

# HASTANE HİJYENİK ORTAMLARININ KLİMA VE HAVALANDIRMA SİSTEMLERİ

Orkun Baki ANIL  
Moghtada MOBEDİ  
M. Barış ÖZERDEM

## ÖZET

Bu makalede hijyenik iklimlendirme ve havalandırma sistemlerinde kullanılan cihazlar hakkında detaylı bilgi sunulmaktadır. Cihazları oluşturan elemanlar ve görevleri ana hatları ile anlatılmakta, kullanılan sistemler sınıflandırılmakta ve çalışma prensipleri açıklanmaktadır. Sistemin kontrol senaryosunda göz önüne bulundurulması gereken hususlara da değinilmektedir. Bu makalede ayrıca standartlarda istenilen koşulların uygulamalarda hangi cihaz ve sistemler ile sağlanacağı hakkında da bilgi verilmektedir.

## 1. GİRİŞ

Hijyenik ortamlarda enfeksiyon değişik yollar ile bir yerden diğerine geçmektedir. Enfeksiyon geçiş yolları arasında hava yolu ile enfeksiyon geçişi iklimlendirme ve havalandırma sektöründe çalışan makina mühendislerini yakından ilgilendirmektedir. Hijyenik ortamların iklimlendirme ve havalandırma sistemleri konfor klima sistemlerinden farklı olup daha karmaşıktır. Hijyenik sistemlerde ortamda kontrol edilmesi gereken parametrelerin sayısı da daha fazla olup, sistemin tasarımı bilgi ve tecrübe gerektirmektedir.

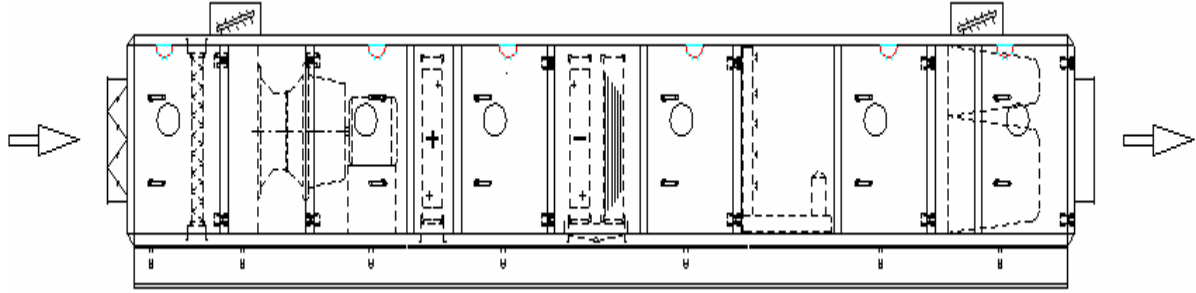
Hastanelerdeki hijyenik ortamların iklimlendirme ve havalandırma sistemleri ile ilgili mevcut standartlar sistem hakkında sadece genel bilgiler vermektedir. Şüphesiz standartların bilinmesi hijyenik sistemlerin tasarımı ve yapımında önem taşımaktadır. Ancak standartlarda sistem tasarımı ve yapımı ile ilgili detaylar yeterince açıklanmamaktadır. Standartlarda hijyenik ortam tasarım parametreleri ve kullanılacak sistem ana hatlarıyla anlatılmakta, kullanılması gereken cihazlar, bu cihazların elemanları, görevleri, çalışma prensipleri ve uygulanması gereken sistemler detaylı bir şekilde açıklanmamaktadır. Dolayısı ile standartta belirtilen sistemin şartlarını yerine getirecek cihazların seçimi ve sistem tasarımı proje tasarlama sürecine kalmaktadır. Bu makalede pratikte hastane hijyen ortamlarında kullanılan cihazlar ve sistemler hakkında detaylı bilgi sunulmaktadır.

## 2. HİJYENİK SİSTEMLERDE KULLANILAN CİHAZLAR

Hijyenik sistemlerde kullanılan cihazlar konfor sistemlerinde kullanılanlardan çok farklıdır. Aşağıda hijyenik sistemlerde kullanılan cihazlar ile ilgili bilgi verilmektedir.

## 2.1. Klima Santralleri

Klima santralleri, klima ve havalandırma sistemlerinin ana elemanıdır. Klima santralleri mahallere taze hava verilmesini, bu mahallerin sıcaklık ve nem oranlarının ayarlanmasını ve havanın, içindeki toz ve parçacıklardan arındırılmasını sağlamaktadır. Klima santrallerinde bu görevleri yerine getirmek için çeşitli elemanlar kullanılmaktadır. Şekil 1'de tipik bir hijyenik klima santrali şematik olarak gösterilmiştir. Hijyenik klima santrallerinin genellikle pozitif basınçta çalıştırılması tercih edilir, ancak imalat zorluklarından dolayı hijyenik klima santralinin sahip olması gereken şartları yerine getiren negatif basınçlı santral da kullanılabilir.



Şekil 1. Hijyenik klima santrali

Hijyenik ortamların iklimlendirme ve havalandırılmasında hijyenik klima santralleri kullanılmalıdır. Hijyenik sistemlerde kullanılan klima santrali konfor klima santrallerine göre ilave özelliklere sahip olmalıdır. Bu özellikler [2, 3];

1. Hijyenik klima santralleri, parçacık ve mikro-organizmaları klima kasetinden içeriye sokmamalı ve sızdırmaz bir yapıya sahip olmalıdır.
2. Hijyenik klima santralleri, içinde parçacıkların birikmesine izin vermemelidir. Bu nedenle santralin iç yüzeyleri düz olmalı, elemanlar gözenekli bir yapıya sahip olmamalıdır.
3. Hijyenik klima santralleri mikro-organizmanın oluşumuna izin vermemelidir. Bu nedenle klima santrali yüzeylerinde suyun birikmesine veya nem oranının yüksek olmasına izin verilmemelidir. Kullanılan bütün malzemeler mikro-organizma üretmeyecek yapıda olmalıdır.
4. Hijyenik klima santralleri rahatlıkla temizlenebilir olmalıdır. Temizlenebilirliğin sağlanabilmesi için klima santrali içinde bulunan elemanlara rahatça ulaşılabilmelidir.

Bir hijyenik klima santralinin aşağıdaki elemanlardan oluşmaktadır:

### a) Filtreler

Klima santraline alınan havanın içerdiği toz ve parçacıklardan arındırılması filtreler vasıtasıyla yapılmaktadır. Pratikte klima santrallerinin giriş ve çıkışında sırasıyla kaba (G4) ve orta filtreler (F7) bulunur. Genellikle F7 filtre yerine F9 sınıfı filtre tercih edilmektedir. Bu durumda birinci filtre kademesinde G4 filtreden sonra ilave olarak F7 filtre de kullanılmaktadır.

### b) Serpantinler

Serpantinler temizlik amacıyla kolaylıkla ulaşılabilir veya çıkartılabilir olmalıdır. Soğutucu serpantinden sonra kullanılan damla tutucu, serpantin üzerinde yoğunlaşan suyun klima santralinin diğer hücrelerine geçmesini engellemelidir. Ayrıca yoğunlaşma tavaasında biriken su bekletilmeden santralden uzaklaştırılmalıdır. Bunun için çift yönlü yoğunlaşma tavaları tercih edilmektedir.

### c) Nemlendirici

Her ne kadar prEN 13053 – Ventilation for Buildings, Air Handling Units, Rating and Performance for Components and Sections (Bina Havalandırması, Klima Santralleri, Bölüm ve Elemanların Performansı ve Değerlendirilmesi) sulu nemlendiricilerin kullanılmasına şartlı olarak izin veriyorsa da hijyenik klima santrali içinde mikrobiyolojik oluşumlara yol açmamak için sulu nemlendiriciler yerine buharlı nemlendiriciler kullanılmalıdır [1]. Pratikte kireçlenmeye izin vermeyen ve şehir şebeke suyu ile çalışan buharlı nemlendiriciler kullanılmaktadır.

### d) Fan ve motor

Fan hücresi, fan kaidesi ve fanın kendisi kolaylıkla temizlenebilir yapıda olmalıdır. Salyangozsuz plug fanların kullanımı tercih edilmektedir. Plug fanlarda kayış-kasnak mekanizmasının kullanılmaması bir avantajdır. Elektrik motor güvenlik sınıfı, motorun temizlenmesine izin vermelidir.

### e) Susturucu

Susturucu malzeme havaya karışmamalı, ayrıca susturucu üzerinde ve içinde mikro-organizma ürememelidir. Susturucu üzerinde tozun birikmesine de izin verilmemelidir.

### f) Kaset

Yukarıda belirtilen elemanlar bir kaset içine yerleştirilmelidir. Hijyenik klima santrallerinde kaset de ilave özelliklere sahip olmalıdır. Hijyenik klima santrali kasetlerinde parçacıkların birikmemesi, hava kaçağının çok düşük olması, gerek iç gerekse dış yüzeylerde yoğunlaşmanın oluşmaması ve elemanlarının temizlenebilirliği önem taşımaktadır. Klima santralinin girişinde sızdırmaz kapatma (shut-off) damperi kullanılmalıdır.

## 1.2. Paket Tip Klima Cihazları

Paket tip klima cihazları da standart klima santralleri gibi ortama verilecek havanın iklimlendirilmesi, taze havanın sağlanması, toz ve parçacıklardan arındırılması için kullanılır. Bu tip santraller havayı kendi üzerinde bulunan ısı pompaları aracılığıyla ısıtıp soğutmaktadır. Üzerlerinde bulunan kompakt filtreler aracılığı ile de havanın temizlenmesi sağlanmaktadır. Son zamanlarda paket tip klima cihazları, kullanım kolaylığı ve az yer işgal etmesi nedeniyle yaygınlaşmaktadır. Ancak unutulmaması gereken husus, paket tip klima cihazları taze hava ile çalıştırılmalı ve değişken bir hava debisi sağlanmalıdır. Ayrıca bu tip cihazlar sık sık arızaya geçmemeli ve sürekli çalışabilmelidir. Özellikle ameliyat sırasında cihazın her hangi bir nedenden dolayı arıza yapması büyük sorunlar yaratabilir. Cihaz ayrıca düşük ve yüksek dış ortam sıcaklıklarında çalışabilmelidir. Paket tip klima cihazları standart klima santrali için belirtilen bütün hijyenik özelliklere sahip olmalıdır.



Şekil 2. Paket tip hijyenik klima cihazı

### 2.3. Chiller

Bir soğutucu akışkan aracılığı ile klima santralinde havanın soğutulmasını sağlayacak soğuk suyu hazırlayan cihazlardır.

### 2.4. Kazan

Klima santralinde havanın ısıtılması için kullanılacak ısıtma suyunun hazırlanması için kullanılan cihazdır.

### 2.5. Kanal Sistemi

Hastane klima ve havalandırması için kanal sistemi tasarlanırken, kanalların klima santrali gibi pürüzsüz olması gerektiği unutulmamalıdır. Bu şekilde kanal içinde kirlenme en aza indirilmiş olur. Dönüş havası için asma tavan "plenumu" kullanılmamalı, bunun yerine dönüş havası kanallarla toplanmalıdır. Dönüş ve egzoz kanalları için dikkat edilmesi gereken bir diğer husus ise bu kanalların negatif basınçta olduklarıdır. Bu yüzden sızdırmazlıklarına önem verilmelidir. Aksi takdirde asma tavan negatif basınçta olacaktır. Gerek besleme gerekse egzoz kanallarında sızdırmazlık oranları tespit edilmeli, bu değerlerin standartta belirtilen sızdırmazlık değerlerini sağladığından emin olunmalıdır. Kanalların temizlenebilmesi için belirli aralıklarda sızdırmaz servis kapakları bulundurulmalıdır.

### 2.6. Sızdırmaz Kapatma Damperi

Hijyenik ortamın herhangi bir nedenle devre dışı kalması durumunda diğer ortamlar ile ilişkisi kesilmelidir. Başka bir deyişle devre dışı kalan hacimden diğer hacimlere doğru veya aksi şekilde kanallar vasıtası ile herhangi bir akışın oluşmaması gerekmektedir. Bu nedenle hijyenik ortamlarda, besleme ve egzoz kanallarında birer adet sızdırmaz damperin konulması tercih edilmektedir. Sızdırmaz damper motorlu ve sistem otomasyonuna bağlı olmalıdır.



Şekil 3. Sızdırmaz kapama damperi

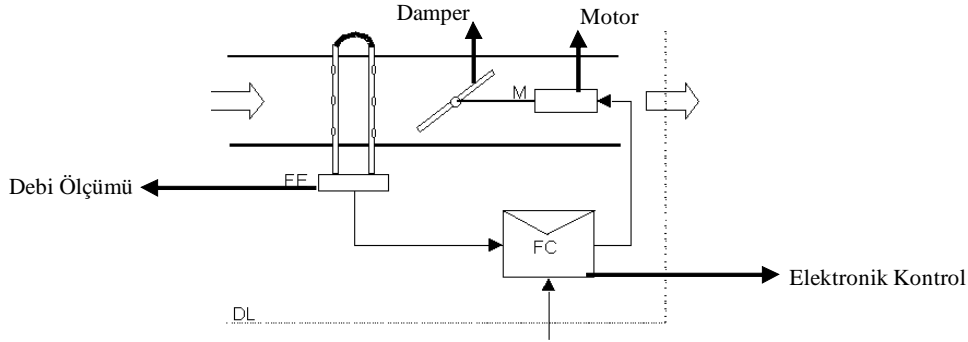
### 2.7. VAV Kutu

VAV adı İngilizce'de "Değişken Hava Debisi" anlamına gelen "Variable Air Volume" kelimelerinin baş harflerinden gelmekte ve bu kutular ortama istenilen hava debisinin sağlanması için kullanılmaktadır. Pratikte VAV kutular gövde, debi ölçüm istasyonu, ayar damperi, damper motoru ve elektronik karttan oluşmaktadır (Şekil 4). Elektronik kart, set değerini debi ölçüm istasyonundan gelen sinyalle mukayese ederek, havanın artırılması veya azaltılması için damper motoruna sinyal göndermektedir.

Ameliyat odalarında üfleme ve emiş havası sabit olmalı ve sistemdeki basınç dalgalanmalarından (kanallardaki hava debisinin azalması ya da artması) etkilenmemelidir. VAV kutuların kullanılmadığı çoklu sistemlerde bir ameliyat odasının devre dışı kalması, diğer ameliyat odalarının hava debisini etkilemektedir. Ayrıca filtrelerin kirlenmesi ile ortama sağlanan hava debisi azalabilmektedir. Bu nedenle VAV kutular kullanılarak ameliyat odalarında sabit hava debisi sağlanabilmekte ve ameliyat odası sürekli sabit basınçta tutulabilmektedir.

VAV kutularının kullanılması, ameliyat odalarının boş olduğu durumlarda basınç ilişkisini korumak kaydıyla, sistemin yarım debiyle çalışmasına olanak sağlayarak büyük oranda enerji tasarrufu sağlamaktadır.

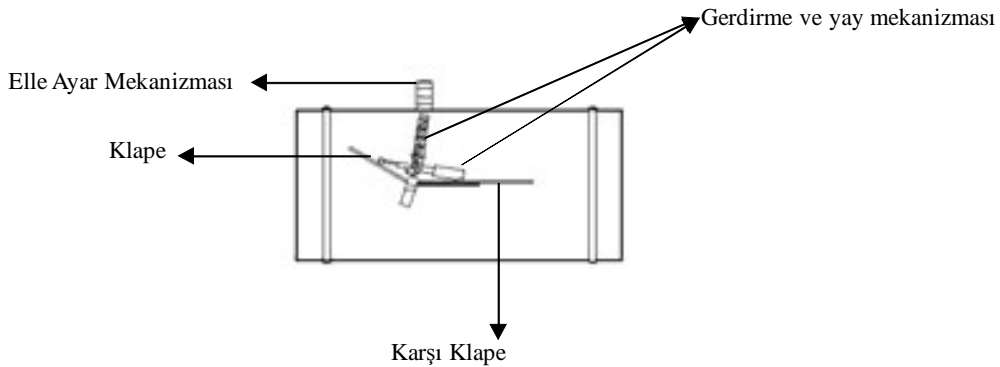
Bazı VAV kutu üreticileri VAV'de kullanılan ayar damperini sızdırmaz yapıda üreterek VAV kutusunun sızdırmaz damper görevini de yapmasını sağlamaktadırlar.



Şekil 4. VAV kutu elemanları

## 2.8. CAV Kutu

CAV adı ise yine İngilizce'de "Sabit Hava Debisi" anlamına gelen "Constant Air Volume" kelimelerinin baş harflerinden oluşturulmuştur. Pratikte VAV kutular sabit debide çalıştırıldığında CAV görevi yapmaktadır. Ancak kanal cihazları üreticileri sabit bir hava debisi sağlamak amacıyla daha ucuz ve basit bir yapıya sahip olan CAV kutularını geliştirmişlerdir. CAV kutular genellikle motorsuz olup, mekanik olarak çalışmaktadır. CAV kutusu; klape, gerdirme mekanizması ve ayar mekanizmasından oluşmaktadır. CAV kutular arkasındaki basınç değişiminden etkilenmeyerek ortama sabit bir hava debisi sağlamaktadır. Hijyenik ortamlarda filtrenin kirlenmesi veya ameliyathane katında herhangi bir neden ile bir ortamın devre dışı kalması ortamlar arasındaki hava akışını bozmaktadır. Bunun sonucunda ortamlarda istenilen hava basınç değerleri de değişir. CAV kutular ortama sabit bir hava debisi sağlayarak, filtrenin kirlenmesi veya bir ortamın devre dışı kalması durumunda ortamın basınç değerini sabit tutmaktadır. CAV kutularının görevini yerine getirebilmesi için üretici firmanın seçim metoduna dikkat edilmelidir. Bazı üretici firmalar çift kademeli motorlu CAV kutular üretmektedir.



Şekil 5. CAV kutu elemanları

## 2.9. Kanal Tipi Elektrikli Isıtıcılar

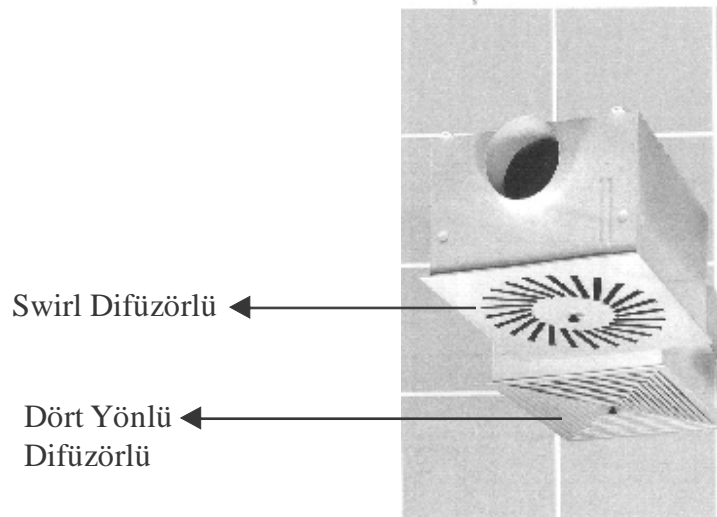
Ameliyat sırasında, gerek ameliyatın bir gereği olarak gerekse doktorların tercihi olarak ortam sıcaklığının hızlı bir şekilde değişmesi istenebilmektedir. Bu gibi durumlarda ameliyat odasına düşük sıcaklıkta hava beslenmekte, üfleme havası sıcaklığının hızlı bir şekilde değişmesi elektrikli ısıtıcı sayesinde yapılmaktadır. Elektrikli ısıtıcı devreye girdiği zaman üfleme havası ısınmakta, devre dışı olduğunda ise soğuk hava verilmektedir. Elektrikli ısıtıcı genellikle oransal veya çok kademeli olarak çalışmalı ve doktorun istediği sıcaklığı sağlamalıdır. Aynı klima santraline bağlı birden fazla mahalde ortam sıcaklıklarının birbirinden çok farklı olduğu durumlarda ise sıcaklığının ayarlanması için kanal tipi elektrikli ısıtıcı kullanılabilir. Bu şekilde tek bir klima santraline bağlı birden çok mahalde farklı sıcaklıklar elde etmek mümkün olmaktadır.

## 2.10. HEPA Filtre

HEPA filtreler ise adını “High Efficiency Particulate Air Filter (Yüksek Verimli Parçacıklı Hava)” kelimelerinden almaktadır. HEPA filtreler genellikle sistemin son filtreleme işlemini yapmakta ve mahalde bulunması gerekmektedir. Hava ortama verilmeden önce HEPA filtreden geçmektedir. HEPA filtre sınıfı H13 olabilir. H13 filtrenin EN 1822'ye göre verimi %99.95'tir. HEPA filtreler çok hassas bir yapıya sahip olduklarından montaj sırasında zarar görmemeleri için dikkat edilmelidir. Ayrıca HEPA filtre, HEPA kutusunda bulunan filtre yuvasına iyice oturtulmalı ve kaçakların oluşmasına izin verilmemelidir.

## 2.11. HEPA Filtre Kutusu

HEPA filtrenin çalışabilmesi için HEPA filtre kutusuna gerek vardır. HEPA filtre kutusu kanal bağlantısı, plenum, sızdırmaz contalar ve sıkıştırma mekanizması ile difüzörden oluşmaktadır. HEPA filtre kutusunun standartlarda belirtilen sızdırmazlık değerlerine sahip olması gerekmektedir. Şüphesiz HEPA kutusu, son eleman olduğu için hijyenik bir yapı ve malzemeden yapılmış olması gerekmektedir. Difüzör, dört yönlü veya swirl olabilir. Dört yönlü difüzörler havayı yan taraflara üflerken, swirl difüzör havayı döndürerek aşağıya doğru itmektir. Tasarımcı hijyen ortamın konumuna göre difüzörün tipine karar vermelidir. HEPA filtre kutusunun kullanıldığı ortamlarda akış türbülanslıdır. Bu nedenle bu ortamlarda parçacık ve mikro-organizmaların homojen bir şekilde dağıldığı düşünülmektedir.



Şekil 6. Swirl ve dört yönlü difüzörlü HEPA kutular

## 2.12. Laminer Akış Üniteleri

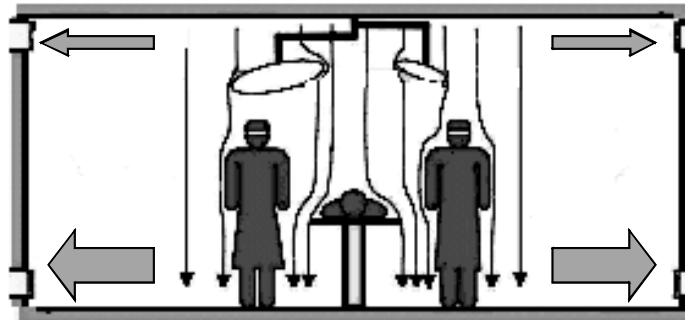
Ameliyat odası havasının içindeki parçacık ve mikro-organizmalar kütle geçişi prensibi ile bir yerden başka yere geçmektedir. Parçacık ve mikro-organizmalar konsantrasyonu yüksek olan bölgeden düşük olan bölgeye doğru geçiş yapmaktadırlar. Prensip olarak hastanın bulunduğu ve ameliyatının yapıldığı bölgenin parçacık ve mikro-organizmalardan arındırılmış olması istenmektedir.

Parçacıkların laminar akışlarda bir noktadan başka bir noktaya geçişi, türbülanslı akışa nazaran daha azdır. Başka bir deyişle laminar akışın kütle geçiş katsayısı türbülanslı akıştan daha düşüktür. Özellikle laminar akışa dik yönde kütle geçişi ihmal edilebilir. Laminer akışın bu özelliği kullanılarak ameliyat odalarında hastanın bulunduğu bölge üzerine parçacık ve mikro-organizmadan arındırılmış laminar akış verilmektedir. Laminer akış aşağıya doğru olup hasta ve ameliyat ekibi etrafında temiz hava perdesi oluşturmaktadır. Böylece ameliyat odasının diğer bölgelerinden ameliyat ekibinin bulunduğu bölgeye doğru olan veya ameliyat ekibi ile hasta arasındaki kütle transferi engellenmektedir. Son zamanlarda ise ameliyat sırasında kullanılan aletlerin etrafında bile temiz havanın olması istenmektedir.



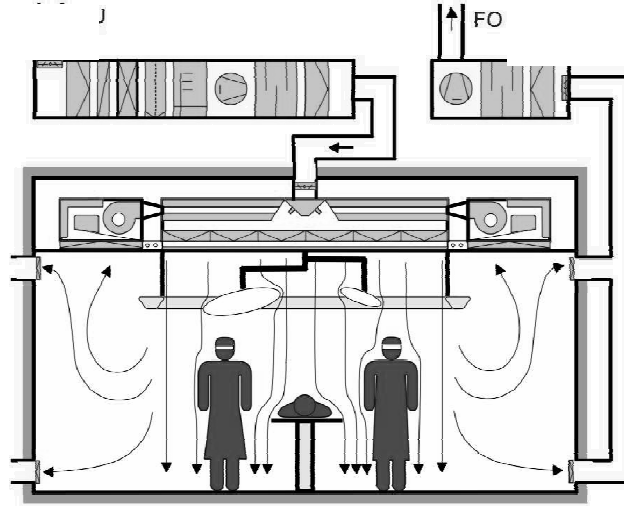
Şekil 7. Parçacık transferini engelleyen koruyucu laminar akım çizgileri

Laminer akış ünitesi; bağlantı kanalı, HEPA filtre ve yuvası, plenum kutusu ve laminizatörden oluşmaktadır. Kanaldan gelen hava HEPA filtrelerden geçirilmekte, daha sonra düzgün akış sağlanarak ortama verilmektedir. Laminer akış ünitesi havanın son çıkış noktası olduğu için hijyenik yapı ve malzemeye sahip olmalıdır. Havanın laminar akış ünitesinden çıkış hızı ayrıca önem taşımaktadır. Laminer akış ünitesi çıkış hızının üretici firmanın belirttiği değerlerin altında olması gerekmektedir. Laminer akış çıkan akış aşağıya doğru, hasta, ameliyat ekibi ve aletlerin bulunduğu bölgeye doğru akmalı, yere kadar inmeli ve yer seviyesinde bulunan lif tutucular vasıtası ile tahliye edilmelidir.



Şekil 8. Laminer akış tipi

Araştırmalar son zamanlarda ameliyathaneler için standartlarda belirtilen besleme hava debisinin yetersiz olduğunu göstermiştir. Bu nedenle laminar akış alanının artırılması istenilmektedir. Laminar akış, hasta, ameliyat ekibi ve cerrahi aletlerin bulunduğu bölgeyi kapsamalıdır. Bu da yüksek bir hava debisini gerektirir. Bu nedenle son zamanlarda karışık havalı laminar akış ünitelerinin kullanılmasına doğru gidilmektedir. Bu tip laminar akış üniteleri, klasik laminar akış ünitelerinden farklı olarak, içinde en az F7 sınıfı filtre ve fan içermektedir. Ameliyat odası içinde bulunan laminar flow ünitesi etrafından emilen hava F7 sınıfı filtreden geçerek, klima santralının sağladığı taze hava ile karışmakta ve daha sonra HEPA filtreden geçirilmektedir. Bu tip laminar akış üniteleri bir ameliyat odasının havasının başka bir ameliyat odası havasına karıştırmadan ve enerji tasarrufu sağlayarak yüksek debide laminar akış sağlamaktadır.



Şekil 9. Karışım havalı laminar akış ünitesi

### 2.13. Lif Tutucu Menfezler

Genellikle ameliyathanelerde egzoz menfezlerinde kullanılan cihazlardır. Ameliyathane içinde kullanılan dokumalardan dökülen liflerin ve parçacıkların egzoz havasından arındırılması ve egzoz kanallarına bulaşmaması için kullanılmaktadır. Aslında paslanmaz çelikten yapılmış, temizlenebilen ve mikrop barındırmayan birer filtredirler.



Şekil 10. Lif tutucu menfez



### 3. PRATİKTE AMELİYAT ODALARINDA TASARLANAN SİSTEMLER

Hastane hijyenik ortamları için tasarlanan sistemlerin standartlarda belirtilen tasarım şartları ve çalışma koşullarını yerine getirmesi gerekmektedir. Bu sistemler ortamdaki;

- Sıcaklık
- Nem
- Hava değişim sayıları
- Parçacık ve mikro-organizma sayısı
- Basınç
- Hava akışı
- Hava hızı

parametrelerini standartlarda belirtilen seviyelerde tutmalıdırlar. Hastane hijyenik klima ve havalandırma sistemlerini tekli ve çoklu sistemler olmak üzere ikiye ayırmak mümkündür.

#### 3.1 Tekli Sistemler

Tekli sistemlerde, hijyen ortamının iklimlendirilmesi ve taze havanın sağlanması tek hijyenik paket klima cihazı veya standart hijyenik klima santrali ile sağlanmaktadır. Başka bir deyişle, bir santral bir hijyenik ortama hizmet vermektedir.

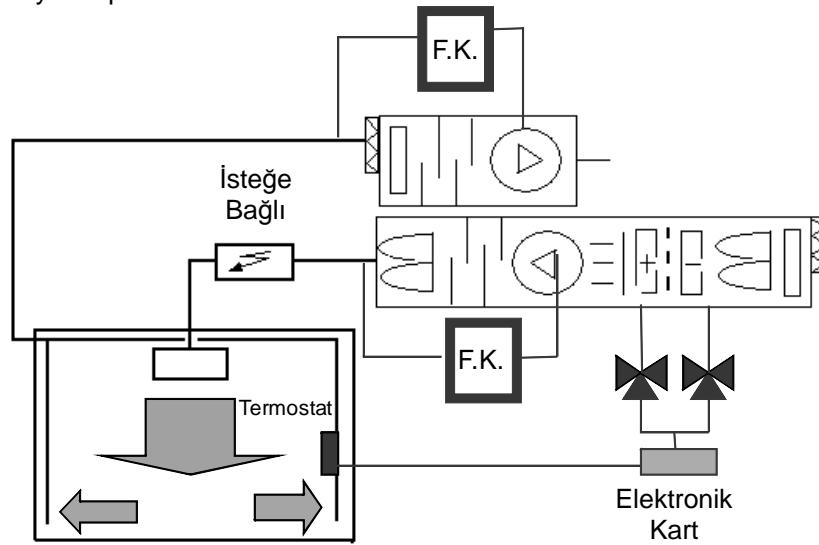
Bu tip uygulamaların avantaj ve dezavantajları aşağıdaki gibi sıralanabilir.

Avantajlar;

- Sistem tasarımı kolaydır.
- Kanal cihazlarına (VAV, CAV vs) ihtiyaç duyulmaz.
- Basit otomatik kontrol veya otomasyon sistemi ile çalışabilir.
- Ortam hava basıncı kolayca sağlanır.
- Ameliyathanelerin bağıl nem oranlarının birbirinden bağımsız kontrol edilebilir.

Dezavantaj;

- Sistemin fazla yer kaplar.



Şekil 11. Tekli sistem şematik gösterimi

Şekil 11'de basit bir tekli sistem gösterilmiştir. Şekilde de görüldüğü gibi bu sistemlerin hava tarafı; klima santrali, kanal, sızdırmaz kapatma damperi, laminer akış ünitesi ya da HEPA kutusu, lif tutucu ve emiş menfezi ve aspiratörden oluşmaktadır. Ortamdaki hava basıncı klima santrali ve aspiratörde bulunan frekans konvertörleri vasıtası ile kontrol edilmektedir. Ameliyat odası sıcaklığı ısıtıcı veya soğutucu serpantinler vasıtası ile değiştirilebilir. Ameliyat odası nem oranı, santral içinde bulunan nemlendirici vasıtası ile kontrol edilmektedir. Hijyenik paket klima cihazlarında nemlendirici yoksa, kanal tip buharlı nemlendirici de kullanılabilir. Ameliyathanede üfleme havasının sıcaklığı çok hızlı bir şekilde artırılmak veya düşürülmek isteniyorsa isteğe bağlı olarak elektrikli ısıtıcı kullanılabilir. Pratikte iki veya üç yönlü vanalar ile sıcaklığın artırılması veya azaltılması mümkündür.

### 3.2. Çoklu Sistemler

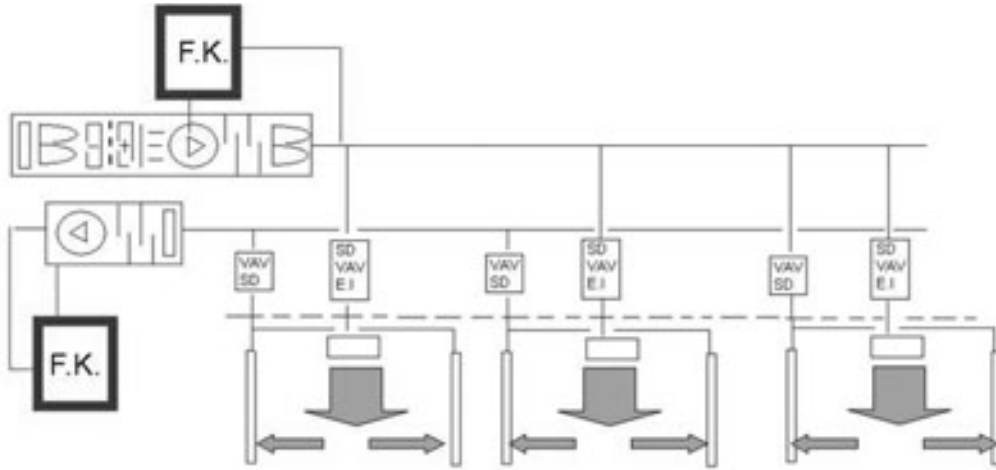
Bu sistemlerde Şekil 12'de görüldüğü gibi bir hijyenik paket klima cihazı veya standart klima santrali bir çok mahale hizmet vermektedir. Bu sistemlerin avantaj ve dezavantajları aşağıda gösterilmiştir.

Avantajı;

- Tekli sisteme nazaran az yer kaplaması.

Dezavantajları ise;

- Karmaşık tasarım,
- Çok sayıda kanal cihazına ihtiyaç duyulması,
- Ortamlar arası hava akışının sağlanmasındaki zorluklar,
- Karmaşık kontrol sistemi,
- Eleman sayısının fazla olması,
- Farklı mahallerde birbirinden bağımsız nem oranlarının yaratılabilmesi için kanal tip buharlı nemlendiricilerin kullanılma gerekliliği.



Şekil 12. Çoklu sistem şematik gösterimi

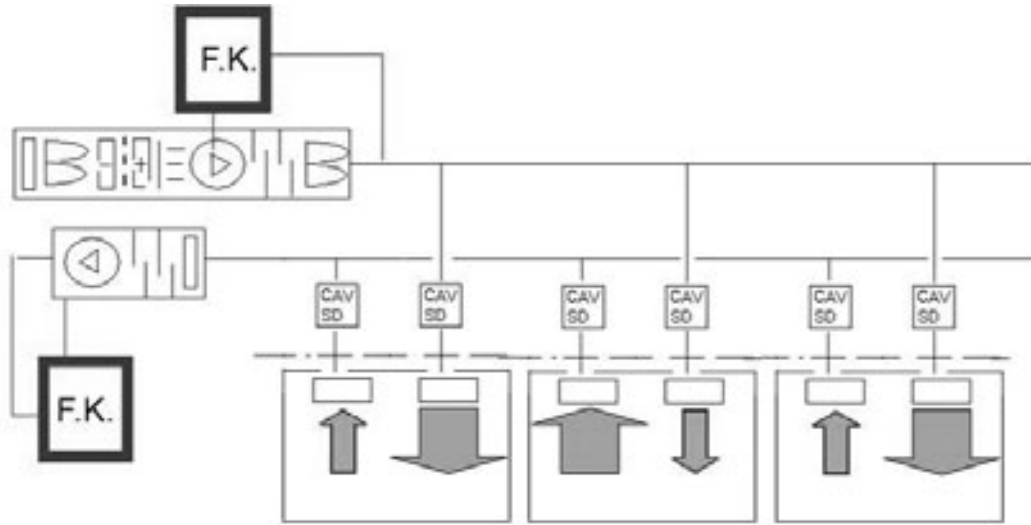
Çoklu sistemler; hijyenik tip klima santrali veya hijyenik paket klima cihazı, hava basıncının dengelenmesi için VAV kutular, her ortamda farklı sıcaklık sağlamak amacı ile elektrik ısıtıcılar, sızdırmaz kapatma damperi, laminer flow ünitesi veya HEPA filtre kutusu, lif tutucu, emiş menfezleri ve aspiratörden oluşmaktadır. VAV cihazlar farklı ameliyathanelerde farklı pozitif hava basıncı yaratmaktadır. Sızdırmaz kapatma damperi ise bir ameliyat odasının bakıma alınması veya devre dışı bırakılması durumunda diğer ameliyat odalarının bu olaydan etkilenmeden çalışmasını sağlar. Ayrıca ameliyat odaları bağımsız olarak yarım debi veya kapalı durumuna geçebilirler.

Klima santralinde kullanılan frekans konvertörleri, sistemde fanın değişken hava debisinde çalışmasını sağlamaktadır. Bu tip sistemlerde hijyenik paket klima cihazlarının kullanılması durumunda değişken hava debisi ile çalışılmalıdır.

#### 4. AMELİYATHANE KATINDA SERVİS ODALARININ HAVALANDIRILMASI

Ameliyathane katında ameliyat odasının dışında diğer hijyenik ortamlar bulunmaktadır. Bu hijyenik ortamların sayısı ameliyathane katının büyüklüğü ve ameliyat tiplerine göre değişmektedir. Genellikle ameliyathane katında ameliyat odasına ilave olarak hasta hazırlama, uyanma, temiz ve kirli malzeme depolama ve doktor dinlenme odaları gibi ortamlar bulunmaktadır. Bu ortamlar ayrıca hijyenik ortamlar olup, hijyenik klima ve havalandırma sistemi ile şartlandırılmalıdır. Bu ortamlar arasındaki hava akışı ayrıca önem taşımaktadır. Ortamlar arası hava akışı ilgili standartlarda verilmiştir. Prensipte hava hijyen derecesi yüksek olan ortamdaki düşük olan ortama doğru olmalıdır.

Ameliyat odasından farklı olarak bu odalar sürekli devrede olduğundan buraya sürekli tam debide hava sağlanmalıdır. Ancak HEPA filtrelerin kirlenmesi ile hava debisi azalabilir veya bir ortamın sızdırmaz damperlerle devre dışı kalması durumunda ortamlar arasında hava akışı bozulabilir. Bu nedenle bu ortamların besleme ve egzoz kanallarına birer adet CAV ve sızdırmaz damper konulmaktadır. CAV kutu, kanallardaki basınç dalgalanmalarından bağımsız olarak sabit hava vermeli ve sabit egzoz debisini sağlamalıdır. Sızdırmaz damper ise bir ortamın devre dışı kalmasını sağlar. İsteğe bağlı olarak ortamlarda farklı sıcaklıkların sağlanması elektrikli ısıtıcılar vasıtasıyla yapılabilir.



**Şekil 13.** Ameliyathane katında bulunan servis odalarının havalandırılması ile ilgili şematik gösterim

Şekil 13 bir ameliyathane katında bulunan servis odalarının havalandırılmasını şematik olarak göstermektedir. Görüldüğü gibi sistemin hava tarafı; klima santrali, sızdırmaz damper, CAV, isteğe bağlı olarak elektrikli ısıtıcı, HEPA filtre kutusu, emiş menfezleri ve aspiratörden oluşmaktadır. Sistemde istenilen hava debisi klima santralinde bulunan frekans konvertörü vasıtasıyla ayarlanmaktadır.

## 5. SİSTEMİN ÇALIŞMASINDA ÖNEMLİ HUSUSLAR

Burada sistemin çalışması ile ilgili pratikte göz önünde bulundurulması gereken hususlar maddeler halinde sıralanmıştır [4, 5].

- Ameliyathane sıcaklığı ve nemi ameliyathane personeli tarafından izlenebilmeli ve doğrudan ya da dolaylı olarak değiştirilebilir olmalıdır.
- Klima santralında bulunan ısıtıcı ve soğutucu serpantinlerin su debisi motorlu vanalar vasıtası ile değiştirilerek istenilen çıkış sıcaklığı sağlanmalıdır.
- Ortamlarda elektrikli ısıtıcı kullanılması durumunda, elektrikli ısıtıcının kontrolü çok kademeli veya oransal olmalıdır. İstenilen ortam sıcaklığı sağlanmalıdır.
- Buharlı nemlendirici on-off veya oransal olarak çalıştırılabilir. Ancak oransal olarak çalıştırılması tavsiye edilir. Nem sensörü genellikle egzoz havasında kullanılmaktadır.
- Kapıların açılıp kapanması durumunda ameliyathane basıncı çok değişmemeli ve kısa sürede istenilen değerlere geri dönmelidir. Bunun için gerekli önlemler alınmalıdır. Örneğin kapılar otomatik olarak kapanmalıdır.
- Hijyenik ortamda iki kapı varsa, hava basıncının düşmesi nedeni ile iki kapı aynı anda açılmamalıdır. Bir kapı kapandıktan sonra, diğer kapı açılmalıdır.
- Ameliyathane sistemi gün boyunca tam debide çalıştırılmayabilir. Boş olduğu durumlarda ortam basıncı değişmemek kaydıyla düşük debilerde (yarım debide) çalıştırılmasında bir sakınca yoktur. Tekli sistemlerde yarım debi uygulaması frekans konvertörü, çoklu sistemlerde ise besleme ve egzozda bulunan VAV kutular vasıtası ile yapılmaktadır. Çoklu sistemlerde VAV'nin yarım debiye düşmesiyle beraber frekans konvertörünün fan hava debisini de düşürmesi gerekmektedir.
- Filtrelerin kirlenmesi durumunda otomasyon sistemi alarm vermeli, ancak sistemi durdurmamalıdır.
- Fanın durması veya herhangi bir nedenle devre dışı kalması durumunda otomasyon sistemi alarm vermeli ve bütün sızdırmaz kapatma damperleri otomatik olarak kapanmalıdır.
- Fan arızasının giderilmesi durumunda, fan devreye girmeden önce kapatma damperleri açılmalı daha sonra fan devreye girmelidir.
- Hijyenik ortamlara konulan giriş ve çıkış sızdırmaz kapatma damperleri birlikte kapanıp açılmalıdır.
- Her ortamın sızdırmaz kapatma damperleri sistem operatörü tarafından istenildiğinde kapatılabilir. Bir ortamın devre dışı kalması istenildiğinde besleme ve egzozda bulunan sızdırmaz damperler kapatılmalıdır. Damperlerin kapatılması ile sistemdeki hava debisi değişmektedir. Frekans konvertörü, debi ölçüm istasyonu veya basınç sensörü vasıtası ile kanallardaki basınç artışını hissederek fan hava debisini otomatik olarak düşürmelidir. Bütün ortamlarda VAV veya CAV kutular bulunduğu için ortamlardaki hava debisi kanallardaki basınç dalgalanmasından etkilenmemektedir.
- Hijyenik klima santralının herhangi bir nedenle durması durumunda, santral ve odalarda kullanılan bütün sızdırmaz damperler kapatılmalıdır.
- Ortam basıncının manometre kullanılarak sürekli izlenmesinde fayda vardır. Ortam basıncının izin verilen değerlerin dışına çıktığı durumlarda sistemin alarm vermesi faydalı olacaktır.
- Yangın ikazları dışında verilen sistem alamlarında sistem durmamalı ve sürekli çalışmalıdır.
- Sistemin kontrolünün merkezî olması ve bir odadan bütün parametrelerin durumlarının görülmesinde ve değiştirilmesinde yarar vardır.

## SONUÇ

Hijyenik klima ve havalandırma sistemleri, gerek sistem tasarımı, gerek sistem cihazları gerekse cihaz özellikleri açısından konfor uygulamalarından oldukça farklıdır. Bu tarz sistemlerin tasarımında ve inşasında konu hakkında yeterli bilgi ve tecrübeye sahip personelin çalıştırılması büyük önem taşımaktadır. Özellikle sistem tasarımı yapılırken kullanılabilecek sistem tipleri iyice bilinmeli ve içinde bulunulan şartlara en uygun olan seçilmelidir.

Ayrıca seçilen sistem tipine göre hangi cihazların kullanılması gerektiği, ancak tüm cihazların kullanım alanlarının, amaçlarının ve özelliklerinin bilinmesiyle mümkündür. Tasarımı iyi yapılmış bir sistem ve bu sisteme göre bulunması gerekli tüm cihazların eksiksiz olarak kullanılması sonunda sorunsuz çalışan bir hijyenik klima ve havalandırma sistemi yapılması mümkündür.

## KAYNAKLAR

- [1] prEN 13053, "Ventilation for Buildings, Air Handling Units, Rating and Performance for Components and Sections", European Committee for Standardization, Kasım 1997
- [2] MOBEDI, M., "Klima Santrallerinde Hijyenik Kurallar", Enerji Teknolojileri ve Mekanik Tesisat Dergisi, Sayı:80, Say: 82-85, Ağustos 2002
- [3] EN 1886, Ventilation for Buildings-Air Handling Units-Mechanical Performance", 1998
- [4] DIN 1946/4, "Heating, Ventilation and Air Conditioning Systems in Hospitals", Aralık 1989
- [5] MOBEDI, M., "Ameliyathane Klima ve Havalandırma Sistemleri", Soğutma Dünyası, Sayı:18 Say:40-44

## ÖZGEÇMİŞLER

### Orkun Baki ANIL

1983 yılında Eskişehir'de doğdu. 2006 yılında İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği'ni bitirmiştir. Halen aynı üniversitede yüksek lisansına devam etmekte GENTA A.Ş.'de proje mühendisi olarak çalışmaktadır.

### Moghtada MOBEDİ

1985 yılında Dokuz Eylül Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümü'nde lisans eğitimini, aynı bölümde yüksek lisans eğitimini ve 1994 yılında Orta Doğu Teknik Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümü'nde doktora eğitimini tamamlamıştır. 1995-1998 yılları arasında İran'ın Orumiye Üniversitesi'nde öğretim üyesi ve 1998-2003 yılları arasında TEBA Şirketler Grubu'nda proje yöneticisi olarak çalışmıştır. Halen İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü Makina Mühendisliği Bölümü'nde öğretim üyesi olarak çalışmaktadır.

### M. Barış ÖZERDEM

1982 yılında Dokuz Eylül Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümü'nden mezun oldu. Yüksek lisans ve doktora eğitimini DEÜ Fen Bilimleri Enstitüsü'nde tamamladı. Doktora sonrası çalışmaları için 1992-1994 yılları arasında ABD'ye gitti ve Amerika Katolik Üniversitesi'nde Araştırmacı olarak çalıştı. Halen İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü'nde Fen Bilimleri Enstitüsü müdürü ve Makina Mühendisliği Bölümü'nde öğretim üyesi olarak çalışmaktadır.