

# AMELİYATHANELERDE BASINÇ VE HAVA AKIŞI UYGULAMASI

**Celalittin KIRBAŞ**

## ÖZET

Bu çalışmada, tesisat mühendisliğinde önemli bir yeri olan temiz odalarda, odalar arası hava akışını sağlamak için gerekli akış basıncının kontrol edilmesi ve bu basınca etki eden faktörlerin irdelenmesi amaçlanmaktadır. Temiz oda örneği olarak rutin cerrahi operasyonlar kapsamındaki batın bölgesi müdahalelerinin yapıldığı aseptik özellikte türbülans akışlı bir ameliyathane ele alınarak, ameliyathane ile komşu bölümler arasında temiz -az kirli - kirli sıralamasına uygun hava akışının oluşturduğu akma basıncı; genel gaz kanunları ve benzer şekilde farklı basınç bölgesi oluşturmaya dayanan “Duman Kontrol Yöntemi Basınçlandırma” prensiplerinden faydalanılarak basit hesap yöntemleriyle açıklanmaya çalışılmıştır. Özellikle cihaz uygulamalarından sonra debi, basınç, toz, partikül ve mikroorganizmaların istenilen değerlerdeki test ve ölçümleri ile komşu alana arzu edilen hava sızmasının sadece teorik hesaplamalarla sağlanamayacağı, bu konuda göz ardı edilen, kapı, duvar, döşeme, pencere gibi yapı elemanları ile havalandırma kanalları, menfezler, damperler, mekanik ve medikal gaz tesisat boruları, elektrik boru ve armatürleri ile diğer cihaz bağlantıları gibi tesisat donanımlarının da dikkate alınması gerektiği vurgulanmıştır. Bu bileşenlerin montajları esnasında bırakılan döşeme/duvar birleşim yerlerindeki boşluklar ile sonradan oluşan çatlak ve yarıkların pozitif basınç oluşturulmasında ne derece önemli ve etkili oldukları örnekleriyle ortaya konulmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Ameliyathane, temiz oda, basınç farkı, pozitif basınç, kapı boşluğu, hava sızıntısı.

## ABSTRACT

The purpose of this study is to provide the air flow between clean rooms that is an important issue about systems engineering and to control pressure required and to research the factors affecting pressure.

As a example of clean room, a surgical operation room with aseptical turbulence air flow has been analysed.

Flow pressure between operation room and other rooms that are next to operation room has been examined regarding to clean, less dirty and dirty categories; general gas law and smoke control by pressurisation method has been used in calculation of flow pressure.

It has been seen that teorical studies of volume, pressure, dust, particule and microorganism tests are not sufficient and in addition to these teorical calculations, air pressure leaking out of cracks and spaces of structure components as door, wall, floor, window and air canals, dump body, mechanical medical and electrical pipes and other instruments has been analysed.

It has been shown in examples that these cracks and spaces occuring during assembly are affecting positive pressure.

**Key Words:** Operation room, clean room, pressure difference, positive pressure, door space, air leakage

## 1. GİRİŞ

Temiz odalardaki hijyen ve steril şartlara ilişkin, debi ve basınç ölçüleriyle, partikül testlerinde istenilen basınç değerinin sağlanmasında sıkıntılar yaşandığı, hatta; bazen tasarım değerlerine bile ulaşmanın güçlüğü dile getirilmektedir. Hâlbuki basınç bölgelerini oluşturmada, yalnızca doğru tasarım değerleri ile o değerlere uygun cihaz seçimi yeterli olmamakta, bu tür bölgelerdeki olumsuz basınç düşümünde önemli bir etkiye sahip yapı elemanları ile tesisat donanımlarının sebep olduğu hesapta olmayan hava kaçakları gözden kaçırılmaktadır.

Steril alan oluşturulmasında, çeşitli meslek grupları bilinçli veya farkında olmaksızın olayın çok önemli safhalarında yer almakta, ancak; sorunların çözümü yalnızca mekanik sistemle işletme şartlarında aranmaktadır. Halbuki, bir steril bölümün kurulması kadar, korunmasının da bir o kadar hayati derecede önemli olduğunun paydaş tüm meslek gruplarınınca bilinmesi gerekmektedir.

Bir steril hacimde mekanik tasarım, mimari tasarım, malzeme seçimi ve montaj usullerinin hepsi aynı derecede önem ve hassasiyete sahip, her biri birbirinin fonksiyonunu tamamlayan sistem unsurlarıdır. Ancak, uygulamada bu unsurların sadece kendi fonksiyonlarını yerine getiren: Örneğin; kapının girip çıktığı, elektrik priz ve anahtarlarının sadece aç kapat görevi gibi doğal fonksiyonlarıyla değerlendirilmeleri sonucunda, steril bölge koşullarına etkileri dikkate alınmadığından, ortaya çıkan sorunların çözümü de doğru yapılamamaktadır. Bunların gerek üretim safhasında, gerekse montaj yöntemlerinden kaynaklanan boşluklarının, pozitif basınç meydana getirmedeki etkisi ile mekanik tasarımın başarısına olan katkısını bilmeden doğru sonuca ulaşmak mümkün değildir.

Sorunun çözümünde, esas ihtiyaç kaynağı olarak hijyen ve steril şartların zorunluluğu, bunları sağlamaya yönelik uygun mühendislik ve mimari tasarımlar, malzeme seçimi, yapım ve işletme süreçleri ana etmenler olarak ortaya çıkmaktadır.

## 2. STERİL BÖLÜM VE GEREKÇELERİ

- Belirlenmiş değerlerin üzerinde toz, partikül ve mikroorganizma bulunmasını kısıtlamak.
- İstenmeyen mikroorganizma ve benzeri canlıların üremesine engel olmak.
- Enfeksiyon riskine karşı hasta ve operasyon ekibinin sağlık güvencesi ile operasyon başarısının devamının sağlanması.
- Operasyon cihaz ve donanımlarının depolanması, taşınması ve hazır bulundurulmasında gerekli hijyen ve steril koşulların oluşturulması.

## 3. YAPININ ÖNEMİ

- Öncelikle hastanelerin tasarım ve işletme süreçlerinde, herhangi bir yapı değil yaşayan bir mikroorganizma olduğunun kabul edilmesi.
- Hava, insan ve eşyaların, içeriden dışarıya, dışarıdan içeriye taşıyıcı rollerinde toplum sağlığı açısından hastanenin yeri ve öneminin bilinmesi.

## 4. STERİL HACİMDE TESİSAT MÜHENDİSLİĞİ

- Dezenfeksiyon ve steril amaçlı uygun arındırılmış havalı klima sistemini tasarlamak.
- Yapının bütününde genel olarak hijyen ve belli bölümlerde steril koşulların korunması.
- Uygun hava debisi ile ortam basıncını ve farklı basınç bölgelerini gerçekleştirmek.
- Termik konfor şartlarını tesis etmek.

-Oluşan kötü koku ve biriken anestetik gaz konsantrasyonunun azaltılması ve dışarı atılmasını sağlamak.

-Hastanenin mimari tasarım aşamasından itibaren mimari yerleşimin; hijyen koşullara, mekanik donanımın yapıya uyumunun sağlanmasında tüm paydaş mesleklerle ortak bir çalışma içerisinde bulunulması, temel görevlerdendir.

## 5. FARKLI BASINÇ BÖLGESİ

Temizlik sınıfı veya fonksiyon yönünden farklı bölümlerin iç hava kalitelerinin birbirlerine karşı korunması hava akışının yönlendirilmesi ile sağlanmaktadır

Klima sistemleri tasarlanırken üfleme / egzoz hava debilerinin uygun şekilde ayarlanması ile odalarda pozitif / negatif / nötr basınçlı bölgeler oluşturulur ve aradaki debi farkı önceden belirlenmiş menfez, kapı v.b yollarla tahliye edilir.

Basınçlı bölge bileşenlerini: Debi, hava akış yönü, sızdırma alanları ve akış basıncı oluşturur.

Ana prensip olarak, normal operasyon odası çalışma şartlarında tüm açıklıkların zorunlu haller dışında kapalı tutulmaları esas alınarak; kapı ve pencereler kapalı halde iken; kapı kasası-duvar birleşimi, kapı kanatları-kasa arasındaki alt, üst ve yan boşluklar ile kanatlar arası kapanma boşlukları ve benzer boşlukları kapsayan pencerelerin çevre boşluklarından sızmasına izin verilen hava yardımıyla istenen basınç farkı sağlanır.

Farklı basınç bölgelerini belirleme kriterleri olarak: Odalar arası hava akışı "hijyenik nedenlerden dolayı yalnız yüksek dereceli şartlar gerektiren mikroorganizmasız odalardan, normal şartlar gerektiren mikroorganizmasız odalara doğru olabilir" genel prensibinden hareketle; hava akış yönüne göre; temiz mahallerde pozitif (+), az kirli mahallerde nötr ( $\pm$ ), çok kirli mahallerde negatif (-) basınç bölgeleri oluşturulur. Ameliyathane örnekleme yapılsa; septik bir ameliyathanede nötr ( $\pm$ ) veya aşırı enfeksiyonel durumlar söz konusu ise negatif (-), aseptik ameliyathanelerde pozitif (+) basınç bölgeleri olması gerekir.

### 5.1 Pozitif Basınç Bölgesi Uygulaması

Tasarım sürecinde prensip olarak: Üfleme havasının belirlenen bir oranı egzoz havası olarak ayrılıp, geriye kalan havanın ameliyathanede meydana getirdiği iç basınç sayesinde, oda ile komşu hacim arasında arzu edilen basınç farkının oluşması için; bu havanın kapı aralıkları, pencere v.b olası açıklıklardan kontrollü olarak sızdırılması yöntemiyle iki bölüm arasında pozitif basınç meydana getirilir.

Pozitif basınçtaki amaç, basınçlandırılan bölüme komşu bölümden hava girişinin önlenmesi olarak özetlenebilir.

Standartlara uygun uygulama örnekleri, tecrübe ve kabullenme verilerine göre genellikle, toplam havanın %10-15'i oda havası, %85-90'ı egzoz havası olarak ayrılarak; örneğin; %10 oranı, uygulama dilinde %10 (+) pozitif basınçla çalışan ameliyathane olarak adlandırılır.

Buradaki, odada bırakılan %10-15 hava (Rezerv hava): "Ameliyathane ve komşu bölüm arasında müsaade edilen sızıntı alanlarından, iki bölüm arasında arzu edilen büyüklükteki basınç farkını gerçekleştirmeye yetecek miktarda hava debisi" anlamını ifade eder.

Sızıntı hali; akış yolu olarak kabul edilen yapı elemanlarının kapalı durumda iken kapanma boşluğu, yarık, çatlak v.b açıklıklarından komşu bölüme hava geçişi durumudur.

Ancak, ameliyathane uygulamalarından görüyoruz ki; doğrudan kabullenme verilerine dayanarak, basınç farkı için rezerv edilmiş %10-15 hava miktarının, “akış yolları dikkate alınmaksızın, basınç farkını oluşturacak yeterli sızıntı miktarını karşıladığı varsayılarak” sistem tasarımı yapılmakta ve tabii ki arzu edilen basınç değerine ulaşmak mümkün olmamaktadır.

Rutin operasyonlar için türbülanslı aseptik bir ameliyathane havalandırma debisi hesabında, DIN 1946 esasları doğrultusunda min. 1200 m<sup>3</sup>/h taze hava olmak üzere min. 2400 m<sup>3</sup>/h toplam hava debisine ihtiyaç bulunmaktadır. Bu ameliyathane %10 (+) pozitif basınçlı bölge yapılmak istenildiğinde: 2400 m<sup>3</sup> üfleme havasının 2160 m<sup>3</sup>'ü egzoz edilerek, “akış yolları alanı” hesap edilmeksizin içeride kalan 240 m<sup>3</sup> hava ile basınçlı bölge oluşturulduğu kabul edilmekte ve bu sonucun sağlandığı sanılmaktadır.

Hâlbuki örnek hesaplamalar sonucundan anlaşılacağı üzere, 240 m<sup>3</sup> havanın, akış yollarının belirli özellikleri taşıması durumunda yeterli olacağı görülecektir.

Her ne kadar %10-15 / 85-90 oranı, prensip olarak tasarım başlangıcı için uygun bir değer olmasına rağmen, hesaplama yöntemiyle doğrulandıktan sonra debi oranlarının belirlenmesi doğru olacaktır.

## 5.2 Basınç Değerleri

Tasarım sürecinde sadece teorik bilgilerle değil, ortam özelliği ve mimari yerleşimdeki komşu bölümlerin özellikleri dikkate alınarak, tecrübe veya örnek tablolarda belirtilen değerlerde basınç farkı seçimi yapılabilir.

Temiz oda basınç fark değerleri için min.10 Pa (US 209B, BS 5295), max.30 Pa (ISO 14644-1) değerlerine göre ortalama 15 Pa kabul değeri doğrudan <sup>[1]</sup> alınabileceği gibi, tablo.1değerleri de doğrudan kullanılabilir veya bölüm özelliği ile mimari yerleşim göz önüne alınarak uygun bir değer kabul edilebilir.

**Tablo 1.** Temiz Odalarda Statik Basınç Fazlalıkları <sup>[2]</sup>

Uygulama	Statik basınç farkı (Pa)
Genel	Çevresi ile oda arasında 12 Pa minimum basınç farkı
Temiz oda ile kirlenmemiş bölüm arası	Minimum 12 Pa basınç farkı
Kirlenmemiş bölüm ile az kirlenmiş bölüm arası	12 Pa basınç farkı
Az Kirlenmiş bölüm ile soyunma mahalleri arası	2,5 Pa basınç farkı

## 6. AKIŞ YOLLARI

Klima ve havalandırma sistemlerinde oda içerisinde tutularak, komşu bölümlerle arasında basınç farkı yaratması düşünülen havanın sızdığı yollar akış yolları olarak tanımlanır.

Bir ameliyathane steril klima sisteminde, taze hava alma ağzından itibaren; santral ve kanal sızdırmazlığı, kanal hesabında dengeli basınç dağılımı, doğru ve uygun kanal donanımının tesis edildiğini kabul edersek, basınçlı bölümdeki olası akış yollarını; kapılar ve kapanma açıklıkları, kapı kasası-duvar boşlukları, ameliyathane-hemşire ihzarat ilişkisini sağlayan servis penceresi, ameliyathane-kirli koridor ilişkili atık penceresi, duvar veya sıva çatlakları, menfezler, damperler, kanallar, mekanik, elektrik ve medikal gaz tesisatı; boru, priz ve armatürlerin döşeme/duvar birleşim ve geçiş yerleri ile sıva altı duvar ve döşemeyle doğrudan ilişkili boru, armatür ve diğer cihaz bağlantıları gibi tesisat donanımlarını söyleyebiliriz.

Bunlardan, duvar ve sıva çatlaklarının: Bir ameliyathanede hijyen prensipleri nedeniyle olmazsa olmaz koşul olan pürüzsüz, her türlü girinti ve çıkıntıdan uzak yapım esaslarına göre kabul edilmeleri zaten mümkün değildir.

Hava geçişi yoluyla toz v.b madde birikmesinin önlenmesi için asma tavan kaplaması, asma tavan boşluğu içerisindeki kanal, menfez, damper ve boruların duvar/döşeme birleşim ve geçiş yerleri, hem hijyen hem de montaj usulleri gereği zorunlu olarak sızdırmaz olmalıdırlar.

Bazı ameliyathane mimari tasarımlarında, ameliyathaneden kirli malzemeler ile ameliyat artıklarının boşaltıldığı kirli koridor bölümü yer alır. Ancak; pratikte bu temel fonksiyonun yanı sıra, hatta çoğunlukla bilinçsiz olarak temizlik malzemeleri veya benzeri işler için tamamen aykırı amaçlarla kullanılmaları nedeniyle, kirli koridorun kullanım amacı tamamen işletme anlayışına mahkum olmaktadır. Aynı zamanda iki bölüm hijyen koşulları gereği temizlik sınıfları açısından birbirlerine zıt değerler taşıdıklarından, hem hava akışının kontrol edilmesinin kolaylığı, hem de sistemdeki herhangi bir kesintide tersine hava akışının olumsuz sonuçlarını önlemek için bu bölüm pencereleri sızdırmaz olmak zorundadır.

Hemşire ihzarat bölümü (Ameliyat aletleri odası), o anda yapılan operasyon için gerekli steril koşuldaki alet ve malzemelerin bulundurulduğu ve ihtiyaca göre parçalar halinde servis edildiği, ameliyathane ile eş değerde yüksek yoğunlukta steril koşul gerektiren bir bölümdür.

Ameliyathaneye servis edilen alet ve malzemeler kullanılmaları, hatta hiç kullanılmadan açılmaları halinde bile kirli özellik taşırlar. Bu nedenle, bu ve benzer bölümler ameliyathaneye doğrudan açılan bir servis penceresi ile bağlantılı ise; ameliyathaneden bu bölüme hava akışı düşünülmesi sakıncalı olduğu kadar, operasyon güvenliği açısından da risklere neden olabileme ihtimali mevcuttur. Böylesi bir mimari yerleşimde, hava akış yönü ihzarat bölümünden ameliyathaneye doğru veya temizlik sınıfları açısından tereddüte yol açacak şüpheler varsa her iki bölümün birbirlerine göre nötr sayılacakları eşit basınçta tutulmaları daha doğru olacaktır.

Diğer yandan önemli bir husus; bazen farkında bile olunmayan duvar ve döşemelerdeki elektrik anahtar, priz ve duvarların etraflarında oluşan çatlak, yarık ve boşlukların gizli akış yolu olmalarıdır.

Armatürlerin bağlandıkları sıva altındaki kablo borularının, bu boruların yerleştirildikleri gelişigüzel açılmış kanalların; yuva ve çatlaklarla olan bağlantıları nedeniyle, binanın yatay ve düşey eksen boyunca kalitesi bilinmeyen havayı hastanenin her tarafına ulaştırma imkanına sahip kontrol dışı sızıntı yolları oluşturdukları bilinmelidir. Böylesi bir durum, hastanenin bütününe etkisi altına alabilecek olası risklere açık olduğundan, duvar ve döşeme üstü elektrik armatür montajları mutlaka akış yolu oluşturmaya imkan vermeyen duvar ile yüz yüze olacak şekilde yapılmalıdır.

Anlaşılabileceği üzere en önemli ve kontrol edilebilir uygun akış yolu, kapı sızdırma aralıklarıdır. Burada bahsedilen kapı boşlukları sadece mimari bir detay değil, basınçlı bölge oluşumuna doğrudan etkili unsurlardır.

Göz ardı edildikleri takdirde, çok iyi bir tasarım, hesaplama ve ideal bir montaj yapılmış olsa dahi hayal kırıklığına uğrama olasılığının bulunduğu bilinmelidir.

İlke olarak, akış yolunu oluşturacak yapı elemanlarının bilinmesi ve çok kısa süreli, sadece ihtiyaç halinde açık tutulmaları zorunludur. Örneğin: Hava akışı kapı aralığından olacaksak, kapı uzun süreli açık tutulmamalıdır. Kapıları ve diğer hava geçiş yerleri çok sık açılan hastane bölümlerinde hava perdesi oluşturulur.

Akış yolu değerlerinin hesaplanmasında: Projelendirmede tek kanatlı kapı için  $100 \text{ m}^3/\text{h}^{[1]}$ , kapı çevresinin her metresi için  $20 \text{ m}^3/\text{h}$  hava debisi alınır  $^{[2]}$  şeklinde doğrudan hava miktarını referans veren yaklaşık ortalama değerlerin yanı sıra, boşluk cinsinden “yanlarda ve iki kanat arasında en fazla 2 mm, üstte max. 3 mm, döşemede max. 4 mm olmalıdır”  $^{[1]}$  tavsiye değerleri tercihe göre kullanılabilmesi gibi en doğru yaklaşımın, ürün montaj bilgilerine göre gerçek değerinin alınması olacaktır.

## 7. HESAPLAMA METODU

Oda iç basınç hesaplarında ideal gaz kanunları ve eşitlikleri, akış havası basınç ve debi hesaplarında ise aynı amaca ulaşmak için kullanılan; kapalı kapılar arkasında basınç farkları yaratarak duman girişinin önlenmesine yönelik "BS 5588 Part 4"de belirtilen "Duman Kontrolünde Kaçış Yollarının Basınçlandırılarak Korunması" esaslarındaki kapı açıklıklarıyla ilgili yöntem ve eşitlikler kullanılmıştır.<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> Duman kontrolünden farklı olarak akış yolları belirlenirken paralel, seri veya kombinasyonları yerine hava akışı prensiplerine göre mimari tasarım ve "6. Bölüm Akış Yollarında" bahsedilen hususlar gereği efektif akış alanı olarak ameliyathane kapı çevresi sızdırma alanları kabul edilmiş, elektrik armatürleri yarattıkları sonuçlara dikkat çekmek için örnek olarak verilmiştir.

Buradaki amaç; "kapalı bir kapı ile ayrılmış iki ortam arasındaki basınç farkı" zaten veri olarak bilindiğinden, oda içerisindeki fazla havanın hesap edilen akış alanından sızarak istenilen basınç farkını yaratacak debiyi sağlayıp sağlamadığının kontrol edilmesidir.

Oda iç basıncının tespitinde yararlanılan ideal gaz kanunu eşitlik açılımı:

$$P V = M R T \quad (1)$$

P = Mutlak basınç, ( Pa )

V = Gaz hacmi, ( m<sup>3</sup> )

M = Gaz kütlesi, ( Kg )

R = Evrensel gaz sabiti, 287 ( J/Kg-K )

T = Mutlak sıcaklık, ( °K )

Akış debisi ve basıncı eşitliği açılımı:  
[3]

$$Q = 0,83 A \sqrt{P} \quad (2)$$

Q = Sızmasına müsaade edilen / sızan hava miktarı, debi, ( m<sup>3</sup>/s )

0,83 Sabit katsayı, boyutsuz

A = Akış alanı, ( m<sup>2</sup> ) (Hava sızmasının sağlandığı iki bölüm arasındaki yapı elemanının sızıntı boşluk alanı )

P = İki ortam arasındaki basınç farkı, ( Pa )

### 7.1 Örnek

Türbülans akımlı, %10 pozitif basınç bölgesi uygulanan aseptik özellikte rutin cerrahi müdahalelerin yapıldığı bir ameliyathanede:

Salon ölçüleri 6 \* 6 m, yükseklik asma tavan altından net 3,5 m.

(Üfleme asma tavan alt seviyesinden yapıldığı için etkin ameliyathane hacmi olarak asma tavan alt seviyesi kabul edilmiştir.)

Ortalama sıcaklık t<sub>iç</sub> = 26 °C, nem oranı % 50 RH şartlarındaki havanın yoğunluğu d = 1,173 Kg/m<sup>3</sup>

Üfleme havası V<sub>ü</sub> = 2400 m<sup>3</sup>/h, egzoz havası V<sub>e</sub> = 2160 m<sup>3</sup>/h olarak belirlendi.

Rezerv hava (Odada bırakılan fazla üfleme havası) ΔV (Q) = 240 m<sup>3</sup>/h → 0,0666 m<sup>3</sup>/s

Hava akış yönü, ameliyathaneden koridora.

Ameliyathane ve koridor arasında oluşması istenen pozitif basınç farkı ΔP = +15 Pa (Seçildi)

Koridor nötr (±) basınç bölgesi.

Ameliyathane Kapısı : 1,5 \* 2,2 m ölçülerinde, sürgülü bir yana açılan tek kanatlı tip. Montajlı halde tüm kapı çevresi boyunca 2,5 mm hava sızma boşluğu olduğu üretici bilgilerine göre tespit edildi.

Kapının dışında herhangi bir akış alanı bulunmamaktadır.

## Çözüm

1-İdeal gaz kanununa göre üfleme-egzoz havası farkı ile oluşan oda basıncı ( Teorik olarak odadan sızma olmaması hali):

$$P_0 ( 6 * 6 * 3,5 ) = 0,0666 * 1,173 * 287 * (273+26)$$

$$P_0 = 53,2 \text{ Pa}$$

Ameliyathane içindeki şartlandırılmış %10 fazla üfleme havası etkisiyle meydana gelen + 53 Pa oda basıncı sayesinde kapıdan oluşacak hava akışı ile oda ve koridor arasında pozitif basınç farkı oluşacaktır.

Akış yollarının sadece kapı olması halinde mevcut fazla havanın  $Q = 240 \text{ m}^3/\text{h}$  ( $0,066 \text{ m}^3/\text{s}$ ) sızması durumunda koridor ile ameliyathane arasında ne kadar basınç farkı sağlanır.

$$Q = 0,83 A \sqrt{P}$$

$$A_1 = 2 ( 1,5 + 2,2 ) * ( 2,5 / 1000 ) = 0,0185 \text{ m}^2$$

$$0,066 = 0,83 * 0,0185 * \sqrt{P} \rightarrow P_1 = 18,475 \text{ Pa}$$

$$18,475 > 15 \text{ Pa}$$

Ameliyathane ile koridor arasında olması istenen  $\Delta P = +15 \text{ Pa}$  basınç farkını meydana getirmesi için gerekli hava debisi:

$$Q = 0,83 * 0,0185 * \sqrt{15} = 0,059 = 0,06 \text{ m}^3/\text{s} \rightarrow 216 \text{ m}^3/\text{h}$$

Görüldüğü gibi içerideki mevcut hava miktarı istenen pozitif basıncı sağlamaya yeterlidir.

2- Aynı kapı tipinin, çevresindeki sızdırma boşluğunun ortalama 3,5 mm olması halinde mevcut fazla havanın  $Q = 240 \text{ m}^3/\text{h}$  ( $0,066 \text{ m}^3/\text{s}$ ) sızması ile oda-koridor arasında ne kadar basınç farkı oluşur.

$$A_2 = 2 ( 1,5 + 2,2 ) * ( 3,5 / 1000 ) = 0,0259 \text{ m}^2$$

$$0,066 = 0,83 * 0,0259 * \sqrt{P} \rightarrow P_2 = 9,426 \text{ Pa}$$

Sonuçlardan görüldüğü gibi kapı çevre boşluğunun sadece 1mm arttırılması halinde:

$P_1$  basıncına göre:  $18,475 - 9,426 = 9,049 \text{ Pa}$  basınç farkı (yaklaşık yarı yarıya) azalmaktadır.

İstenen basınç farkı ile gerçekleşen basınç arasındaki fark:  $15 - 9,4 = 5,6 \text{ Pa}$

Bu sonuca göre sistem, oda ile koridor arasında seçimi yapılan ( $15 \text{ Pa}$ ) basınç farkından  $5,6 \text{ Pa}$  eksik basınç farkı ile çalışmaktadır.

$0,0259 \text{ m}^2$  akış alanından  $15 \text{ Pa}$  basınç farkı için gerekli hava debisi:

$$Q = 0,83 * 0,0259 * \sqrt{15} = 0,0832 \text{ m}^3/\text{s} \rightarrow 299,72 \text{ m}^3/\text{h} = 300 \text{ m}^3/\text{h}$$

Hesapta olmayan durumlar dikkate alınarak %10 gibi bir kabul katsayısı ile  $330 \text{ m}^3/\text{h}$  kabul edilebilir.

Bu durumda:

$15 \text{ Pa}$  basınç farkını sağlayacak oda rezerv hava debisine ulaşmak için; ya, debi miktarlarını değiştirmek:

Toplam hava =  $2400 + 330 = 2730 \text{ m}^3/\text{h}$ , egzoz havası  $2400 \text{ m}^3/\text{h}$  olur,

veya yalnızca egzoz debisini değiştirmek: Toplam hava  $2400 \text{ m}^3/\text{h}$ , egzoz havası  $2070 \text{ m}^3/\text{h}$  olur,

veya akış yolu alan ölçülerini düşürmeye yönelik kapı tadilatı gerekecektir.



Ortaya çıkan eksik basınçla çalışma; akış debisine göre kapı aralık ölçülerinin gereksiz şekilde büyük olmasının sonucudur.

Tasarım sürecinde, debi değişikliklerinin toplam miktara oranı kabul edilebilir sınırlarda olması halinde, örnekte bahsedilen alternatif çözüm yollarından debiye ilişkin uygun seçeneklerden biri tercih edilebilir. Ancak, bu tür küçük debi farklılıkları, gerek üfleme ve egzoz kanal ölçülerinin, gerekse fan kapasitesinin değiştirilmesinde çözüme yönelik etkili olmayan küçük miktarlardır.

İşletme koşullarındaki bir yapıda ise, çeşitli mekanik tadilatlarla belli bir oranda fan debilerini değiştirmek mümkün olsa bile, örneğin filtre kirlenmesi veya değişik bölümlerde olası kanal kaçağına benzer durumlar, işletme süreci boyunca eksik basınçla çalışma koşullarını tekrar ortaya çıkarabilecektir.

Bu durumda sistemin eksik basınçla çalışmasının telafisi için: Her iki süreçte de cihaz tadilatı veya debi değişikliği gibi çözümler yerine, öncelikle gereksiz kapı sızma aralık ölçülerini küçültmek kalıcılığı yönünden daha akılcı ve pratik önlem olacaktır.

**3- Örnek kapı tipini değiştirerek hasta sevkiyatında pratik olduğu kabul edilen veya alışkanlık nedeniyle sıklıkla kullanılan klasik tip iki kanatlı çarpma kapıyla problemin çözümü halinde:**

Kapı ölçüleri 1,5 \* 2,2 m. kapı altı-zemin döşeme arasında 1,5 cm, kapı üstü-kasa arasında 0,5 cm, kasa ve iki yanlar ile iki kanat arasında 1,5 mm boşluk bulunsun. (İdeal montaj şartları varsayılarak duvar ile kapı kasası birleşiminde sızmaya sebep olabilecek boşluk olmadığı kabul edildi.)

$$A_3 = ( 1,5 * 1,5 / 100 ) + ( 1,5 * 0,5 / 100 ) + 3 ( 2,2 * 1,5 / 1000 ) = 0,0399 \text{ m}^2$$

Mevcut hava debisi ile koridor arasında ne kadar basınç farkı sağlanabilir:

$$0,066 = 0,83 * 0,0399 * \sqrt{P} \rightarrow P_3 = 3,971 \text{ Pa}$$

4 < 15 Pa Mevcut havanın istenilen basınç değerinden eksik basınç farkı yarattığı görülmektedir.

Bu kapının 0,0399 m<sup>2</sup> akış alanına göre 15 Pa basınç farkını sağlaması için gerekli hava debisi:

$$Q = 0,83 * 0,0399 * \sqrt{15} = 0,1282 \text{ m}^3/\text{s} \rightarrow 461,7 \text{ m}^3/\text{h}$$

Görüldüğü gibi piyasa ve uygulama koşullarına göre minimum kabul edilebilecek kapı kapanma boşluğu ölçüleriyle bulunan 0,0399 m<sup>2</sup> akış alanlı iki kanatlı çarpma kapıdan, koridora sızan mevcut 240 m<sup>3</sup> hava debisi ile ancak; yaklaşık +4 Pa basınç farkı meydana gelmekte. Hâlbuki +15 Pa değerinde bir basınç farkı oluşturması için min. 462 m<sup>3</sup>/h hava debisine ihtiyaç bulunmaktadır.

Çeşitli sebeplerle kapı boşluklarını küçültme imkanı olmadığı varsayımıyla debi artışı seçeneğinin tercih edilmesi halinde:

2400 m<sup>3</sup>/h fan debisine, en az 462-240 = 222 m<sup>3</sup>/h (0,0616 m<sup>3</sup>/s) debinin ilave edilerek toplam hava debisinin:

$$2400 + 222 = 2622 \text{ m}^3/\text{h} \text{ tespit edilmesi gerekmektedir.}$$

Böylesi hallerde, çeşitli kayıp olasılıkları ile fan seçim eğrileri de dikkate alınarak, cihaz kapasitesinin 3000 m<sup>3</sup>/h belirlenmesinin uygun olacağı düşünüldüğünde, sadece kapı boşlukları nedeniyle sistem yükünde % 25 gibi ( 600/2400 ) gereksiz bir artış söz konusu olmaktadır.

**4- Çözüm.1 örneğine elektrik armatürleri açıklık alanlarını ilave ettiğimizde:**

Oda içerisinde 15 adet armatür bulunduğunu varsayalım.

Her bir armatür çevresi 32 cm.

Her bir armatür ile duvar arasında 0,5 mm boşluk olduğu kabulüyle, akış alanı:

$$A_4 = ( 0,5 / 1000 ) * 0,32 * 15 = 0,0024 \text{ m}^2 \text{ akış alanı çözüm.1 akış alanına ilave edilirse}$$



$$\Sigma A = A_1 + A_4 \rightarrow 0,0185 + 0,0024 = 0,0209 \text{ m}^2$$

Oda havasına göre basınç farkı:

$$0,066 = 0,83 * 0,0209 \sqrt{P} \rightarrow P_4 = 14,475 \text{ Pa}$$

Sadece kapı akış yoluyla sağlanan  $P_1 = 18,475 \text{ Pa}$  basınç farkı değerinin, 0,5 mm armatür boşluk alanlarının ilavesiyle 4 Pa ( ~ %22 ) eksildiği görülmektedir.

Bu durumda  $\Sigma A$  akış alanına göre 15 Pa basınç farkı için toplam sızıntı havası miktarı:

$$Q = 0,83 * 0,0209 * \sqrt{15} = 0,0671 \text{ m}^3/\text{s} \rightarrow Q = 241,86 \text{ m}^3/\text{h} \sim 242 \text{ m}^3/\text{h}$$

Sonuçtan anlaşıldığı gibi minimum düzeyde kabul edilen armatür akış alanlarından sızan havanın:  $242 - 216 = 26 \text{ m}^3/\text{h}$ , %12 oranında artışa sebep olduğu görülüyor.

**5-** Kapı çevresinin her bir metresi için referans değer olarak verilen  $20 \text{ m}^3/\text{h}$  debiye göre örnek.1 kapı özellikleri uygulanırsa:

$$Q = 7,4 \text{ m} * 20 \text{ m}^3/\text{hm} = 148 \text{ m}^3/\text{h} \rightarrow Q = 0,041 \text{ m}^3/\text{s},$$

Bu miktar havanın  $0,0185 \text{ m}^2$  alandan sızması halinde:

$$0,041 = 0,83 * 0,0185 * \sqrt{P} \rightarrow P_5 = 7,168 \text{ Pa} \text{ basınç farkı meydana gelir.}$$
$$15 - 7,168 = 7,832 \text{ Pa} \text{ eksik basınç oluşur.}$$

$0,0185 \text{ m}^2$  akış alanı ve 15 Pa basınç farkına göre en az:  
 $216 - 148 = 68 \text{ m}^3/\text{h}$  ilave hava debisine ihtiyaç bulunmaktadır.

$0,041 \text{ m}^3/\text{s}$  hava debisinin 15 pa basınç farkı meydana getirmesi için sızıntı alanı ne olmalıdır?

$$0,041 = 0,83 * A_5 * \sqrt{15} \rightarrow A_5 = 0,01275 \text{ m}^2$$

Referans yerinin kullanılması halinde, çevre uzunluğu 7,4 m olan kapıda 15 Pa basınç farkı için,  $0,01275 \text{ m}^2$  sızıntı alanı oluşturacak ortalama kapanma boşluğu:

$$(0,01275 / 7,4) * 1000 = 1,72 \text{ mm} \text{ olmalıdır.}$$

Tüm kapı çevresi boyunca kapanma boşluğundaki ortalama  $2 - 1,72 = 0,28 \text{ mm}$ 'lik fark sistemin yaklaşık 8 Pa eksik basınçla çalışmasına sebep olmaktadır.

## Değerlendirme

Örnek hesap sonuçlarına göre, bir ameliyathane ile komşu bölüm arasında basınç farkı oluşturmak için; bu farkı meydana getirecek hava debisi ile basınç değerini tespit etmek yeterli olmamakta. Kapı türü ile kapı sızıntı alanlarının doğrudan etkili oldukları, gözle fark edilmesi mümkün olmayan milimetre ölçüsündeki boşlukların basınç farkı sonuçlarını ne derece değiştirdikleri çözüm.1, 2 ve 5 örneklerinde açıkça görülmektedir.

Çözüm.3'deki mevcut uygulama koşullarına göre düşük sayılabilecek çarpma kapı boşluklarının yarattığı sonuç, % 25 gibi hiçte ekonomik olmayan önemli bir debi karşılığına denk gelmektedir. Basınç dengesinin debi yoluyla karşılanması halinde ilave sistem yükü nedeniyle yatırım ve işletme maliyet artışı kaçınılmazdır. Diğer yandan, zaten çok eksik basınç farkı ile çalışan bu örneğe, farkına varılmayan çözüm.4 elektrik armatür boşluklarının da katılması ile oda basıncının negatif değer sınırına düşebileceği tahmin edilmelidir. Kalıcı çözüm olarak gereksiz kapı boşluklarının giderilmesi tüm bu olasılıkları ortadan kaldıracaktır.

Minimum düzeydeki elektrik armatür açıklıklarından; çözüm.4 örneğinde verilen 0,5 mm gibi; gerek fark edilmesi, gerekse önemsenmesi açısından hesaba alınmayan çok küçük bir boşluk değeri, sızma

havasına göre önemli sayılabilecek %12 oranında hava kaçacağına sebep olmaktadır. Bu tür kaçakların; hem basınç dengesi yönünden, hem de yönü belirsiz akış yolları oluşturmaları nedeniyle yapım ve işletme aşamalarında mutlaka önlenmesi gerekmektedir.

Çözüm.5'te, 20 m<sup>3</sup>/h referans değer örnek.1 kapıda uygulandığında; debinin akış alanına göre küçük olması nedeniyle tasarım basınç farkını karşılamadığı görülmektedir.

Zira, referans değerler, üretim ve montaj kalitelerinde standartın yakalanmış olduğu deneysel sonuçlara göre elde edilmiş verilerdir. Doğrudan bu değerlerin kullanımı ile hem pratik bir yöntem izlenmesi, hem de daha az hava miktarı ile tasarım basınç farkını elde etmek mümkün olmasına rağmen, özellikle montaj sürecinde kişiye göre kalite standartının değişebildiği ülkemizde, üretim ve montaj kalite standartları önem kazanmadıkça, hesapların kontrol ve revize edilmesi gerekecektir.

Hesaplamalardan anlaşılacağı gibi, basınç farkının 15 Pa'dan büyük seçilmesi ve/veya sızıntı alanının büyük olması halinde tasarım hava debilerinin yeterli olmayacağı açıkça görülmektedir.

Bu durumda, alışkanlık haline gelmiş; en az 2400 m<sup>3</sup>/h toplam hava debisinin %85-90'ı egzoz havası olarak ayrılıp, geriye kalan %10-15 oranındaki hava ile iç-dış ortam arası basınç farkını sağlamak tesadüflere bağlı ve ancak, kapıların belli özellikleri taşıması ile mümkündür.

Hava akışını alışkanlıkların olurlarına bırakan kabullenme metodu yerine, gerçek ve uygun akış alanlarının belirlenmesi ile hijyen ve steril ortam güvenliği kontrol edildiği gibi verimli kapasite kullanımı da sağlanabilecektir.

## SONUÇ

Yukarıda bahsedilen ama uygulamada pek dikkate alındığı söylenemeyen akış yollarının hesaba katılmaması halinde: İstenilen basınçlı ortamın eksik değerde veya debiye göre büyük akış alanlarında negatif değere düşmesi her an gerçekleşebilir olasıdır.

Böylesi bir durumda, yetersiz basınç farkı ile çalışan sistem tasarımı yapıldığı gibi, temiz zannedilen ortamın, işletme şartlarında filtre kirlenmesi, kaçaklar ve benzeri nedenlerle oluşabilecek kayıplar yüzünden nötr, hatta daha vahimi negatif basınçlı kirli ortama dönüştüğü unutulmamalıdır.

Bilhassa kapı alt kenarı ile taban döşeme arasında cm ölçeğinde büyük sayılabilecek boşluk bulunan kapılar ile istenilen basınç farkını yaratmak mümkün görülmemektedir.

Ülkemizde son zamanlarda temiz odalarda genellikle sürgülü tek yana veya iki yana açılabilen, otomatik el veya dirsek temaslı kapı türleri kullanılmaktadır. Bu kapılar basınç dengesi sağlanmasından ziyade; çoğunlukla, estetik görünüm, açık kalma sürelerinin ayarlanabilir olması ve hijyen açısından doğrudan temas edilmeden açılabilmesi gibi özellikleri nedeniyle tercih edilmekte ve sağlık yapılarında önerilmektedir. Ancak, uygulamada görüldüğü üzere, henüz temiz oda kapısı ile herhangi bir yapı kapısının fonksiyon yönünden farklılığının kavrandığı söylenemez. Bahsedilen tercih nedenleri önemli olmakla birlikte, hijyenin sağlanması ve korunmasında insan odaklı; kültür, alışkanlıklar ve yaşam biçiminin etkili unsur olduğu unutulmaksızın, öncelikle kapının teknik açıdan değerlendirilerek steril sistemi tamamlayıcı özelliğinin gözetilmesi ve basınç dengesinin kurulmasına katkısı dikkate alınmalıdır.

Bu yüzden, hastane türü yapılarda, mimari projenin kurulması düşünülen mekanik sistem tasarımına uygunluğunun yanı sıra, steril bölgelere doğrudan etkisi olan yapı elemanları seçimlerinin de mimar-mekanik mühendisince ortaklaşa yapılması, üreticilerinde tasarım ve yapım sürecinde katkılarının sağlanması gerektiği ortaya çıkmaktadır.

Sorunun doğru çözümü için, yapının her sürecinde eşgüdümlü olarak: Projenin fikir aşamasından itibaren konunun önem ve hassasiyeti hakkında; mekanik mühendisince, mimar başta olmak üzere

ilgili tüm disiplinlerle işletme yönetiminin bilgilendirilmesi, yapım aşamasında diğer cihaz ve donanımların yerleştirme usullerine müdahale edilerek yönlendirici olunması gerekmektedir.

Son yıllarda hastane enfeksiyonuna bağlı vakaların sıklığı ve boyutu kamuoyunca bilinmekte ve bu vakaların sebep sonuç ilişkileri büyük önem taşımaktadır. Tesisat mühendisliği olarak, meslek disiplini dışında gözüktüğü sanılan bazı konulara da doğrudan taraf olmanın görevimiz kapsamında olduğu bilinmelidir.

Konunun hassasiyeti, tasarım ve uygulama uzmanlığı yanında, en az o kadar da yüksek düzeyde işletme kültürü gerektirmektedir. Özellikle hijyenistlerin klasik görev anlayışının ötesinde daha fazla bilgi sahibi olmaları ile hastane yönetimlerinin klasik kadro anlayışından çoklu uzmanlık anlayışına geçmeleri telafisi mümkün olmayan sonuçları önlemede faydalı olacaktır.

## KAYNAKLAR

- [1] Alarko Hastanelerde HVAC Sistemleri Seminer Kitapçığı.
- [2] DIN 1946/4
- [2] ÖZKAYNAK F.Taner Temiz Oda Tasarımı ve Klima Sistemleri Tetisan Ltd. Şti. Teknik Yayını 2001
- [3] BS 5588 Part 4 Smoke control in protected escape routes using pressurization 1998

## ÖZGEÇMİŞ

### Celalittin KIRBAŞ

1955 yılında Bulancak/Giresun'da doğdu.1979 yılında Ankara Gazi Üniversitesi Makine Mühendisliği bölümünü bitirdikten sonra Ankara Üniversitesi (ATAUM ) Avrupa Topluluğu Araştırma ve Uygulama Merkezinde, Avrupa Topluluğu Kuruluşu, Politikaları ve Topluluk Mevzuatı konularında Temel Eğitim Programını tamamladı.

1980 – 1984 yıllarında Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Afet İşleri Gn. Md.'ünde İkmal Mühendisi olarak başladığı meslek yaşamını, 1984 yılından itibaren Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Yapı İşleri Genel Müdürlüğü Tesisat Dairesi Başkanlığı'nda mühendisi olarak devam ettirmiş olup, 2007 yılı sonunda mekanik tesisat projelerinden sorumlu Şube Müdürlüğü görevinden emekli olmuştur. Yapı sektöründe tesisat mühendisliği konularında danışmanlık hizmeti yapmaktadır.