrolünün asla yapılamamasına sebebiyet vermektedir. Bozulan iç hava kalitesi sebebi ile kritik operasyonlar yapan sağlık ekibinin yaz boyunca bitmek bilmeyen şikâyetleri karşısında hastane yönetimi ve teknik ekip tamamen çaresiz kalmakta veya ciddi ekonomik bedeller

karşılığında hava kanalı ve asma tavan sistemlerini tamamen yenilemek zorunda kalmaktadırlar.

Hastanelerin çoğu yenileme masraflarının yanı sıra hizmete ara vermektен kaynaklanan maliyetleri karşılayamadığı için olumsuz koşullarda operasyonlara devam etmektedir. Yüksek sıcaklık ve nem oranının ortamdaki mikrobiyolojik oluşumları artırdığı bilinen bir gerçek olduğuna göre hava kanalı sızdırmazlık testlerinin hastane enfeksiyonu açısından da önemli olduğu iyi idrak edilmelidir.

- Hava kanalı sızıntıları özellikle asma tavan arasında basınç oluşturmaktadır. Bu basınç steril alan ortam basıncını yendiği için tavan arasından, gaz ve elektrik



prizlerinden steril alana kirli hava sızmasına ve ortamda partikül artışına sebebiyet vermektedir. Bu sebeple standartlar tavan arası geçişlerin tam sızdırmaz olmasını, kanal montajı esnasında hava kanalı sızdırmazlık testlerinin yapılmasını ve yaklaşık 100 m³/h havanın tavan arasından emilerek negatif basınç sağlanmasını şart koşmuştur. [4]

■Ülkemizde faaliyet gösteren pek çok hava kanalı montaj ekibi için test ve muayene yeni bir kavramdır. Havalandırma sistemi her yönü ile tamamlanan bir sistemde sonradan test yapma imkânı çok zordur. Hava kanalı ekiplerinin çoğu testlerin uygulanmaması için ciddi direnç göstermekte, testleri sonuna kadar erteleyerek alışla geldiği gibi kanal testlerini hiç gerçekleştirilmeden geçici kabul yaptırmaya çalışmaktadır. Testler ile yeni tanışan ekipler genellikle olumlu sonuçlar alamamakta ve ekonomik kayba uğramamak için düzeltme faaliyeti yerine farklı çözümler üretmeye çalışmaktadırlar. Bunların başında testlerde hileye başvurmak (kanal sistemine gizli kapak yerleştirmek vb.) veya test ve muayene firmasına uygunsuz rapor verilmesi halinde ücret ödememe tehdidinde bulunmak veya baskı oluşturmak gelmektedir.

■Hepa filtreli alanlarda hava kanallarının tamamı, konfor alanlarındaki A sınıfı hava kanallarının ise %20 si test edilmelidir. %20 lik kanal imalatının her hangi bir bölümünde uygunsuzluk tespit edildiğinde hava kanallarının tamamı test edilir. Bu kural raporda açıkça belirtildiği halde bazen hiç iyileştirme yapılmayıp fotoğrafa bakarak uygunluk raporu yazacak başka bir test firması bulunmakta veya bazen de sadece %20 lik bölüm iyileştirilerek kalan %80 lik bölüm için test talep edilmemektedir. Bazı hastane inşaatlarında ise kontrolörler tarafından sadece ameliyathane hava kanalı testleri talep edilmektedir. Hiçbir test ve muayene kuruluşu, denetim ekibinin yükleniciyi zorunlu kılmaması durumunda sahada zorla test yapamaz. Bu sebeple hava kanalı sızdırmazlık testlerinde kontrol ve müşavir firma mühendislerine ciddi sorumluluk düşmektedir. Bu ekipler, sorumluluklarını eksiksiz yerine getirecek şekilde bilinçlendirilmeli ve konu hakkında eğitilmelidir.

SONUÇ

Hastane havalandırma sistemi proje ve tasarımı, uygulaması, devreye alınması, bakımı ve işletilmesi, uygunluk kontrolleri ile ilgili test ve muayene işlemleri ciddi bir bilgi birikimi ve tecrübe gerektirmektedir.

Ülkemizde bu konuda yapılan yatırımların tam anlamıyla karşılığının alınabilmesi, enerji, işletme ve bakım giderlerinin minimize edilebilmesi için bu konuda mekanik tesisat sektöründe görev yapan aktörlerin mesleki yeterliliğinin artırılması konusunda çaba harcanmalıdır. ■

KAYNAKLAR

- [1]Guidelines for Environmental Infection Control in Health-Care Facilities (CDC) 2003
[2]ANSI/ASHRAE/ASHE Standard 170-2013, Ventilation of Health Care Facilities
[3]Thüringer Landesamt für Lebensmittelsicherheit und Verbraucherschutz / DIN 1946/4 2008 Standardına göre Sağlık Kuruluşlarında Havalandırma Sistemleri ve Hijyen Denetimi (Temmuz 2010)
[4]DIN 1946-4, "Ventilation and air conditioning- Part 4: Ventilation in hospitals" 2008-07
[5]EN ISO 14644-2006 Temiz odalar ve ilgili temiz ortamlar, Bölüm 1: Hava temizlik sınıfları, Bölüm 3: Test yöntemleri
[6]VDI 2167, "Building services in hospitals, Heating, ventilation and air-conditioning" 2007-08

ÖZGEÇMİŞ

Ali BOYLU

1990 yılında İzmir'de Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği, Termodinamik ve Enerji bölümünü bitirdi. 1990-1993 yılları arasında Pnöso Pnömatik ve Soğutma Sanayi'nde Üretim Sorumlusu, 1993-1996 yılları arasında Ema Klima Ltd. firmasında Proje Geliştirme Müdürü olarak çalışmıştır. 1996 yılından bu yana Ameliyathane ve Steril Alan Havalandırma Sistemleri Test Hizmetleri konularında TÜRKAK Akreditasyonlu Test ve Muayene Kuruluşu olarak faaliyet gösteren EgeNisan Temiz Oda Hijyenik Havalandırma Sistemleri Test ve Doğrulama Hizmetleri Ltd. Şti. firmasında Genel Müdür olarak görev yapmaktadır.

Bu makale, 8-11 Nisan 2015 tarihleri arasında gerçekleştirilen 12. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi'nde yayınlanmıştır.