

Temiz Oda Tasarım Kriterleri ve Testleri

Mustafa Bilge; Dr., Mak.Yük. Müh.

TTMD Üyesi

Dürriye Bilge; Doç. Dr., Mak. Yük. Müh.

ÖZET

Bu çalışmada öncelikle temiz oda terminolojisi ve tasarım kriterleri hakkında genel bilgi verilecek ardından bir ilaç fabrikasında iklimlendirme sistemi tasarımında izlenecek yöntem tanımlandıktan sonra temiz oda uygulamalarında yapılması zorunlu testler kontroller ve ayarlar anlatılacaktır.

The Clean Room Design Criteria and Testing Commissioning of The HVAC Systems

ABSTRACT

General information related to clean room terminology and design criteria will be given in the paper. After wards steps to be followed in the design of the HVAC system of a pharmaceutical plant will be introduced. Finally mandatory test and inspections to be performed during the commissioning and application period will be stated.

1-Giriş

Temiz oda iklimlendirme sistemi tasarımı klasik iklimlendirme sistemi tasarımından çok daha karmaşık ve risk faktörü çok daha fazladır. Konfor iklimlendirilmesinde kontrol parametreleri sıcaklık ve nem iken, temiz oda tasarımında ise sıcaklık, nem, canlı ve cansız kirlenmeler, hava akış yönleri ve basınç gibi parametrelerin kontrolünün yanı sıra üretim cihazlarının ihtiyacı olan buhar, kondens, temiz su, egzost havası, basınçlı hava gibi gereksinimlerin de karşılanması gerekmektedir. Temiz odaların performansı oda içerisindeki partikül konsantrasyonuna bağlı olarak değişir. Tasarım değerlerinde tanımlanan kirlilik sınıfını elde edebilmek için temiz oda tasarımının uygulamada kullanılacak malzemelerin ve uygulama ekipmanlarının niteliğinin çok yüksek olmasının yanı sıra uygulama aşamasında ve uygulama sonrası yapılacak test, ölçüm ve ayar çalışmaları kalitesi de ön plana çıkmaktadır. Temiz oda ile ilgili iklimlendirme tesisatının gerek tasarım gerek uygulama ve test çalışmalarının standartı ne kadar yüksek olursa olsun temiz

odadaki inşai işler temiz oda standartlarına uygun olarak yapılmadığı takdirde, temiz oda temizlik sınıfını elde etmek çok güçtür. Unutulmaması gereken şey, vücuda doğrudan enjekte edilen ürün veya enjektördeki kirlilik kesinlikle ölümlere yol açacaktır. Bu çalışmada öncelikle temiz oda terminolojisi ve tasarım kriterleri hakkında genel bilgi verilecek ardından bir ilaç fabrikasında iklimlendirme sistemi tasarımında izlenecek yöntem tanımlandıktan sonra, temiz oda uygulamalarında yapılması zorunlu testler kontroller ve ayarlar anlatılacaktır.

2- Temiz Oda Terminolojisi ve Tasarım Kriterleri

Kirlilik (Contamination) : Kirliliğe neden olan kaynakları iki ana grupta toplamak mümkündür.

- Canlı Kirlenmeler (Living things)
- Cansız Kirlenmeler (Non-Living things)

Canlı Kirlenmeler: Genellikle mikro organizmalar olarak tanımlanan bakteriler,

mantarlar, virüsler bu gruba girerler. Mikro organizmalar havada, suda ve özellikle çatlak ve pürüzlü yüzeylerde koloni halinde yaşamlarını sürdürebilmektedirler. En büyük canlı kirlenme kaynağı insandır. Örnekleme gerekirse insan vücudundan dakikada 1000 adet bakteri ve mantar yayılmaktadır.

Cansız Kirlenmeler: Atmosferdeki cansız uçucu maddeler rüzgar, deprem veya volkanik patlama sonucu doğal kuvvetler ile ortaya çıkmaktadır. Genellikle bu uçucular 100 µm'den büyük ise toz olarak tanımlanırlar. Günümüzde sanayileşme ve kentleşmenin sonucu atmosferdeki cansız uçucu maddelerin niteliği de değişmeye başlamıştır; endüstriyel proseslerden, binaların ısıtma sisteminden araçların egzostlarından çıkan duman partikülleri önem kazanmıştır. Temiz oda uygulamalarında atmosferik kirliliğin yanı sıra temiz oda içerisinde çalışan hareketli makina parçalarından sürtünme ile gelen uçucu maddeleri ve yine temiz oda içerisinde çalışan dakikada 100.000 adet 0,3 µm büyüklüğünde uçucu madde üreten insan faktörünü unutmamak gerekir.

TEMİZLİK SINIFI		TEMİZLİK SINIFI LİMİTLERİ									
		0.1 µm Birim Hacimler		0.2 µm Birim Hacimler		0.3 µm Birim Hacimler		0.5 µm Birim Hacimler		5 µm Birim Hacimler	
SI	English	m ³	(ft ³)	m ³	(ft ³)	m ³	(ft ³)	m ³	(ft ³)	m ³	(ft ³)
M1		350	9.91	75.7	2.1	30.9	0.88	10	0.283	-	-
M1.5	1	1.240	35	265	7.5	106	3.00	35.3	1	-	-
M2		3.500	99.1	757	21.4	309	8.75	100	2.83	-	-
M2.5	10	12.400	350	2.650	75	1.060	30.00	353	10	-	-
M3		35.000	991	7.570	214	3.090	87.50	1.000	28.3	-	-
M3.5	100	-	-	26.500	750	10.600	300.00	3.530	100	-	-
M4		-	-	75.700	2.140	30.900	875.00	10.000	283	-	-
M4.5	1.000	-	-	-	-	-	-	35.300	1.000	247	7
M5		-	-	-	-	-	-	100.000	2.830	618	17.5
M5.5	10.000	-	-	-	-	-	-	353.000	10.000	2.470	70
M6		-	-	-	-	-	-	1.000.000	28.300	6.180	17.5
M6.5	100.000	-	-	-	-	-	-	3.530.000	100.000	24.700	700
M7		-	-	-	-	-	-	10.000.000	283.000	61.800	1.750

Çizelge 1- Uçucu Madde Konsantrasyonuna Göre Temiz Odaların Sınıflandırılması

Steril (Sterile) : Üretilen ürün ve cihazlarda canlı kirleticilerin olmaması, başka bir deyişle mikro organizmaların olmaması şeklinde tanımlanır.

Sterilizasyon (Sterilization) : Üretilen ürünün veya cihazın steril yapılması prosesidir. Yani mikro organizmaların yok edilmesi veya uzaklaştırılmasıdır.

Temiz Oda (Clean Rooms) : Steril bir ürün elde edebilmek için üretim yapılan çevrede, havada, duvarda, tavanda tüm yüzeylerde kirleticilerin minimum seviyede tutulması gerekmektedir. Gerek inşai işleri gerek iklimlendirme ve filtrasyon sistemi özel olarak tasarlanmış ve sürekli olarak basınç altında tutulan bu odalar temiz oda olarak tanımlanmaktadır.

Temiz Oda Sınıfı (Classes for Clean Rooms) : Temiz odada yapılacak üretimin tipine bağlı olarak temiz oda sınıfı belirlenir ve HVAC tasarımı bu kabule göre gerçekleştirilir. Temiz odaların sınıflandırılmasında çok farklı standartlar kullanılsa da genel olarak kabul gören standart "Federal Standart No: 209E"dir. Bu standarda göre hazırlanmış temiz oda sınıflandırılması Çizelge 1'de gösterilmiştir.

Validasyon (Onaylama) : Üretim prosesinin performansını gözlemlemek ve belgelemek için yapılan kontrol prosedürleridir. Bu prosesin amacı üretim aşamasının her kademesini kontrol altında tutmaktır. Validasyon prosesi iki ana grupta toplanmaktadır.

- Üretimi etkileyen ya da üretimde doğrudan kullanılan ekipman veya prosesin validasyonu (Bu validasyon dört aşamada yapılmalıdır.)
 - Spesifikasyonlar
 - Montaj
 - Ölçümler
 - Performans
- Üretilen her bir ürünün validasyonu

GMP (İyi Üretim Uygulamaları) Good Manufacturing Practice:

Üretimin (ilaç gibi) tüm aşamalarının nasıl kontrol edileceği, üretimin sağlıklı olarak ve yüksek kalitede nasıl yapılacağını açıklar. Bu çalışmadan bazıları aşağıda açıklanmıştır.

- Personellerin özellikleri ve organizasyon
- Üretim binasının dizayn ve uygulama

kriterleri

- Üretim cihazlarının kontrolü
- Üretim ve prosesin kontrolü
- Paketleme ve etiketleme
- Laboratuvar çalışmalarının kontrolü
- Yapılan ölçümlerin ve kayıtların tutulması ve raporlama tekniği

Standart Operasyon Prosedürleri(SOP) (Standart Operation Procedures) :

Çok yüksek kalitede üretilen ürünün sağlıklı olarak üretildiğinden emin olabilmek için üretilen her bir ürün için üretimin her kademesinde yapılacak işlerin ve cihazların kontrol ve test yöntemlerini tanımlayan yazılı metinler SOP olarak tanımlanır.

Fumügasyon (Fumigation) :

Temiz odaların sterilizasyonunda kullanılan bir yöntemdir. Formaldehit gazının klima santraline gönderilmesi ile tüm HVAC sisteminin temiz odaların ve ekipmanların sterilizasyon işlemi gerçekleştirilir. Bu prosesin senede bir kere yapılması tavsiye edilir.

HEPA Filtre (High Efficiency Particulate Air Filter) :

Yüksek verimli hava filtreleridir. Bu filtreler temizlik sınıfı 100-100.000 arası odalar için önerilmektedir. Doğrudan klima santrali içine monte edildiği gibi, havanın temiz odaya üflendiği son noktada terminal filtre olarak da kullanılmaktadır. Terminal hepa filtrelerde önerilen alın hava hızı 0,45 m/s'dir. Bu filtrelerin 0,3 µm çapındaki partiküller için verimliliği, %99,97'den % 99,995'e kadar değişmektedir.

ULPA Filtre (Ultra Low Penetration Air Filters) :

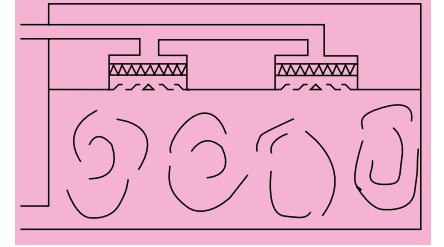
Çok yüksek verimli özel hava filtreleridir. Özellikle temizlik sınıfı 1-100 olan uygulamalar için geliştirilmişlerdir. Bu filtrelerin 0,3 µm çapındaki partiküller için verimliliği % 99,999'dan %99,99995'e kadar değişmektedir.

DOP (Diocid-Pthalate) Testi :

Bu cihaz HEPA filtrelerin sahada montajından sonra yapılan verimlilik testleridir. Thermal jeneratör kullanılarak üretilen partiküllerin konsantrasyonu (0,3 µm çapında) hepa filtreden önce ve sonra photometre cihazları ile ölçülerek filtre verimliliği hesaplanır.

Karışık (Türbülans) Akışlı Temiz

Odalar: Bu tip odalarda Şekil 1'de görüldüğü gibi hava tavan seviyesinden doğrudan asma tavana monte edilen hepa filtrelerden geçirilerek odaya üflenir ve döşeme seviyesine yakın bir yerden toplanır. Bu hava dağıtım yöntemi ile temizlik sınıfı 10.000 ve 100.000 olan temiz oda standartını karşılamak mümkündür.



Şekil 1 - Karışık Akışlı Temiz Oda

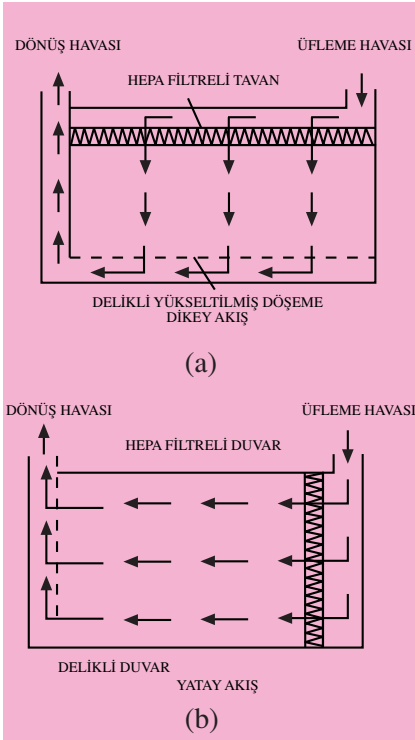
Düzgün (Laminer) Akışlı Temiz Odalar: Düzgün hava akışlı sistem kullanılarak, istenilen en yüksek hava temizlik sınıfına ulaşılabilir. (Clas 1-Clas 100) Bu prensibe göre hava sabit hızda paralel akım çizgileri doğrultusunda hareket ederken beraberindeki kirleticiler de en kısa yoldan toplama kanallarında toplanarak klima santraline gönderilir. Temiz odalarda havayı bu şekilde yönlendirmenin iki alternatifi vardır.

- Dikey aşağı doğru akış
- Yatay Akış (Şekil 2)

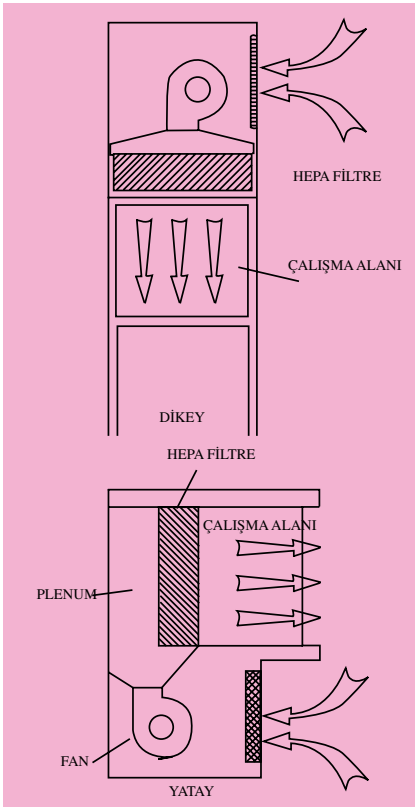
Düzgün hava akışlı temiz odalarda hepa filtre çıkışında hava hızının çok düşük tutulması havanın daha düzgün olarak akmasına neden olmakta fakat çok düşük hava hızları temiz odalarda zayıf ısı kaynaklarından ve insanlardan üreyen ısı nedeniyle oluşan termik yükselme hızını yenememekte ve oda içerisinde türbülans olanağını arttırmaktadır. Konfor şartlarında bir odada insanın başı üzerindeki durgun havada termik yükselme hızının 0,2 m/s olduğu göz önünde tutularak düzgün akışlı bir odadaki hava hızı 0,1 m/s sapma ile 0,45 m/s önerilmektedir.

Laminer Akışlı Kabinler (Laminer Flow Cabinet) :

Düzgün akışlı temiz odaların daha ekonomik olabilmesi için son yıllardaki temiz oda teknolojisinde, temiz oda içerisinde düzgün akışlı çalışma alanının minimumda tutularak sadece bu alanın düzgün akışlı sistem kullanılarak temizlik sınıfının yükseltilmesine yönelik araştırmaların ön plana çıktığı gözlenmektedir. Laminer hava akışlı cihazların amacı havayı, içinde bulunan canlı ve cansız kirleticilerden minimum yatırım



Şekil 2 - Düzgün (Laminer) Akışlı Temiz Odalar



Şekil 3 - Dikey ve Yatay Hava Akışlı Laminer Kabinler

ve işletme maliyeti ile maksimum ölçüde temizlemektir. Laminer hava akışlı kabinleri dikey ve yatay akışlı olmak üzere iki alternatifli olarak üretilmektedirler (Şekil 3). Bu cihazlar genellikle hava sirkülasyonunu frekans kontrollü bir fan aracılığı ile kendisi sağlayan

hava ihtiyacını ise temiz oda içerisinden temin eden hepa veya ultra filtre yardımı ile havayı temizleyen cihazlardır.

Hava Kiliti (Air Lock): Temiz oda girişlerinin kurallara uygun olarak yapılabilmesi için temiz oda girişlerinde hava kilitlerinin kullanılması zorunludur. Hava kiliti, iki kapıdan oluşan, hepa filtre yardımı ile temiz hava üflenen küçük bir odacıktır. Diğer odaların basınç değerlerinin bozulmaması için birinci kapı kapanmadan ikinci kapının açılmaması için gerekli önlemler alınmalıdır.

Temiz Oda Basınç Değerleri : Temiz oda uygulamalarında genellikle standart hale gelmiş olan Hava Klidi'nin, değişim odası, koridor ve temiz odalar kombinasyonundaki tüm odaların atmosferik koşullardan korunabilmesi için basınç altında tutulması zorunludur.

Farklı temizlik sınıfından oluşan mahallerde hava mutlaka yüksek temizlik sınıfı mahalden düşük temizlik sınıfı mahale doğru akmalıdır.

Temizlik sınıfına haiz bir oda ile temizlik sınıfına haiz olmayan bir oda arasındaki basınç farkı minimum 15 pa, temizlik sınıfına haiz iki oda arasındaki basınç farkının minimum 10 pa olmalıdır. (B.S 5295/1)

Temiz Oda Tasarım Şartları: Temiz odalarda sıcaklık ve nem kontrolündeki amaç; üretilen üründen kaynaklanan özel koşullar dışında, temiz odada çalışan insanlar için

konforlu bir ortam temin edebilmektir. Temiz odalarda özel giysiler içinde çalışan insanların terleyerek daha fazla kirleticiler üretmemesi için konfor koşullarının çok yüksek seviyede tutulması zorunludur.

Özel koşullar belirtilmediği sürece temiz odadaki iç hava dizayn koşulları sıcaklık 22°C, bağıl nem % 45 olarak ASHRAE ve NEBB (Netional Environmental Balancing Bureau) tarafından önerilmektedir.

Hava Değişim Sayısı: Temizlik sınıfı 10.000 ila 100.000 arasındaki odalarda tavsiye edilen hava değişim sayısı saatte 20 ila 30 arasında, temizlik sınıfı 1, 10 ve 100 grubunda saatte değişim sayısı 600 ila 700 arasında tavsiye edilmektedir.

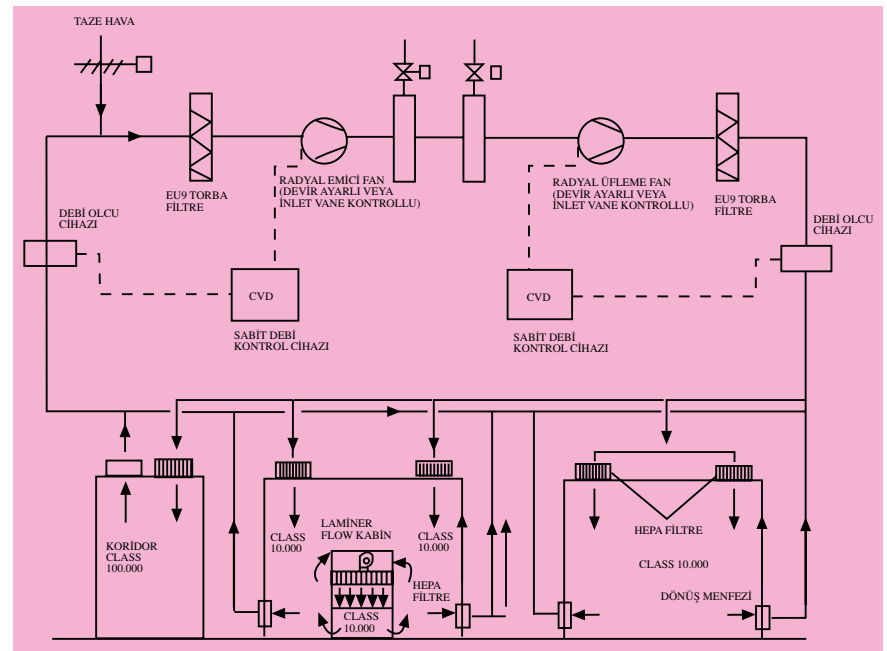
3- İlaç Fabrikası Temiz Oda Tasarımı

Temiz oda tasarımı ciddi bir ekip çalışmasını gerektirir. Bu ekip içerisinde

- İnşaat
- Mimari
- Elektrik
- Mekanik

grupların yanı sıra, ilaç fabrikasının mühendislik üretim, kalite güvence grubunun da yer alması gerekmektedir. Bu tasarım grubunun yapacağı çalışmalar aşağıda açıklanmıştır.

- Temiz odalarda üretilcek ürünün tipi ve kapasitesi mal sahibi tarafından belirlenir.
- Mimari grup GMP gibi uluslararası standartların yanı sıra Sağlık Bakanlığı'



Şekil 4 - İlaç Fabrikası temiz oda uygulaması

nın temiz odalar ile ilgili yönetmelikleri hakkında bilgilendirilmelidir.

(Örnekleme gerekirse, penicilin ve sefo-
bid gibi ilaçların mutlaka birbirinden
bağımsız binalarda üretilmesi gibi)

- Fabrika yetkililerinden alınacak cihaz bilgileri ve boyutları göz önünde tutularak üretim ve ofis alanları mimari ve statik avan projeleri hazırlanır.
- Üretim mahallerindeki ekipmanlar gerçek boyutlarına göre mimari projeye işlenir. (Lay-Out)
- Fabrika yetkililerince üretim mahallerinin temizlik sınıfı ve mahallerde Laminer Flow cihazının kullanılıp kullanılmayacağı belirlenir.
- İç hava tasarım koşulları (sıcaklık, nem) üretim sorumlularının görüşleri alınarak belirlenir.
- Temiz oda içerisindeki ekipmanların gereksinimleri olan basınçlı hava, vakum, buhar, temiz su, kondens, egzost havası gibi ihtiyaçların kapasite ve özellikleri imalatçı firma kataloglarından belirlenir.
- Cihazların yaydıkları ısıların 24 saatlik dağılımı belirlenir.
- Temiz oda kombinasyonundaki her bir bölgenin ısı kaybı, kazancı ve mahallere gönderilecek hava miktarları hesaplanır.
- Hesaplanan hava miktarları temiz oda sınıfına uygun değişim sayıları ile mukayese edilir. Hesaplanan hava değişim sayısı standartlarına uygun hava değişim sayısının altında kalıyor ise hava değişim sayıları revize edilir.
- Mahaldeki pozitif basınç değerini yakalayabilecek dış hava miktarı belirlenir.
- Temiz odada düşük bağıl nem değerleri istendiği takdirde, psikrometrik çalışmaların yapıp kimyasal nem alıcı kullanılıp kullanılmayacağı belirlenir.
- Özel sızdırmaz asma tavanlarda hepa filtre ve aydınlatma armatürleri yerleşimi yapılır.
- Döşeme seviyesine yakın bir yerdeki emiş menfezleri yerleri belirlenir. Aşağıya inen kanallar için inşai önlemler alınır.
- Kanal tasarımı gerçekleştirilir. Emiş ve gidiş hattı basınç kaybı hesaplanır. Gidiş hattı üzerindeki hepa filtre basınç kaybı kirlilik faktörü göz önünde tutularak seçilir.
- Hesaplanan kapasitelere uygun klima santrali seçimi yapılır. Klima santralleri fanları, sistemde kullanılan filtrelerin (EU5, EU9, HEPA) kirli haldeki basınç kayıpları esas alınarak seçilmelidir. Fanlar

sabit hava debisini karşılayabilmek için frekans kontrollü seçilmelidir.

- Doğrudan atmosfere egzost edilen hava ilaç tozları veya formaldehit gibi gazları içeriyorsa egzost edilen havadaki zehirli gazlar scrubber cihazları ile temizlenmeli, tozlar ise HEPA filtrede tutularak temizlendikten sonra atmosfere verilecek şekilde sistem tasarımı yapılmalıdır.
- Temiz odalarda sıcaklık, nem ve basınç değerlerinin sürekli gözlenmesi ve kaydedilmesi zorunluluğundan dolayı kontrol sistemi, bina otomasyonuna uygun projelendirilmelidir.
- Sistemin 365 gün 24 saat problemsiz çalışacağı düşünülerek mekanik tesisat şartnamesi hazırlarken aşağıdaki hususlar mutlaka göz önünde tutulmalıdır.
 - Tüm hava kanalları yüksek basınçta sızdırmazlık testine tabi tutulacağı için kanal imalatının özel sızdırmaz flanşlı ve DW 142 veya SMACNA şartlarına uygun imal edilmesi,
 - Tesisattaki tüm siyah boruların tercihen dikişsiz olması ve boyadan evvel kumlanması,
 - Boruların iç yüzeyinde oluşacak korozyonu engellemek için özel kimyasallar kullanılması,
 - Uygulamada kullanılacak tüm ekipmanların imalat, kapasite testlerinin ulusal ve uluslararası standartlara uygunluğu,
 - Tüm imalatların sertifika sahibi elemanlar tarafından yapılması, standartlara uygun testlerin yapılması,
 - Bir sonraki bölümde anlatılacak test, ayar ve ölçüm çalışmalarının da mekanik tesisat şartnamesinde yer alması gerekmektedir.

Yukarıda açıklanan tasarım koşullarına uygun dizayn edilmiş ve İlaç Endüstrisinde yaygın olarak kullanılan sınıf 10.000 temiz oda ile lokal sınıf 100 temiz bölgeyi temiz oda uygulaması şematik resmi şekil 4'te gösterilmiştir.

4- Temiz Oda Tasarımı ve Uygulamalarında Yapılması Zorunlu Kontroller, Testler ve Ayarlar

Temiz oda uygulamalarındaki testleri ve kontrolleri 4 farklı grupta toplayabiliriz. Bunlar;

- Tasarım Kalitesi (DQ, Design Qualification)
- Uygulama kalitesi (IQ, Installation Qualification)
- İşletme kalitesi (OQ, Operational

Qualification)

- Performans kalitesi (PQ, Performans Qualification) testleri ve kontrolleridir.

4.1. Tasarım Kalitesi Kontrolleri

HVAC tasarımı yapılmış bir ilaç fabrikasında, firma yetkilileri veya müşavir firma tarafından aşağıda belirtilen kontroller yapılır.

- Tasarım ve Teknik Şartnamede firma yetkililerinin özel talepleri yerine getirilmiş midir?
- Tasarım ve Teknik Şartname GMP, Federal Standartlar gibi uluslararası kabul gören standartlara uygun hazırlanmış mıdır?

4.2 Uygulama Kalitesi Testleri ve Kontrolleri

- Uygulamada kullanılacak malzemelerin kalitesinin ve teknik özelliklerinin mekanik şartnameye uygunluğu belgelenmelidir. (Klima santralleri, kazan, chiller, vana, pompa, boru, Hepa filtre, galvaniz sac)
- Tüm boru kaynakları sertifikalı elemanlar tarafından yapılmalıdır. Her on kaynaktan birinin sertifikalı firmalar tarafından röntgenlerinin çekilip uygunluk belgesinin verilmesi gerekmektedir.
- Tüm hidrolik hatlar çalışma basıncının iki katı değerinde hidrolik teste tabi tutulmalıdır.
- Hava kanalları sızdırmazlık testleri DW 142 veya SMACNA standartlarına uygun olarak yapılmalıdır.
- Tüm borular yıkanarak temizlenmeli, temiz su hattı klor şoklaması ile mümkün olduğu kadar sterilize edilmelidir.

4.3 İşletme Kalitesi Test ve Kontroller

- Temiz oda klima santrallerinin soğutma, ısıtma ihtiyacını karşılayan soğutma grubu, kazan, pompaların kapasite ölçümleri yapılarak dizayn kapasite değerleri ile uygunluğu belgelenmelidir.
- Klima santrallerinde aşağıda belirtilen ölçümler ve kapasite hesapları yapılarak dizayn değerleri ile mukayese edilip sonuçlar belgelenmelidir.
 - Soğutucu batarya hava tarafı ve su tarafı kapasite ölçümleri,
 - Isıtıcı batarya hava tarafı ve su tarafı kapasite ölçümleri,
 - Batarya su tarafı basınç kaybı ve kontrol vanası otorite testleri,
 - Fan statik basınç ölçümü,
 - Fan devir ölçümü,

- Hava debisi ölçümü,
 - Filtre basınç kaybı ölçümü,
 - Kimyasal nem alıcı kapasite ölçümü,
- Ölçüm yöntemlerinin tümünün uluslararası standartlara uygun olarak yapılması zorunludur. (NEBB, BS, ASHRAE)
 - Tüm ısıtıcı ve soğutucu bataryalarda su debisi ayar vanaları kullanarak bataryalara dizayn değerine uygun miktarda su gönderilmeli, ayar yöntemi ve sonuçlar belgelendirilmelidir.
 - Tüm üfleme menfez ve anemostatları hepa filtreler ile dönüş menfezleri, kanal branşmanlarında ayar damperleri ve menfez damperleri kullanılarak dizayn değerine uygun hava miktarları temin edilmeli, yöntem ve sonuçlar belgelendirilmelidir.

- Hepa Filtre Testleri

Sertifikalı Hepa filtreler montajdan sonra mutlaka aşağıda belirtilen testlerden geçmelidir.

- Filtre 0.3 µm için partikül tutuculuk testi (DOP test)
- Filtre çerçevesi ile filtre kabini arasında sızdırmazlık testleri
- Filtre alın yüzeyindeki hava hızının tasarım değerlerine uygunluğu

4.4 Performans Kalite Testleri

Temiz odaların işletmeye alınabilmesi özellikle ilaç üretiminin başlatılabilmesi için mutlaka yapılması zorunlu testlerdir. Bu testlerin olumlu olması durumunda sistemin üretim uygunluğu (Validasyon) onaylanır ve üretim başlayabilir.

Performans testleri aşağıda belirtilmiştir.

- Sıcaklık ve Nem Testleri

Kalibreli sıcaklık ve nem ölçüm cihazları kullanarak temiz odada nem ve sıcaklık ölçülür. Dizayn değerine uygunluğu belgelendirilir. Bu değerler sürekli olarak Termograf Higrograf cihazları kullanılarak kayıt edilir ve gözlenir.

- Temiz Oda Basınç Testleri

Odalar arası basınç farkları, U manometre, dikey manometre veya kalibreli basınç göstergesi (Magnehelic) kullanılarak ölçülür, ölçülen değerler belgelendirilir. Temiz oda çalıştığı süre boyunca basınç değerleri sürekli gözlenir ve kaydedilir. Sonuçlar belgelendirilir.

- Temiz Oda Partikül Ölçüm Testleri

Temiz odada en son yapılan ölçümlerdir. Bu test yapılmadan önce odadaki incele inşai işlerin temiz oda standartlarında yapıldığı kontrol edilir.

Temiz oda içerisindeki değişik çaptaki uçucu maddeler optik partikül okuyucuları ile okunup kayıt edilir. Örneğin sınıf 100 bölge için 1 m³ hava içerisinde 0.5 mikron çapındaki partikül sayısı 3530'un altında ise bu bölgede artık sınıf 100 koşullarında üretim veya çalışma yapılabilirlik izni verilir.

SONUÇ

Steril bir ürün elde edebilmek için tasarlanan "Temiz Oda"larda yapılacak tasarım veya uygulama hatası sonucu ölüm olaylarının ortaya çıkacağı aşikardır. Gerek tasarım gerek uygulama aşamasında yapılan DQ, OQ, IQ

ve PQ test ve kontrollerinin amacı tasarım ve uygulamanın çok yüksek kalitede yapılmasını sağlamak ve olası hataları önlemektir. Benzer kontrol yöntemlerinin konfor ve diğer endüstriyel tesislerin HVAC Projelerinde uygulanması ile gerek işveren, gerek tasarımcı, gerek uygulayıcıların maddi ve manevi kayıplarının büyük ölçüde önüne geçileceği ve beraberinde kalitenin yükseleceği hususunun göz ardı edilmemesi gerektiğine inanıyoruz.

KAYNAKÇA

1. ASHRAE, Fundamentals
2. Quality Rules in Sterile Products Manufacture, John SHARP.
3. Federal Standart 209 E.
4. Producedural Standards for Certified Testing of Cleanrooms, National Environmental Balancing Bureau.
5. AAF Clean Room Information.
6. LUWA, Clean Room Technology.
7. British Standart BS 5295, Specification for clean Rooms.
8. CAMFIL, Filter Engineering.
9. Standards for Clean Rooms, American Society for Testing and Materials.
10. WILING H.S. GMP for Pharmaceuticals
11. BİLGE M. "Temiz Oda Teknolojisi ile İlaç Endüstrisinde Temiz Oda Uygulamaları" Tesisat Mühendisleri Dergisi Klima Özel Sayısı

Mustafa Bilge: Dr. Mak.Yük.Müb.

1979 yılında S.D.M.M.A'den makina mühendisi, 1981 yılında Yıldız Üniversitesi Makina Mühendisliği bölümünden yüksek makina mühendisi, 1988 yılında Dr. Mühendis olarak mezun oldu. 1979-1981 yılları arasında Bayındırlık Bakanlığı Yapı İşleri Bölge Müdürlüğü'nde kontrol mühendisi olarak, 1981-1988 yılları Y.Ü.Mak. Mühendisliği bölümünde asistan ve öğretim görevlisi olarak, 1989-2000 yılları arasında Sönmez Metal A.Ş'de Proje ve Teknik Hizmetler Koordinatörü olarak görev yaptı. 2000 yılından beri kurucusu olduğu MECON firmasında şirket müdürü olarak çalışmaktadır.

Dürriye Bilge: Doç.Dr.

1981 yılında Yıldız Üniversitesi Makina Isı Proses dalında Yüksek Lisans öğrenimini tamamladı. 1982 yılında aynı üniversitede Termo-dinamik Ana Bilim Dalında araştırmacı görevlisi olarak başladığı görevini, 1988 yılında doktorasını tamamladıktan sonra balen Doç.Dr. olarak sürdürmektedir.

Hastanelerde Steril Alan Planlama Kriterleri

H. Metin Kenter; Dipl. Ing.
Yük. Isı ve Enerji Müh.

ÖZET

Son yıllardaki gelişmeler, planlamacıları hastanelerdeki steril alanlarda daha fazla ekonomik olma yönünde düşünmeye zorlamaktadır. Havanın temizliğinin yanı sıra ilk sırada ve aynı değere sahip olarak, bugün yatırım ve işletme giderlerini görmekteyiz. Modern steril alanlar bu nedenle personel, hasta ve malzeme akışının ve ameliyat yönteminin kendine özgü özelliklerine uygun olarak tasarlanmaktadır.

Planlanan steril alanlarda uygulanacak yöntemin ayrıntılı bir analizi de projelendiren steril alan mühendisine, özel amaca uygun bir konseptinin hazırlanması için gerekli temel bilgileri sağlayacaktır. Bu nedenle planlamanın daha erken aşamalarında, bir uzman olarak duruma göre en ekonomik ve çevreyi gözetken konsepti hazırlayacak ve aynı zamanda beklenen temizlik düzeyine steril alanın işletmeye alınmasında da ulaşılmasını sağlayacak bir steril alan mühendisinin devreye sokulması gerekecektir.

Criterion For Planning a Sterilized Area in Hospitals

ABSTRACT

Recent developments encountered within the recent years have forced the planners to be more economical in planning the sterilized areas in the hospitals. Today, we consider the investment and operational expenditures in the first importance together with the cleanliness of the air. Modern sterilized areas are therefore being designed in accordance with the flow of personnel, patient and material and also in accordance with the unique peculiarities of surgical methods.

A detailed analysis of the procedures that shall be applied in the planned sterilized areas and this analysis will be made available for the engineer of sterilized area, and this analysis shall also provide the basic data as well for the preparation of a conception suitable for this purpose.

For this reason, in the early phases of planning, a sterilized area engineer should be employed who, as an expert, shall prepare the most economical and environmentally protective concept and also shall achieve providing and putting into service a sterilized area having the expected cleanliness level.

Giriş

Hastanelerde steril alanların planlanması ve iklimlendirilmesi diğer mekanlardan ayrı

olarak ele alınması gereken hassas bir konudur. Ameliyathaneler, yoğun bakım üniteleri, steril izolasyon kabinleri, sterilizasyon bölümleri, laboratuvarlar gibi steril olması gereken alanlara bütün yan etkenler göz önüne alınarak özel çözümler geliştirilmelidir.

Bu gibi ortamların hijyenik olarak plan-



Şekil 1: Steril bir alanın basamak basamak planlanması

lanmasında, esas olarak yedi harici ve zorlayıcı unsur rol oynamaktadır:

1. Enfeksiyon oranlarının yükselmesi
2. Dışarıdan gelen mikropların hassas bölgelere girmesinin engellenmesi.
3. Hastane personelinden hastaya mikrop bulaşmasının engellenmesi
4. Hastadan hastaya mikrop bulaşmasının engellenmesi
5. Hastadan hastane personeline mikrop bulaşmasının engellenmesi

6. Yeni talimatname, yönerge ve standartlar
7. Yenilikçi fikirler, yeni ve bugüne kadar henüz denenmemiş, yeni yöntemlerin gereksinilmesi.

Steril alan oluşturma kararını almak durumunda olan bir kullanıcı, önce birçok soru ile karşı karşıya kalmaktadır:

- Hangi mekanlar hijyenik mekan olarak planlanmalı?
- Steril odalar nereye yerleştirilmeli?
- Hangi hijyen kategorisi gerekiyor?
- Bu kategorinin koşulları en iyi nasıl gerçekleştirilebilir veya hangi hava giriş sistemini seçmek gerekiyor?
- Hava temini merkezi mi, yoksa desantral mı seçilmeli?
- Çevreyi oluşturan yüzeyler (tavan, duvar, taban) ne şekilde oluşturulmalı? vb.

Yatırımı ve maliyeti optimize edilmiş bir hijyenik mekan oluşturma hedefini göz ardı etmeden, binanın daha ön projelendirme aşamasında, entegral bir planlamaya büyük önem verilmelidir. Bu yaklaşım daha baştan itibaren işveren, kullanıcı, mimar ve steril alan mühendisi arasındaki işbirliğini öngörür. Sürekli diyalog yoluyla, steril odaların oluşturulması "basamak basamak" gerçekleştirilmelidir (Şekil 1).

Planlama Kriterleri

Asıl konumuz olan iklimlendirme sistemine girmeden önce, iklimlendirme sistemlerini önemli ölçüde etkileyen diğer faktörlere de kısaca değinmek istiyoruz:

Yer

İlk olarak yer sorusunun açıklığa kavuşturulması gerekir. Bir binanın steril alan yapımı için uygun olmayan noktalarından, örneğin geniş yüzeyli pencerelere sahip güneş yarıklarından, güneş ışınlarının güçlü etkisi nedeniyle soğutmada ek yükler ve dolayısı ile işletme esnasında yüksek maliyetler ortaya çıkacağından, mümkün olduğu kadar uzak durulmalıdır. Ancak böyle bir yerin seçimi kaçınılmaz ise, o zaman da harici güneş koruyucu jaluzi, folyo veya renkli camlarla ilgili ek giderlerden tasarruf etmemek gerekir.

İçine klima cihazları, soğutma grupları ve steril alanlardaki süreç için gerekli diğer

grupların yerleştirilebileceği bir teknik mekanın, hijyenik mekanın mümkün olduğu kadar yakınında olmasına özen gösterilmelidir.

Bu, bir taraftan, hijyenik mekana giden kanal ağı veya boru sistemi ile ilgili yatırım maliyetlerinin düşük olmasını, diğer taraftan da, steril hava, gaz ve basınçlı hava nakli sırasında sürtünme kayıpları, kompakt bir kanal sisteminde steril alan ile teknik mekan arasında uzun bir mesafe olması durumundaki kadar büyük olmayacağından, enerjiden tasarruf edilmesini sağlar

Hijyen Kategorisi

Bundan sonraki adımda, uygun hijyen klasının seçimi ile ilgili soruyu açıklığa kavuşturmak gerekecektir. Bu klas, genel olarak kullanılacak mekan veya bununla ilgili kritik strüktürel ölçüler, maksimum izin verilen mikrop sayısı, mevcut talimatnameler (örneğin DIN 1946/4) veya kullanıcı tarafından öne sürülen taleplerle bağdaşık olarak, zaten önceden bellidir.

Hijyen kategorisi saptandıktan sonra steril olmayan bölgelerden, steril bölgeye partikül girişini önlemek için, artı basıncın ne şekilde yönlendirileceği belirlenir. Burada da iklimlendirme sisteminde havanın doğru ayarlanması büyük önem kazanır.

Steril Alanların Oluşturulması

Bir hastanede yüksek hijyen standardını sağlamak için hastanelerdeki teknik ve sağlık personelinin disiplinli davranışı, steril alanların ve kullanılan aletlerin düzenli ve dikkatli bir şekilde dezenfeksiyonunun yapılmasının yanında, yapım sırasında yer, duvar, tavan, kapılar, pencereler ve ışıklandırma için kullanılan malzemeler de büyük önem taşımaktadır. Bunların kolay dezenfekte edilebilmesi, dezenfeksiyon maddelerine dayanıklı olması, toz tutmaması ve üzerlerinde mikropların üremesine sebep olacak pürüzlerle aralıkların olmaması gereklidir. Özellikle duvar, tavan, ışıklandırma sistemlerinin ve kapıların uygulamasında özel bir itina gereklidir. Aksi takdirde iklimlendirme sistemi ile artı basıncı sağlayacak olan havanın doğru bir şekilde yönlendirilmesi çok güçtür.

Hijyenik mekanlarda steril bölgelerden beklentiler ve teknik donanımdan taleplerin düzeyi giderek yükseldiği ve bunlar da sonuçta doğrudan işletme ve enerji maliyetleri ile ilgili olduklarından, kullanıcının, kritik

steril alanın tam olarak tespit edileceği ve sınırlandırılacağı hassas bir personel, hasta ve malzeme akış analizi yaptırmasında yarar vardır. Bir Steril Alan Mühendisi, en geç bu aşamada devreye sokulmalıdır. İklimlendirme sisteminin insan ve malzeme akışına uygun olarak tasarlanması gereklidir.

İklimlendirme Sistemi

İklimlendirme sisteminin ödevin steril alana sadece mikropsuz hava üfleme ve artı basınç sağlayarak kirli mekanlardan mikroplu havanın girmesini engellemekle sınırlandırılmaz. Bunun yanında odadaki ısı yükünün alınması, sağlık personelinin ve hastaların temiz hava ihtiyacının karşılanması, narkoz gazlarının uzaklaştırılması, çapraz kontaminasyonların engellenmesi, mikrop sayısının düşürülmesi ve sağlık personelinin rahat bir ortamda çalışıp konsantrasyonunu uzun zaman koruması, en az işletme masrafı ile sağlanmalıdır.

Hijyen bir mekanda iklimlendirmeye ilgili isteklerde, yani sıcaklığın ve bağıl nemin kontrolünde, genelde steril bölgenin gerektirdiği şartlar dikkate alınır. Bazı hallerde ameliyatın türü ile ilgili nedenlerden sıcaklık ve bağıl nem, dar sınırlar içinde sabit tutulmak zorundadır. Eğer böyle bir talep söz konusu değilse, ihmalkar bir tutumla genel olarak bağıl nem kontrolünden hemen vazgeçiliverir. Ancak burada, hava neminin ayarlanması yalnızca elektrostatik yoğunlaşmayı önemli ölçüde azaltmakla ve dolayısı ile tozların dolayısı ile mikropların da yüzeylere yapışmasını engellemekle kalmayıp, aynı zamanda, özellikle kış aylarında kuru havanın insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkilerinin azaltılmasına neden olduğundan, çalışma ortamının ve sonuçta da personelin verimliliğini, uzun ameliyatlarda iklimsel şartlardan ötürü konsantrasyonun azalmasını engelleyerek, olumlu biçimde etkileyecektir.

Hava Akım Şeması

Yukarıda yazılan işler tamamlandıktan sonra tüm steril alan iklimlendirme sisteminin nasıl çalışacağına tespit edilmesi gerekir. Bu oluşturulurken ilk önce ameliyathanelerdeki ve steril alanın içinde kalan diğer odalardaki ısı yükü analizinin yapılması gerekir. Bundan sonra ameliyathane adedine göre, dönüşümlü hava, % 100 taze hava veya aynı binada söz konusu iki sistem birden, ama ayrı alanlarda kullanılabilir. Hangi sistemin nasıl kullanılacağına tesbitinde ameliyathanelerin sayısı

büyük rol oynar.

1- Dönüşümlü hava, bir klima cihazı sadece bir ameliyathane için öngörülmüşse uygulanabilir. Bu sistem kendi içinde ikiye ayrılır:

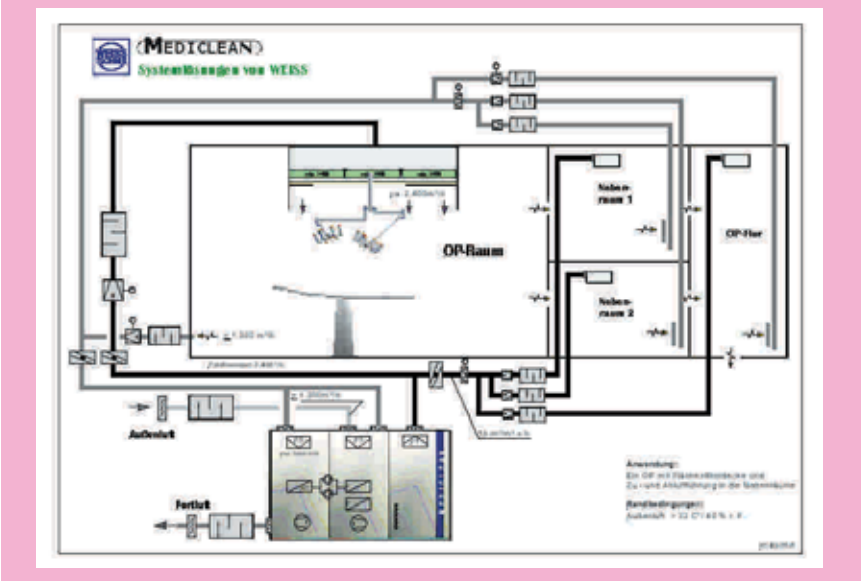
- a) Klima cihazı üzerinden dönüşümlü hava temini
- b) Ameliyathane tavan ünitesi üzerinden dönüşümlü hava temini. Özellikle bu sistemde klima cihazları için gerekli olan alan en az seviyeye indirilebilmektedir.

Her iki sistem için de ameliyathanelere en azından 1.200m³/h taze hava gereklidir. Bu taze hava ameliyathanelerden direk olarak dışarıya atılır. Eğer ameliyathanelerin havasının birbirine karışması önlenmişse, bir taze hava santralından iki veya daha fazla dönüşümlü hava ünitesine hava basılabilir.

2 - İki veya daha fazla ameliyathane bir klima cihazı üzerinden havalandırılacaksa iklimlendirmenin işletme açısından daha maliyetli olan %100 taze hava ile yapılması gerekir. Bir hastanede bütün ameliyathanelerin ve steril bölgelerin sadece bir klima cihazı üzerinden iklimlendirilmesinin benim görüşüme göre kesinlikle yapılmaması gerekir, çünkü sistemdeki basit bir arıza bütün sistemin çökmesine neden olur. Bu hem hastanın sağlığı açısından hem de hastaneye getireceği mali kayıplar açısından oldukça sakıncalıdır. Hava akım şemasının üzerinde hangi sistemle çalışıldığı, kaç klima cihazı kullanılacağı ve konfigürasyonları, kanal ekipmanları, hava debileri, hangi kanal sisteminin, hangi alanları havalandırdığı gibi bilgilerin olması gereklidir (Şekil 2)

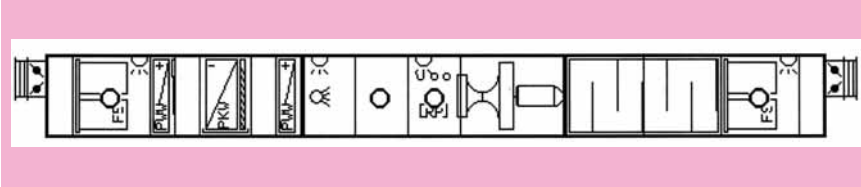
Klima Cihazı

Klima cihazı iklimlendirme sisteminin kalbidir. Sistemin iyi çalışması için klima cihazının seçiminde aşağıdaki hususlara dikkat edilmesi gerekir: Klima cihazları DIN 1946/4' de istenilen, DIN 24194' te tarif edilen sızdırmazlık Klası 3' e göre en az 2500 Pa basınca kadar sızdırmaz olmalıdır. Muhakkak çift cidarlı olması ve iyi bir dezenfeksiyonun sağlanması için iç yüzeylerinin düz, panellerin birleşim yerlerinin de çıkıntısız olması gerekir. Klima cihazlarının düzeni DIN1946 /4' de belirtildiği gibi sızdırmaz klape, ön filtre, gerekirse ön ısıtıcı, dezenfeksiyon hücresi, soğutucu serpantin, dezenfeksiyon hücresi, ısıtıcı serpantin, nemlendirici, vantilatör, susturucu, ikinci basamak



(Şekil 2). filtre şeklinde olmalıdır (Şekil 3). Bazı özel durumlarda özellikle tesisat katında klima cihazı için yeterli alan olmadığı zaman, nemlendiricinin, susturucunun ve ikinci basamak filtrenin kanal sistemi içine konmasında, hijyenik olması şartı ile sakınca yoktur. Yalnız bu üç ekipman kanal sistemine yerleştirildiği zaman cihazın DIN 1946/4' de istenilen düzene uymadığı için hijyen belgesi alması söz konusu değildir. Serpantinler ve vantilatörler temizleme amacı ile kızaklı olup dışarı çıkarılabilir. Serpantinlerin üzerindeki hava hızı mümkünse 2,5 m/s'yi geç-

memelidir. Bu hem serpantinlerin mümkün olduğu kadar ince tutulup kolay temizlenebilmesini ve dezenfekte edilebilmesini, hem de vantilatörün az elektrik harcıyıp işletme masraflarının düşük olmasını sağlar. Ayrıca serpantinlerin üzerinde mikrop tutmayan bir kaplamanın olması, özellikle soğutucu serpantininin üzerinde mikrop oluşmasını en az seviyeye indirir. Isıtıcı ve soğutucu serpantinlerin kanatçık aralarındaki mesafe normal klima cihazlarında olduğundan daha geniş olmalıdır. Bu serpantininin özellikle alt ve orta bölümlerinde mikrop üremesini en



(Şekil 3).



(Resim 1).

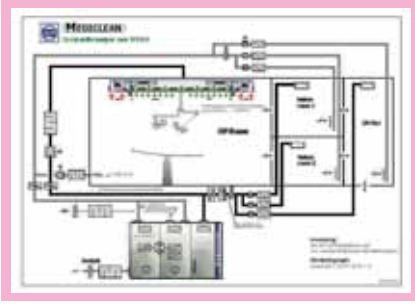
düşük seviyede tutmak için kolay temizlenip, iyi bir şekilde dezenfekte edilebilmesini sağlamak için gereklidir. Yoğuşma tavası ve nemlendiricinin tavası muhakkak paslanmaz çelikten olmalıdır. Filtreler, nemlendirici ve vantilatörün olduğu hücrelerde gözetleme camı ve lamba bulunmalıdır. Vantilatörlerin seçiminde özel bir temizlik gösterilmelidir: Bunlar ön ve HEPA filtrelerinin yükselen basınç farklarını karşılayabilmek için yeterli rezerve sahip olmalıdır. Vantilatör, burada filtre sisteminin basınç kaybı yükselirken hacim akışı çok az değiştiğinden, geriye kıvrımlı vantilatörlerde olduğu gibi, mümkün olduğunca dik bir karakteristiğe sahip olmalıdır. Motor çalışma ısısını mümkün olduğunca düşük tutabilmek ve böylece de soğutma sisteminin işletme giderlerinden tasarruf edebilmek için, ayrıca vantilatörün çok iyi bir randımına sahip olması gereklidir. Vantilatörlerin direk tahrikli motorlu yani kayışsız ve salyangoz hücresiz seçilmesi gereklidir. Bu hem vantilatör bölümünde mikrop birikimini engeller hem de cihazın içinin temizmesi ve dezenfeksiyonunda büyük kolaylık sağlar. Filtrelerin pislenmesinden ötürü artan basınç kaybına orantılı olarak hava debisinin ekonomik bir şekilde sabit kalabilmesi motorların üzerine frekans konvertörü konarak sağlanmasında fayda vardır. Steril odalarda kullanılan klima cihazlarını santral tipi ve kompakt tip olmak üzere iki sınıfa ayırabiliriz

1. Santral tipi klima cihazları: Bu tip cihazların yapısı hemen her türlü iklimlendirme sistemlerinde kullanılan klima cihazlarına benzerdir. Genellikle merkezi soğutma suyunun bulunduğu binalarda kullanılmaktadır. Bu tip cihazlar ile yüksek hava debilerini sağlamak mümkündür (Resim 1).

2. Kompakt klima cihazları: Santral tipi klima cihazlarının sahip olduğu bütün özelliklere sahiptir. Bu tip cihazların hava debileri yüksek olmamakla beraber çok az alan kaplamaları, tüm otomatik kontrol elemanlarının, panosunun, soğutma guruplarının, nemlendiricilerinin cihaza entegre edilmiş olması, özellikle bina restorasyonlarında santral tipi cihazlara bir alternatif olarak görülebilir. Yeni binalarda ise klima cihazları için gerekli olan alanın başka amaçlar ile kullanılmasını sağlayarak hastane işletmecisine ek bir gelir sağlamaktadır. Aşağıda tarif edilecek olan resirküle tavan sistemleri ile kombine edildiği zaman 4- 5 ameliyathanenin iklimlendirme ihtiyacını çok düşük bir alanda karşılayabilmektedir (Şekil 4). Ayrıca sisteme yerleş-



(Resim 2).



(Şekil 4).

tirilmesi gereken ekipmanların çoğunu kendi içinde ihtiva ettiği için, mimara ve proje mühendisine büyük kolaylıklar getirmektedir (Resim 2).

Klima cihazlarının hijyenik şartlara uygun olarak yapıldığının muhakkak tarafsız bir merci tarafından belgelenmiş olması gerekir. Genellikle normal klima cihazları bu şekilde uygulandığı vakit, sistemdeki filtreler kirlendiğinde artan basınç, havanın cihazdan sızarak gitmesi gereken yere, yani steril bölgeye ulaşmamasına sebep olmaktadır. Bu da zamanla steril bölgede mikrop sayısının artmasına, odalar arasındaki basınç farklılıklarının bozulmasına, yani sistemin işlevliliğini kaybetmesine sebep olmaktadır. Bu durum genellikle cihaz devreye alındıktan bir iki sene sonra kendisini gösterir. Bu aşamada kullanıcı, sistemi kurandan hiç bir şey talep edemez. Tek çare oldukça pahalı olan HEPA filtrelerini zamanından oldukça evvel değiştirmektir. Filtreler değiştirilirken ameliyathaların durdurulması, yoğun bakımın boşaltılması ve sterilizasyon bölümünün devre dışı olmasının getirdiği ek mali kayıplar ise rakamlarla ifade edilemez.

Hava Girişi

Yer, hijyen kategorisi, mekan oluşturma, insan ve malzeme akış analizi; iklim koşulları, hava akım şeması, klima cihazlarının iç düzeni ve adedi tespit edildikten sonra kullanıcı, mimar, steril alan mühendisi şimdi, korunacak steril alanda gereken partikül kontrolünü sağlayacak olan hava akım türü ile

ilgilenmek durumundadırlar.

Hijyen kategorisi düşük olan steril koridorlar, sterilizasyon bölümü, hasta hazırlama gibi alanlarda hava, HEPA filtrelerinden geçirildikten sonra yüksek karışım menfezleri ile steril alana üflenir. Özellikle düşük hijyen kategorisindeki steril alanlarda kullanılan turbülanslı akış, az partikül içeren hava ile partikül yoğunluğunun azaltılmasından oluşur. Temiz karışım havasının, odadaki hava ile mümkün olduğu kadar hızlı karışımı için ön koşul, akışkan tekniği açısından, alışılmadık menfezler yerine havanın mümkün olduğu kadar yüksek karışım derecesini sağlayan menfezlerle üflenmesidir. Yüksek karışımli hava akımının kullanıldığı bölgelerde partikül yoğunluğunun azaltılması için gerekli hava miktarının hesaplanması genelde, azami ve sabit bir partikül emisyon oranından yola çıkılarak düşünülen, götürü kıstaslarla yapılır ve dikkate alınır. Ayrıca DIN 1946/4 gibi kurallarda da metrekareye üflenmesi gereken hava miktarları belirtilmiştir.

Hijyen kategorisi daha yüksek olan yoğun bakım unitelerinde de hava akımı turbülanslı seçilir, yalnız burada hava debisinin daha yüksek olmasına dikkat edilir. Özellikle bu bölgede yüksek hava değişim katsayısının hastalar üzerinde olumsuz etki yapmasını önlemek için yüksek karışım oranını sağlayacak yüksek kaliteli menfezlerin seçilmesi kaçınılmazdır.

Ameliyathanelerde ise, karşımıza genellikle aralarında bir seçime gitmemizi gerektiren üç alternatif çıkacaktır [2]:

- **Türbülanslı Akım.** Bu tip hava akımı genellikle enfeksiyon tehlikesinin yüksek olmadığı ameliyathaların yapılacağı ameliyathanelerde kullanılır. Türbülanslı hava çeşitli şekillerde üflenebilir:

1. HEPA filtreli yüksek karışım menfezleri ile: Havanın bu şekilde ameliyathaneye üflenmesine karar verildiğinde, en azından altı tane HEPA filtreli menfezin kullanılması gerekmektedir. Bunların ikisi ameliyat masasının baş tarafına, dördü ise ameliyat masasının ortasına yakın bir şekilde yerleştirilmelidir.

2. Şemsiye tipi üfleme: Hava burada küçük ameliyathanelerde, ameliyat masasının ayak tarafında, tavanla duvarın birleştiği yerden,

paslanmaz çelikten imal edilmiş, içinde HEPA filtresi bulunan ve havanın ameliyathaneye şemsiye biçiminde yayılmasını sağlayan bir tavan ünitesi üzerinden üflenir (Şekil 5). Bu sistem özellikle tavanın üç metreden daha alçak olduğu ameliyathanelerde idealdir (Resim3).

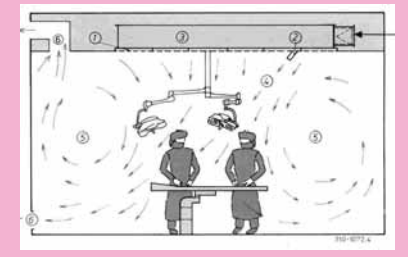
3. Jet destekli sistem: Büyük ameliyathanelerde ise jet destekli tavan ünitesi (Şekil 6) ile ameliyat masasına yönlendirilir. Bu şekilde ameliyat masasındaki mikrop sayısı, ameliyathane tamamına oranla daha alt seviyeye indirilir. Aynı zamanda ısı yükü odada çalışan sağlık personelinin ve hastayı rahatsız etmeden alınabilir. Diğer turbülanslı hava üfleme sistemlerine oranla odadaki ve ameliyat masasının üzerindeki partikül sayısı çok daha düşüktür. Bu sistem daha çok ameliyat sırasında içerde çok personelin ve cihazın olduğu, uzun süren, bunun yanında enfeksiyon tehlikesinin çok yüksek olmadığı operasyonların yapılacağı ameliyathanelerde kullanılmaktadır.

Bu sistemlerde havanın yapılacak olan ameliyatın çeşidine göre nasıl ve nereden üflenmesi gerektiği, havanın hangi hızla ve odaya nazaran kaç derece ısı farkı ile üfleneceğinin çok iyi analiz edilmesi gerekir.

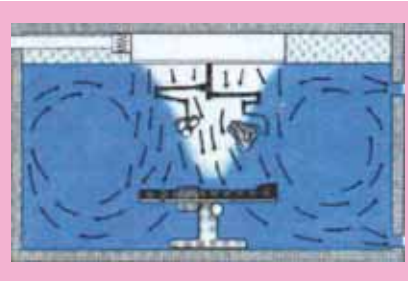
- **Direk Laminer Akım.** Bu sistemde hava ameliyathanedeki kritik bölgeye partiküllerin tanımlanmış olan bir yatay veya düşey akış yolunda doğrudan kritik alanda hava ile dışarı itilmesini öngörmektedir (Şekil 7). Bu tür hava girişi, düşük karışımli itilme akışı (Laminer akım) olarak adlandırılır. Bu tür hava giriş yöntemi ile ilgili en önemli kriter, itilme akış etkisine ucu ucuna ulaşılabilme garanti eden, minimum bir akış hızıdır. Bu da, hava gereksinimini mümkün olduğunca azaltılabilmek için, yan koşulların hassas bir analizini zorunlu kılmaktadır. Örneğin ameliyata en fazla kaç kişi katılacak, cihazlar ne kadar sıcaklık verir ve nasıl yerleştirme olanağı var gibi. Bu tip hava üfleme yapılırken odaya üflenen havanın ısı ile odanın içindeki havanın ısı arasındaki farkın en düşük düzeyde olması gerekir. Belirlenecek olan hava sıcaklık farkı ve hava debisi, ameliyathane tavan ünitesinin alanının büyüklüğünün bulunmasını sağlar. Eğer hava gerektiğinden fazla soğuk üflenirse, veya diğer bir terimle tavan ünitesinin alanı küçük seçilmiş ise üflenen hava ile odadaki havanın arasındaki yüksek farktan ötürü özellikle uzun ameliyatlarda



(Şekil 5)



(Şekil 6)



(Şekil 7)

cerrahların omuzlarının tutulması ve soğuk havadan rahatsız olmaları söz konusudur. Bu yüzden sıcaklık farkının düşük, dolayısı ile hava debisinin yüksek olması gereklidir. Direk olarak ameliyat masasının yanında çalışan insanların ve kullanılan cihazların da bu laminer akımın içinde kalmasına ayrıca dikkat edilmesi gerekir. Bu şekilde çapraz kontaminasyonlar önemli ölçüde engellenir (Resim 4).

- *Dönüştürümlü hava ile çalışan Laminer Akım.* Bu sistem en kritik ameliyathanelerde yapıldığı steril alanlarda (örneğin kalça eklem yeri) kullanılır. Bu durumlarda çok yüksek hava debisi gerekli olduğundan havanın bazı durumlarda kanal sistemi ile steril alana götürülmesi oldukça zordur. Bu yüzden ameliyathane tavan üniteleri içine yerleştirilmiş olan vantilatörlerle resirküle hava kullanılarak yüksek debiler elde etme olanağı bulunmaktadır (Şekil 8).

Bu sistemde genellikle bütün üfleme alanı HEPA filtreleri ile kaplıdır. Tabii ki gerekli olan taze havayı bu sisteme getirmeyi ve bu havayı tekrar dışarı atmamayı unutmamak gerekir [3]. Bu sistemin getirdiği ek avantajlar



Resim 3



Resim 4

ise ameliyathaneye üflenen hava kalitesini yükseltmek, klima santralleri için gerekli olan teknik alanın en az seviyeye indirilmesini ve işletme masraflarını yüksek kalitede en düşük seviyeye indirmeyi sağlamak, havalandırma şaftlarını güçlendirmek, üzerinde birden fazla fan bulunduğu için sürekli işletme emniyetini yükseltmek olarak sıralayabiliriz (Resim 5).

Yukarıda sayılan hava üfleme çeşitlerinin

dışında da hava üfleme imkanları bulunmaktadır, ama pratikte genellikle yukarıda saydığımız sistemler kullanılmaktadır.

Tavan ünitesi seçiminde malzemeyi uzun zaman kullanabilmek için her tarafının, ama özellikle üfleme alanının dezenfeksiyon maddelerine dayanıklı paslanmaz çelikten olmasına dikkat etmek gereklidir. Paslanmaz çeliğin dışında maliyeti daha düşük olan polyster laminizatör ve/veya boyalı sacdan



Resim 5

yapılmış tavan üniteleri bulunmaktadır. Sık sık temizliği ve dezenfeksiyonu yapılması gereken tavan üniteleride polyester temizlenirken yırtılması kolay bir malzemedir ve iyi işlenmediyse bir müddet sonra gevşeme yapar. Bu malzemenin tekrar temininin maliyeti yüksektir. Bu yazıda boyalı galvaniz sacdan yapılmış olan sistemler için bir yorum yapmak istemiyorum. Ayrıca ana aydınlatma sisteminin üfleme alanı dışında asma tavana adapte edilmesi hijyen şartları sağlamak için gereklidir.

Ameliyathanelerde muhakkak dikkat edilmesi gereken konulardan biri de emme menfezlerinin lif tutacak şekilde seçilmesidir. Hava giriş çeşitlerinin yanı sıra, ameliyathanelerden hava emerken dikkat edilmesi gereken noktalar vardır. Ameliyathanelerde havanın tamamı kesinlikle aşağıdan emilmelidir. Diğer steril alanlarda bu mümkündür.

Hava Hazırlama

Steril alanın çalıştırılmasında gerekli olan enerji giderlerinin en düşük seviyeye indirilebilmesi için, tüm sistem prensipte çevrim havası ile çalıştırılmalıdır. Yalnız bu bazı durumlarda yatırım masraflarını yükselttiğinden % 100 taze hava ile çalışan sistemlerin de kurulabileceği yukarıda belirtilmiştir. Gece ve hafta sonlarında, yani steril alanda hiç kimsenin bulunmadığı ve çalışma süreci nedeniyle partiküllerin ortaya çıkmadığı durumlarda hava miktarı, sistemin çalışması, yalnızca artı basıncın tutulmasını

sağlamaya yönelik olduğundan, hava debisi ve otomatik kontrol sadece artı basıncı koruyacak şekilde tasarlanmalıdır.

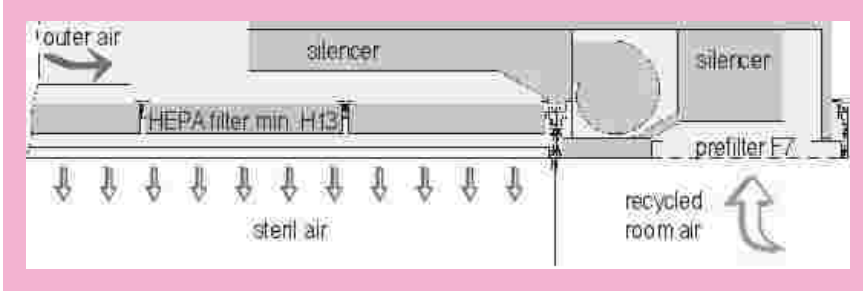
Aynı kural taze hava için de geçerlidir. Taze hava steril alanda çalışan kişiler için gereklidir ve dışarı atılan atık havanın, ki buna artı basınçta dahildir, yerini alır. Bu şekilde ameliyathanelerin kullanılmadığı zamanlar enerji tasarrufu sağlama olanağı bulunmaktadır. Burada dikkat edilmesi gereken en önemli konu hava debisi düşürüldüğü zaman otomatik debi regülatörleri ile kanaldaki havanın oransal olarak ayarlanmasıdır. Eğer bu ayar tam olarak yapılamazsa steril alanlardaki artı basınç kontrolü bozulur. Personel için taze hava oranı, yürütülmekte olan işle bağlantılı olarak, kişisel taze hava gereksinimine uygun olarak tayin edilmelidir. Bunun ötesinde, uygun yüksek basıncın sürekliliğini sağlamak için gerekli olan hava miktarının hesaplanmasında, kapı, pencere ve diğer kapatma yüzeylerinin sızdırma oranları konusunda hassas bir analizin yapılması gerekliliğine dikkat edilmelidir. Örneğin "toplam hava miktarının % 10'u" gibi standart değerler, deneyimlere göre, uygulamaların büyük bir bölümü için çok yüksektir. Çünkü steril alanların özel duvarlarının ve tavan sisteminin sızdırmazlığı, normal duvar ve tavanlara oranla çok daha fazladır. Gerçekten gereksinilen taze hava miktarının titiz bir biçimde hesaplanmasının, steril alana sevk edilen taze

havanın hazırlanması için harcanan enerjinin en alt seviyede tutulması için çok önemlidir. Bu enerji taze havanın yazın neminin alınması ve kışın ise nemlendirilmesi için gerekli olan enerjinin tasarrufudur ve kesinlikle küçümsememesi gerekir. Bu sıralanan özelliklerin dışındaki konular klima cihazı bölümünde ayrıca belirtilmiştir.

Kanal Sistemi

Kanal sistemi bir steril alanın dolaşım sistemidir. Konseptin hazırlanmasında bu nedenle, bu noktada mümkün olduğu kadar az enerji tüketilmesine dikkat edilmelidir. Özellikle enerji tasarrufunu sağlayan ek yatırımlar, kendilerini genel olarak kısa süre içerisinde amorti ederler. Tüm müdahale büyüklüklerinin tam anlamı ile analizi, bu yazının sınırlarını çok aşacaktır. Ancak, aşağıda yine de en önemli noktalara değinilmeden geçilmeyecektir. Söz konusu her steril alan kanal sisteminde, filtre basınç kayıplarını karşılayabilmek için, hava hacim akışı ile ilgili en uygun sevk ve ayar olasılığının seçilmesi gereklidir. Steril alanlarda hava nakli nedeniyle oluşan enerji giderlerinin minimize edilmesi, basınç kayıplarının azaltılması ile sağlanır. Bununla ilgili önlemlere aşağıdaki örnekler verilebilir: [4]

- Kanal sistemi için mümkün olan en büyük kesitin seçilmesi,
- Kanal çevrimlerin optimal tasarımı,
- Ses yalıtıcı, ızgara ve ayar kapaklarının büyük boyutlarda seçimi,



Şekil 8

- Filtrelerin başlangıç basınç farkı, enerji tüketimini önemli ölçüde etkilediğinden, ön filtre ve HEPA filtrelerin büyük boyutlu seçimi.

Enerjiden tasarruf ettiren diğer bir olasılık da, yılın soğuk dönemlerinde dış hava hazırlama için bir ısı geri kazanım sisteminin ön görülmesidir. [5]

Kanal sisteminde yukarıda sayılanların dışında üfleme menfezlerinin mümkün olduğu kadar yüksek karışım oranlı, susturucuların hijyenik, kanal sisteminin yüksek oranlı sızdırmaz olmasına, kanal sisteminin üzerine yeterince bakım kapaklarının yerleştirilmesine ve gerekli yerlere özellikle ameliyathanelere lif tutucu konmasına dikkat edilmelidir.

Klima sisteminin, işletme sırasındaki muhtemel bir arızası nedeniyle ortaya çıkabilecek hasarları önleyebilmek için konsept hazırlığı sırasında, klima sisteminin çalışmasında önemli olan sistem parçalarının yedekli planlanmasına dikkat edilmelidir. Bir steril alan kullanıcısı, sistem arızasının olası riskleri ve bunun sonuçları hakkında mutlak şekilde aydınlatılmalıdır.

Personel

Yukarıda değinilmiş olan önlemler steril alanın optimum tasarımı için gerekli, steril alana uygun bir iş akışının yalnızca burada çalışan personelin de buna uygun olarak davranması ile mümkün olabileceğinin unutulmasına neden olmamalıdır. Deri, saç ve makyajları ile insanlar doğal olarak en büyük "partikül dağıtıcısı"dırlar [6]. Partikül oluşumunu etkileyen en önemli etken de hareketlerin türüdür. Bu problemin önüne, personele steril alanlardaki davranışlarla ilgili destekleyici ve amaca yönelik bilgilerin verilmesi ve özellikle de steril alanlara uygun giysilerin giyilmesinin zorunlu kılınması ile geçilebilir. Partikül oluşumunun azaltılmasının da gerekli hava değişim sayısı, dolayısı ile de temiz hava miktarı üzerinde etkisi vardır. Yani optimum hava değiştirme ile ilgili sorun yalnızca steril alan mühendisinin değildir ve persone-

lini uygun biçimde motive etmesi gereken kullanıcının da angajmanını gereksinir.

Periyodik Bakım

Her teknik sistemde olduğu gibi, steril alan sisteminin de kesintisiz ve sorunsuz çalışmasının sağlanması için belli aralıklarla bakımının yapılması garanti edilmelidir. Buna periyodik bakım programlarının hazırlanması, bakım aralıklarının tespit edilmesi ve uzun bekleme sürelerini önlemek için yedek parça deposunun hazırlanması dahildir. Ön filtrelere özel bir dikkat gereklidir. Çok uzun kullanma süreleri, kirlenme nedeniyle hava direncini artırır ve böylece de vantilatör ve soğutma gücü için gerekli enerji tüketimi de birlikte artar [7].

Sonuç

Steril alanların yatırım ve işletme giderlerinin mümkün olduğu kadar en düşük seviyeye indirilmesi için uygun görülen en önemli etkenler ortaya konulup, açıklandı. Burada, enerji tasarrufunun büyük yatırımlara gerek kalmaksızın, örneğin yalnızca doğru yerin seçilmesi ile bile sağlanabileceği görüldü. Tam tersi, enerji geri kazanımında kanıtlandığı gibi, yüksek yatırımlar, işletme giderlerinden sağlanacak tasarruflarla kısa süreli amortizasyonları da beraberinde getirebilmektedir. Çoğu zaman göz ardı edilen bu noktanın steril alanlardaki iklimlendirme sisteminin günün yirmidört saati ve senenin üçyüzetmişbeş günü çalıştığı dikkate alınacak olursa, doğru planlanmış olan bir iklimlendirme sisteminin özellikle özel hastaneler için ne kadar önemli olduğunu ortaya çıkarır. Yatırım yaparken ucuz sistem almak en geç bir iki sene içinde yatırım masraflarının çok üzerinde işletme masraflarına sebep olarak rekabet ortamında önemli ekonomik yaralar alınmasına sebep olacaktır. Ayrıca mimarın binanın tasarımını yaparken teknik bölüme ayrılacak olan alanın, kompakt sistemler kullanılarak en düşük seviyeye indirilmesi ve o alanın başka işler için kullanılmasını sağlayarak ek bir ekonomik avantaj getirebileceğini de göz ardı etmemek gerekir.

Son olarak önemle belirtilmesi gereken bir konu da steril alanları sadece iklimlendirme açısından ele almayarak, duvar, kapı, pencere, zemin kaplaması, ışıklandırma ile bir bütün olarak görmenin gerekliliğine ve bu yüzden de planlama ve özellikle uygulama aşamasında hastanenin diğer kısımlarından ayrı olarak ele alınarak, steril alan konusunda işinin uzmanı olan firmaların yapmasının gerekli olduğunu özellikle vurgulamak istiyorum.

REFERANSLAR:

Resimler ve şekiller WEISS Klimatechnik GmbH

- [1] Kelticka, G; Mayr, E: Energiebedarf von Reinraumkomponenten Schriftenreihe der SRRT Reinraumtechnik Band 4 (1983).
- [2] Bartz, Dr. H: Reinraumtechnik im Krankenhaus (1992)
- [3] Schmidt, Dr. P: Zur Luftführung in Operationsräumen. HLH 38, (1997).
- [4] Kenter, M; Bartz, Dr. H: Kostenminimierung von Reinraumanlagen Sonderdruck aus Technik am Bau (1991)
- [5] Köster, G: Waermerückgewinnung Technotip Feb. (1988).
- [6] VDI 2083 Blatt 2
- [7] Bartz, Dr. H; Tscherny, F: Verfügbareit von Reinraumanlagen. cci-clima commerce international 9 (1990).

H. Metin Kenter

Almanya'daki Giessen Teknik Yüksek Okulu Isı ve Enerji Bölümü'nü 1984'de bitirdi.

1984-1986 yılları arasında Babcock-BSH firmasında geliştirme Mühendisi olarak, 1986 yılından itibaren Weiss Klimatechnik GmbH'da Temiz Odalar Bölümü'nde Geliştirme, Proje Bölüm Müdürü ve Hessen Bölgesi Satış Müdürü olarak, 1997 senesinden itibaren de aynı firmanın İstanbul İrtibat Bürosu Yöneticisi olarak çalışmalarını sürdürmektedir.

Temiz Oda Standartları ve Laminer Hava Akışlı Tavan Sistemleri

Bora Türkmen
Makina Müh.

ÖZET:
Temiz oda yatırım ve projelerinde önemli kriter olan standartların tarif ettiği partikül değerleriyle birlikte incelenmiş ve diğer standartların yerini alması yakın görünen ISO 14644-1 üzerinde durulmuştur. Ayrıca yüksek hijyen istenilen ortamlarda bunu sağlayabilecek tavan sistemi olan düzgün (laminer) akışı oluşturan elemanın çalışma prensipleri ve faydaları irdelenmiştir.

Classification of cleanrooms and laminar air flow

ABSTRACT:

Cleanroom investment & project preparation requires the observation of important factors such as cleanroom standards which is being explained by observing the required particle parameters & ISO 14644-1 has been investigated which will replace old standards. Also Laminar air flow systems working principles & benefits have been explained which is the only alternative for high hygiene requirements

Temiz oda; daha kaliteli ve iyi hizmet veya imalat için gerekli olan partikül konsantrasyonlarının kabul edilen standartlar çerçevesinde sağlandığı hijyenik ortamlardır. Bahsedilen partiküller toz, atık-anestezik gaz gibi ölü veya mikrop, mikroorganizma gibi canlı parçacıklar olabilir. Bu ultra temiz hava; içerideki kirli havanın egzost edilip yerine filtrelenmiş havanın özel şekillerde verilmesiyle sağlanır. Ayrıca bu güvenlik şartları sağlanırken klasik sistemde olduğu gibi konfor şartları da sıcaklık, bağıl nem, gürültü seviyesi, hava içerisindeki oksijen miktarı, basınç ve hava hareketi de kontrol altında tutulmalıdır.

Temizlik sınıflandırmaları neden bu kadar önemli bir konudur? Temiz odanın hijyen ihtiyacı bilinmeden proje ve yatırım yapılmamalıdır. Ürün ve insanları, gerekli korumanın garanti edilebilmesi ve temiz oda içerisindeki havanın gerektiğinde -Olabil-digince Değil- temiz tutulabilmesi gerekmektedir. Daha iyi temizlik seviyesi, daha yüksek maliyetli koruma projesiyle karşılaşmamızı getirecektir. Buradaki yaklaşım gerekli olan yerlerde, gerekli olduğu kadar hijyenik ortam sağlanması ve global mühendislik anlayışı olan minimum maliyet, maksimum verim anlayışının uygulama noktası olmasıdır.

Temiz odalar iç havasının temizlik kalitesi ile sınıflandırılır. Temiz oda teknolojisinin temel standardı olarak kabul edilen Federal Standart 209'un 1963'te oluşturulmasından sonra; bu standart tüm dünyada 300'ün üzerinde norm, rehber ve tavsiye dökümanlarının oluşturulmasına esin kaynağı olmuştur. Bir çok ülke Federal Standart 209'u baz alarak kendi temizlik sınıflandırmalarını geliştirmişlerdir. Bu noktayı açıklayıcı bir örnek olması amacıyla; Federal Standart 209E'ye göre klas100 (veya M3.5)'ün tarif ettiği temizlik seviyesi Fransa'ya göre klân 4000, Avustralya'ya göre klân 3.5, Almanya'ya göre klân 3 (VDI 2083), İngiltere'ye göre klân E veya F, Japonya'ya göre klân 5 ve Kore cumhuriyetine göre klân M10.000'e denk gelmektedir. Türkiye'de ise hastane iklimlendirmesinde yaygın olarak Alman DIN 1946/4 normu kullanılmaktadır. DIN 1946 kısım 4 standardına göre hastane içerisindeki mahaller klas 1 (çok steril, yüksek hijyen ihtiyacı gösteren ortam; düşük veya çok düşük bakteri ihtiva eden) ve klas 2 (normal steril ortam) olarak sınıflandırılır.

Tablo1 de uluslararası standartların karşılaştırmalı tablosu görülmektedir. Bir çok alanda olduğu gibi bu konuda da Avrupa Birliği standartlarının yakın tarihte tüm dünyada ve Türkiye'de geçerli olacağını varsaymak gerekir. Bu konudaki ISO standartları oluşturulmuş ve hızla diğer normların yerlerini almaktadır. ISO normu ileride sınıflarıyla birlikte daha detaylı incelenecektir. En eski ve en çok kabul gören standart Federal Standart 209'un ilk versiyonlarıdır.(A'dan D'ye kadar) Bu eski standartlar feet küp içerisindeki 0,5 µm'ye eşit veya daha büyük partikül sayımı ile sınıflandırılmışlardır. Bu standardın en son versiyonu olan 209E' de metrik ölçü kullanılmaktadır. Federal standart 209 Amerika'da 1963 yılında oluşturulmuş ve "Temiz oda ve iş istasyonları gereklilikleri, kontrollü çevre" olarak adlandırılmıştır. 1966 yılında 209A, 1973'de 209B, 1987'de 209C, 1988'de 209D ve 1992'de 209E olarak revize edilmiştir. 209D standardına göre 1, 10, 100, 1.000, 10.000, 100.000 olarak verilen klaslar 1 ft³ havada (0,0283 m³) bulunan 0,5 mikron büyüklüğündeki maksimum bulunabilecek taneciklerin sayılarını ifade ederler. 1 m³ havadaki tanecik sayısal değerleri ise sırasıyla 35, 350, 3500, 35.000, 350.000, 3.500.000 dir.(Tablo 2).

İngiliz Standardı BS 5295 (British Standard)

İngiliz standardının yakın tarihte oluşturulan EN ISO 14644-1 normu nedeniyle limitli bir hayatı vardır. İngiliz Standartları 5 bölüm olup bunlar;

- Bölüm0- Temiz odalar ve temiz hava cihazları genel tanımları, terimleri ve açıklamalar (4 sayfa),
- Bölüm1- Temiz oda ve temiz hava cihazları için ayrıntılı açıklamalar (14 sayfa),
- Bölüm2- Temiz oda ve temiz hava cihazlarının dizayn-seçim kriterleri, konstrüksiyonları ve görevleri
- Bölüm3- Temiz oda ve temiz hava cihazları için uygulama ve işletme prosedürleri rehberi (6 sayfa),
- Bölüm4- Temiz oda ve temiz hava cihazlarının BS 5295'e uygun olarak devam etmesini sağlamak için belirlenmiş gözlemler (10 sayfa) şeklindedir.

Ülke ve Standartı	U.S.A. 209D	U.S.A. 209E	İngiliz BS 5295	Avusturalya AS 1386	Fransız AFNOR X44101	Almanya VDI L2083	ISO Standardı
Geçerli Baskı Tarihi	1988	1992	1989	1989	1972	1990	1997
	1	M1.5	C	0.035	-	0	3
	10	M2.5	D	0.35	-	2	4
	100	M3.5	E veya F	3.5	4 000	3	5
	1 000	M4.5	G veya H	35	-	4	6
	10 000	M5.5	J	350	400 000	5	7
	100 000	M6.5	K	3500	4 000 000	6	8

Tablo 1, Uluslararası standartların karşılaştırılması

BS 5295 'in birinci bölümünde açıklanan 10 ayrı temizlik sınıfı vardır. Tüm klaslarda güvenliğe uygunluğu sağlamak amaçlı olarak en az iki ayrı partikül büyüklüğünde sayım yapılır. Örneğin E ve F sınıfı tayinleri 0,3 µm partikül sayımı hariç birbirine denktir. Tablo 3'de İngiliz normuna göre sınıflandırma ve Birim hava içerisindeki partikül miktarları verilmiştir.

ISO Standartları ISO 14644-1

Temiz oda sınıflandırmasında çok fazla sayıda standart olması ve bunların tanımlarının, partikül sayımlarının ve baz aldığı partikül boyutunun farklılık göstermesi, bu konuda yeni bir standardın oluşturulma gerekliliğine itmiştir. Standartlarda; mikro-elektronik (ince film teknolojisi, baskı, foil kaplama, hassas bilgisayar vb.), tıp (ameliyathane, laboratuvar, biyokimya, genetik vb), ilaç sanayi ve gıda sanayi gibi birbirinden farklı alanlarda farklı norm ve sınıflandırmalar kullanılmaktadır. Bu değişik standartlar, karşılaştırmalarda, partikül ölçümlerinde, kabul ve rutin testlerde karışıklığa yol açmaktadır. Bu ihtiyaçtan dolayı ISO'nun - International Organisation for Standardization

- temiz oda ve kontrollü çevre konusundaki teknik komitesi 1993'de ISO/TC 209 olarak kurulmuştur. Bu komite CEN- European Committee for standardisation- tarafından desteklenmiştir. Temiz oda teknolojisinde ilk ISO standardı 1999 Haziranı'nda 14644-1 olarak oluşturulmuştur.

Uluslar arası teknik standardın oluşturulmasındaki gayretlerin iki ana nedeni vardır:

- Genel temeller ve esaslar üzerinde, fikir birliğine varılmış ve onaylanmış global ölçek yaratmak,
- Ticari açıdan teknik engelleri ortadan kaldırmak.

ISO hava temizlik sınıflandırması aşağıdaki formülü baz alır;

$$C_n = 10N (0,1/D)^{2,08}$$

C_n = Dikkate alınan eşit veya büyük partikül boyutunun m^3 içerisindeki maksimum sayısı; (en yakın tam sayıya yuvarlanır, üç basamaktan fazlası alınmaz)

N = ISO sınıf (klas) numarası;

D = Ölçülen partikül büyüklüğü µm;

$0,1$ = Boyut sabiti µm;

Bu formülden çıkarılan ISO temizlik sınıfları ve limitleri Tablo 4 de gösterilmiştir. 0,1µm partikül çapının hava temizlik sınıflandırmasında referans olarak seçilmesi ile çok doğru bir sınıflamaya varılır. Böylelikle US Federal Standart 209E metrik hava temizlik sınıflandırmasından kaynaklanan çekimser anlayışta şık bir şekilde aşılması geleneksel standart ile bağdaşır; Örneğin ISO 5 Klas 100'ün, ISO 8 Klas 100.000 'in yerini alır. Partikül konsantrasyonu ve çapı arasındaki bağlantının 2,08 üssü US FD 209 E'ye göre bu standardın 0,5 µm olan referans partikül çap için partikül konsantrasyonundaki mümkün olan en iyi denkleme sağlar. Böylelikle önceki nesil standartlarla da uyumlu bir bağlantı sağlanmış olur. Yine ISO normunun başka bir temiz oda teknolojisi standardı 14644-2' ye göre belli zamanlarda bir takım testlerin yapılması gerekmektedir. Bunlar;

- Hava temizlik sınıfı doğrulaması,
- Odalar arası basınç değerlerinin doğrulaması,
- Hava hızı(laminer hava akışı için) veya hava akış profiline (türbülanslı hava

Sınıf	ÖLÇÜLEN PARTİKÜL BÜYÜKLÜĞÜ (Mikrometre)				
	0.1	0.2	0.3	0.5	5.0
1	35	7.5	3	1	NA
10	350	75	30	10	NA
100	NA	750	300	100	NA
1.000	NA	NA	NA	1.000	7
10.000	NA	NA	NA	10.000	70
100.000	NA	NA	NA	100.000	700

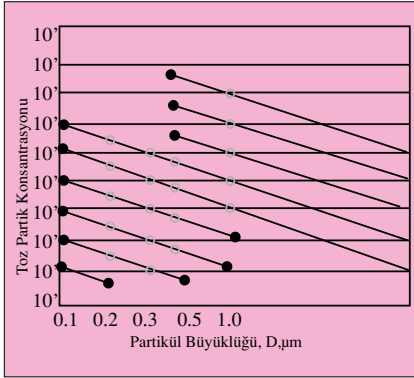
Tablo 2, Ölçülen Partikül Büyüklükleri

Temizlik Sınıfları	Birim m ³ içerisinde bulunabilecek max. Partikül sayısı (eşit veya büyük boyutlar)					Örneklenen temiz odaları maksimum taban alanı	Minimum basınç farkı	
	0,3 µm	0,5 µm	5µm	10 µm	25 µm		Sınıflandırılmış ve sınıflandırılmamış alanlar arasındaki (Pa)	Komşu Yüksek Sınıf ile Alçak Sınıf Arasındaki (Pa)
C	100	35	0	NS	NS	10	15	10
D	1.000	350	0	NS	NS	10	15	10
E	10.000	3.500	0	NS	NS	10	15	10
F	NS	3.500	0	NS	NS	25	15	10
G	100.000	35.000	200	0	NS	25	15	10
H	NS	35.000	200	0	NS	25	15	10
J	NS	350.000	2.000	450	0	25	15	10
K	NS	3.500.000	20.000	4.500	500	50	15	10
L	NS	NS	2.000.000	45.000	5.000	50	10	10
M	NS	NS	NS	450.000	50.000	50	10	NA

Tablo 3

Sınıflandırma numaraları	Partikül büyüklüğünde eşit veya daha büyük max konsantrasyon limitleri (par./m ³ hava)					
	0.1 µm	0.2 µm	0.3 µm	0.5 µm	1 µm	5.0 µm
ISO klas 1	10	2				
ISO klas 2	100	24	10	4		
ISO klas 3	1.000	237	102	35	8	
ISO klas 4	10.000	2.370	1.020	352	83	
ISO klas 5	100.000	23.370	10.200	3.520	832	29
ISO klas 6	1.000.000	237.000	102.000	35.200	8.320	293
ISO klas 7				352.000	83.200	2.930
ISO klas 8				3.520.000	832.000	29.300
ISO klas 9				35.200.000	8.320.000	293.000

Tablo 4, ISO Temizlik sınıfları ve limitleri



Tablo 5

akışı için) doğrulaması,

Bu norma göre partikül sayımı, ISO klas 5 ve daha düşük klas numaraları için 6 ayda; ISO klas 6 ve daha yüksek klas numaraları için 12 ayda bir tekrarlanmalıdır.

Laminer Hava Akışlı Tavan Sistemleri

Temiz oda içerisindeki partikül konsantrasyonları, temiz oda sınıfını tanımlamak için kullanılabilir, ancak kritik noktadaki (yara vs.) fiili partikül yığılması daha önemlidir. Temiz oda tasarımcıları, iç partikül üretimini tümüyle kontrol edemezler veya önleyemezler, ancak iç kaynakları önceden tahmin edebilir ve bunların korunmuş bölge üzerindeki etkilerini sınırlamak için kontrol mekanizmaları tasarlayabilirler.

Temiz alan içerisinde ortaya çıkan partikül kontaminasyonu insanların, temiz oda yüzey kaplamasının, ekipmanlarının çalışması sonucudur. Temiz oda personeli, potansiyel olarak partiküllerin en büyük kaynağıdır. Personel, temiz oda içerisinde, dakikada birkaç bin ile birkaç milyon arasında partikül üretebilir. Bu partiküller genellikle; deri

pulcukları, ter, kozmetikler, saç kılı vb. olur. Personel tarafından üretilen partiküller, personeli devamlı olarak temiz hava ile “yıkmak” üzere tasarlanmış olan hava akımı ile kontrol edilir.

Hijyenik santralde özellikli işlenen ultra temiz hava, paslanmaz çelik veya alüminyum kanallardan geçirilerek ortama verilebilir hale getirilir. Bu son noktada havanın mahal içerisine verilmiş şekline göre 2 ayrı modelleme vardır. Bunlardan biri Karışık (türbülanslı) akış, diğeri ise Düzgün (laminer) akıştır. Yüksek hijyen ihtiyacı olan yerlerde, istenilen hijyen şartları sadece düzgün(laminer) akış ile sağlanabilir. Ameliyathanelerde ; ameliyat masası, operasyon ekibi ve alet masasının bulunduğu bölgede özellikle en düşük mikrop konsantrasyonu elde edilmeye çalışılır. Bunu sağlamak için düzgün akışlı üfleme tavanları geliştirilmiştir. ‘Displacement Flow ‘ olarak da adlandırılan hava dağıtım sistemi ile üflenen ultra temiz hava, kirli bölgenin havasını itererek o bölgede steril hava şartlarını sağlar. Tek yönlü hava akımı, gerçekten laminer bir hava akımı olmamasına rağmen genelde paralel akım çizgileri boyunca temiz bölge dahilinde, tek bir yönde tek bir geçiş yaparak akan hava olarak tanımlanır. İdeal olarak, akış hatlarının kesintisiz olması gereklidir. Hava akışındaki personel ve ekipman, akım hatlarını çarpıtsa bile belirli bir sabit hız yaklaşık olarak elde edilir. Tüm mahalde laminer akış oluşturmak hem zor, hem de gereksizdir. Önemli olan, ihtiyaç duyulan alanda laminer akış yaratılarak, o bölgeyi ultra temiz tutmaktır Düzgün (laminer) akış sistemlerinde hava modelleri ve hava türbülans redüksiyonu optimize edilir. Tavan sistemlerinde hava

tipik olarak tavandan verilerek yükseltilmiş döşeme yan panellerin altından ve tavandan geri döndürülür. Bu birleşim, nominal olarak paralel olan bir hava akışı ortaya çıkarır. Aşağıya doğru akışlı olan bir temiz oda HEPA filtreli bir tavana sahiptir.

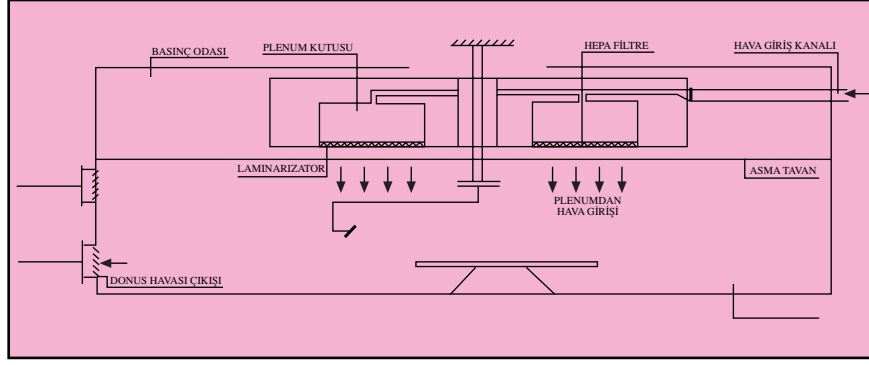
Alçak bir temizlik sınıfı numarası olan bir temiz odada, tavanın büyük bir kısmı HEPA filtresi gerektirir. HEPA filtrelerden oluşmuş tavanı, sızdırmaz hale getirmek için kullanılacak olan sistemin tasarımı, seçimi ve montajında dikkat göstermek gereklidir. Tavana monte edilmiş olan HEPA filtrelerinin düzgün bir şekilde sızdırmaz hale getirilmiş olduğu varsayıldığında, bu tasarım mevcut olan en temiz çalışma ortamını sağlar. HEPA filtreleri genellikle kıvrımlı separatörler olarak alüminyum, kaplanmış tel veya filtre kağıdı kullanılarak, derin şekilde kıvrılmış halde üretilirler. Filtrelerin derinliği 50mm. ile 300mm. arasında değişebilir; daha derin filtreler ve daha konsantrasyon aralıkları ile daha yüksek etkinlik sağlanır.

Laminer akışın ana elemanları; HEPA filtreler, plenum kutusu ve laminarizatör’dür. Plenum kutusu paslanmaz çelik malzemeden (sızdırmaz civata, somun, rondela da paslanmaz çelik olup argon kaynağı ile birleştirmeleri yapılmalıdır. Burada en önemli konu sızdırmazlıktır.

Laminer akış nasıl oluşturulur? Bu akışı başarmak için en klasik yöntem HEPA filtreleri ile havanın ortama girişini sağlayan bir tavan bölgesi yapmaktır. Bu yöntemin ilk uygulamalarında bir takım sorunlar meydana gelmiştir. Bunlar;

- Filtreleri taşıyıcı konstrüksiyonun türbülans olmasına sebebiyet vermesi
- Filtre kağıdında homojenlik garanti etmenin zorluğu ve bundan dolayı sonuç lokal hız değerleri ortalama değerden $\pm\%20$ oranında değişkenlik göstermesidir.

Bu sorunları elimine etmek için HEPA filtrelerin alt kısmına özel bir dokuma olan transparant malzeme kullanılmıştır. Bu sayede lokal hız sapmaları azalmış ve hız değişme aralığı son derece sabit hale gelmiştir. Almanya Lübeck Üniversitesinde yapılan bir testte, 1.20m x 2.40 plenum çıkışı ebatlarında bir tavan sistemi kullanılmış ve hava hızı 0,24 m/sn olarak tespit edilmiştir. Dönüş havasının %20 si tavana yakın bölgeden, % 80’ i döşemeye yakın bölgeden alınmıştır. Test için ameliyat masası plenum altına alanı



ortalayacak şekilde yerleştirilerek her biri 350 W'lık iki ameliyat lambası çalıştırılmıştır. Ameliyat ekibini temsil etmek üzere insan ölçülerinde üç maket 80 W'lık elektrikli bat-taniyelere sarılıp ameliyat masası etrafına gerçek durumdaki gibi yerleştirilmiş ve 40 W'lık elektrikli battaniyeye sarılı bir maket de hasta olarak kullanılmıştır. Kritik bölge-lerde hava kalitesini tespit edebilmek için N₂O gazı izleyici olarak kullanılmıştır. Hava-ya ameliyat ekibi tarafından yayılan mikrobun en önemli kaynağı ağız olduğundan maketle-rin baş yüksekliğinden ortama N₂O verilmiş ve ortamda ameliyat masasının çeşitli nokta-larında gaz konsantrasyonu ölçümleri yapılmıştır.

Sonuçlar şu şekildedir:

Oluşturulan Laminer hava akışı ameliyat lambalarının sağa sola çevrilmesi nedeniyle akış alanında görülen bozulma temel olarak bölgesel ve yukarı lokal akımlara neden olmakta fakat lambalar tekrar sabitleştiğinde ortadan kalkmaktadır. Ameliyat bölgesinde hasta üzerindeki hava hızları 0,1 – 0,34 m/sn olup sadece akış alanı kıyısında 0,5 m/sn değerine yükseldiği görülmüştür. Hastanın bulunduğu yerdeki hava hızları genel olarak 0,4 m/sn olup bu düzgün akışlı sistemlerde normal olan değerlerin altında bir değer olmaktadır.

İzleyici gaz durumu ise; % 3'ü Ameliyat masası kıyısında % 7,2' si ekibin bölgesinde, % 7,5' u araç – gereç masasında % 66,3 – 68,5 Laminer akış bölgesinin hemen dışında, % 81,9' u ortamın iyice dış bölgelerinde ol-duğu gözlenmiştir (yayılan gazın %' leri ola-rak).

Ameliyathaneler için tecrübelerle göre gerekli minimum besleme havası miktarının 2.400 m³/h olduğu belirlenmiştir. Standartlarda ise ameliyathanelerde en az taze hava miktarı 1.200 m³/h olarak belirtilmişse de anestezi gaz ve diğer oluşabilecek toksik gaz

emisyonlarından dolayı uygulamada % 100 taze hava kullanımı yaygındır. Plenum tavandan çıkış hızları 0,3 m/sn ile 0,45 m/sn civarındadır. Hızların bu kadar düşük olma-sının temel iki sebebi vardır. Hasta ve doktor ekibinin rahatsız olmaması ve debinin çok büyük değerlere ulaşmamasıdır.

SONUÇ

Hastaneler ve özellikle ameliyathane iklim-lendirme tesisinin asıl önemli görevi, teknik konfor şartlarının yerine getirilmesinin yanun-da, hijyen konusuna mutlaka dikkat edilerek ve hava sterilizasyonun tam ve mükemmel bir şekilde sağlanmasıdır. Türkiye'de artık hastanelerde sağlıklı ortamın yaratılması için her türlü çabanın gösterilmesi gerekmektedir. Günümüzde toplumların medeniyet seviyeleri insana ve insan sağlığına verilen değerle öl-çülmektedir. Normal havada 500 CFU/m³ olan mikrop konsantrasyonu Laminer akımlı bir havalandırma sisteminde yara civarında yaklaşık olarak 10 CFU/m³'e düşmektedir. Bu şekilde, hastanın enfeksiyon kapma riski ciddi oranlarda düşüş gösterir. Ayrıca bu sistemle istatistikler göstermiştir ki hastanın ameliyattan sonra iyileşme süresi kısalmış ve antibiyotik kullanımı ciddi oranlarda azalmıştır.

REFERANSLAR

- A.L.Moller; "International standards for the design of cleanrooms" in W. White, Cleanroom Design,1991,s121-162
- Anon., ISO Memento 1998, International Organisation for standardisation, Geneva,1998.
- Alman normu DIN 1946-Kısım 4 1989
- Doç. Dr. Taner Özkaynak, Temiz oda tasarımı ve klima sistemleri, 1994
- Dr. Hans H. Schicht "Towards global cleanroom technology satandards,2000

Bora Türkmen

1975 yılında Ankara'da doğdu. 1998 yılında Dumlupınar Ün.v. Makina Mühendisliği Bölümünü tamamladı. 1998-1999 yılları arasında İMTEK Makina 'da görev yaptı. 1999 tarihinden bu yana GÖNKA Klima'da Hijyen ve Laminer Flow departmanı sorumlusu olarak görev yapmaktadır. Bu konuyla ilgili bir çok üniversitede seminerler vermiştir. İngilizce bilmektedir.

Hijyenik Ortam Klima Santralleri ve Kanal Sistemlerinde Aranılan Özellikler

F. Taner Özkaynak; Prof. Dr. Mak.Yük.Müh.
TTMD Üyesi

ÖZET

Hijyenik ortamlar veya genel anlamda temiz odalarda kullanılan klima santralleri ve kanal sistemleri özel tasarım, imalat ve montaj gerektirir. Klima santralleri tasarımında amaç kolay temizlenebilir, bakteri üremesine uygun girinti çıkıntısı bulunmayan, her elemanına erişilip temizleme imkanı veren bir yapıdır. Santral ayrıca konstrüktif olarak mukavemet, sızdırmazlık, ısı ve akustik ses yutma özellikleri açısından EN 1886 önerilen klasları sağlayacak şekilde tasarlanmalıdır. Kanallarda da yine temizlik kurallarına her aşamada uyararak, SMACNA ve EUROVENT Standartlarına göre kaçaklara karşı önlem olarak imalat ve montaj yapılmalıdır.

AHU and Duct Design For Hygienic Systems

ABSTRACT

AHU's for hygienic applications or in other words for cleanrooms requires special attention during the design, manufacturing and erection stages. The main goal in the design of AHU's for hygienic applications is ease and accessibility for cleaning and smooth surfaces inside the unit to prevent accumulation of dirt and microorganisms. Mechanical performance of the AHU's in terms of mechanical strength, thermal transmittance, acoustic insulation, body leakage and filter leakage should also be guaranteed by EN 1886 standard. Same hygienic rules should be applied to duct manufacturing. Ducts should be manufactured according to SMACNA and EUROVENT standards with special care taken for leakage.

Giriş ve Ana Metin

Hijyenik ortamlarda veya daha genel anlamda temiz odalarda kullanılan klima santralleri ile hava dağıtım kanallarının imalatı ve montajı konuyu bilen, ihtisaslaşmış firmalar tarafından yapılmalıdır. Bu tür işletmelerde klima santrali sistemin kalbi, kanallar da atar

damarı kabul edilmeli ve buna göre titiz davranılmalıdır. Son yıllara kadar, ülkemizde birçok imalatçı ve uygulayıcı tarafından hijyenik ve temiz oda klima santrali denildiğinde, maalesef standart klima uygulamalarından farklı olarak tek yapılan şey, santral içlerinin paslanmaz sac kaplanması ve kanalların da paslanmaz sacdan yapılması olmuştur. Ancak hızla gelişen, yenilikleri çok yakından takip etmeye başlayan tesisat sektörü kısa sürede hijyenik ve temiz oda sistemlerinin en küçük civatadan başlayarak imalat, montaj ve işletmesine kadar kendine özgü bir felsefesi olan çok hassas bir kavram olduğunu anlamıştır.

Klima santrallerinde aranılan özelliklerin başında, santral içinde mikroorganizmaların veya kirliliğe neden olacak birikintilerin oluşmasını önlemek için yüzeylerin pürüzsüz, girinti çıkıntısız, kolay temizlenebilir olması gelir. Örneğin klasik santrallerde bulunan panel tuturma civatalarının içerden çıkması veya arkaları temizlenemeyeceğinden panellerin köşelerde içerden bağlanmasını sağlayan bağlantı parçaları katıyetle istenmez.

Paneller, çift cidarlı olmalı, tercihen iç cidarlarda taban sacı paslanmaz, diğer yüzeyler galvaniz veya paslanmaz sac olmalıdır. Panelleri birbirine bağlayan kapalı tip köşe profilleri dahil santralde oksitlenecek, korozyona uğrayacak veya sterilizasyondan zarar görebilecek malzemeler kullanılmamalıdır. Klima santralının bütün bölümlerinde temizlik ve kontrol amacı ile ulaşabilmek için bakım kapıları bulunmalı, bulunamayan yerlerde ise ekipman dışarı çıkarılabilir. Fan hücresi, filtre bölümü, nemlendirme hücresi ve soğutma serpantini bölümlerinde gözetleme penceresi ve aydınlatma lambası bulunmalıdır. Kullanılacak ekipmanın özelliklerine gelince, fanlar tercihen seyrek kanatlı veya serbest fan, tamamen galvaniz sacdan mamul veya epoksi boyalı, kızaklar üzerinde dışarı çıkarılabilir tip olmalıdır. Soğutma serpantinleri seyrek hatveli (>2.1mm), bakır boru, alüminyum kanattan mamul, su giriş-çıkış boruları izoleli olmalıdır. Damla tutucu

kullanılacak ise, bunların da kolay temizlenebilir ve dışarı çekilebilir konstrüksiyonda paslanmaz sac veya plastikten mamul olması istenir. Yoğuşma tavaları paslanmaz sac veya benzeri malzemedan yapılmış, içinde su kalmayacak şekilde eğimli, küçük santrallerde bir, büyük santrallerde ise en az iki yerden sifonlu yoğuşma veya tahliye öngörülmelidir. Nemlendirme gerekiyorsa yine tercihen buharlı nemlendirici kullanılmalı, yok eğer su püskürtmeli yıkayıcı tip kullanılacaksa muhakkak sürekli taşma öngörülmeli, ultraviyole lamba bulunmalıdır. Havuz suyundaki patolojik olmayan bakteri miktarı 1000 cfu/ml (koloni-birimi/ml) aşmayacak şekilde devamlı kontrol edilmeli, 100 cfu/ml aşınca sistem temizlenmelidir. Ultraviyole sterilizasyon kullanıldığında ozon çıkmadığından ve bunun mahale gitmediğinden emin olunmalıdır. Benzer şekilde, insan sağlığı açısından zararlı olabilecek dezenfektan veya katkı maddeleri havuz suyu veya santral içinde kullanılmamalıdır. Nemlendirici çıkışındaki bağıl nem maksimum %90 olacak şekilde kapasite tayin edilmelidir.

Santral taze hava girişinde yay geri dönüşlü motor tahrikli, contalı, kapalı tip tahrik mekanizmalı sızdırmaz bir damper bulunmalı ve herhangi bir elektrik kesintisinde veya cihazın durdurulmasında santralin dış ortam ile ilişkisini kesmelidir. Ayrıca tercihan santraldeki besleme fanından sonra pozitif basınç tarafında, ortamda istenen temizlik klasına göre bir filtre bulunmalıdır. (EU9-EU10 gibi). Ayrıca santral içinde bulunan elemanların 1., 2. ve 3.kademe filtreye göre yerlerine dikkat edilmelidir. Örneğin susturucu konulacak ise dış hava tarafındaki 1. filtreden sonra, besleme tarafındaki ise 3. filtreden önce olmalıdır. Ayrıca susturucuların dolgu maddesi yüzeylerinden tanecek yayılmaması için, aşınmaya dayanıklı, su geçirmeyen, çürümeyen sentetik bir maddeye ek olarak perfore sac veya plastik ile kaplanmaları istenir.

Buraya kadar sıraladığımız özellikler daha ziyade hijyenik ve temiz oda klima santrali tasarımı ve işletmesine yönelik aranılan

zellikleri kapsamaktadır. Bir de santraldan istenen konstrüktif özellikler vardır. Bunların başında dışardan santral içine istenmeyen hava ve mikroorganizmaların girmesini veya içerdeki şartlandırılmış temiz havanın dışarı kaçmasını önlemek için sızdırmazlık gelir. Bu tip santralli sistemlerde genellikle 3-4 kademe filtrasyon gerektiğinden fanın statik basıncı çok yüksektir (1500-2500 Pa) ve bu nedenle, santral gövdesinden de belirli mukavemet değer istenir. Aynı özellik, zaten gövde sızdırmazlığı için de gereklidir. Gövde mukavemeti yeterli olmayan santral, işletme esnasında yüksek basınç nedeni ile şişerek veya negatif basınç nedeni ile göçerek, panellerden hava kaçaklarına neden olabilir. Diğer bir özellik de filtre çerçevelerinin sızdırmazlığıdır. İstedığınız kadar hassas filtre kullanın, çerçeveler sızdırmaz değilse, bilhassa hijyenik ve temiz oda uygulamalarında bütün emekler boşa gider. Santralin ses yutma özelliği de önemli bir özelliktir. Yüksek basınçlarda çalışan fanlar, bu basınçları ancak yüksek devirlerde sağlayabilirler. Yüksek devir ise arzu etmememize rağmen ses şiddetini artırır. Bu nedenle santral panellerinden yüksek ses yutma özelliği de istenir. Bilhassa bina içine veya yaşanan mahallere yakın konulan santrallerde bu çok önemlidir. Çoğunlukla bu cins tesislerde kanalların mümkün olduğu kadar kısa, yani santralin mahale yakın konulması istendiğinden bu durum kaçınılmazdır.

Santral gövdesinin ısı özellikleri de bazı durumlarda önem kazanabilir. Santral gövdesinden olabilecek ısı kazancı ve kayıplarının makul değerlerde tutulabilmesi için toplam ısı geçiş katsayısının belirli değerler arasında kalması ve ayrıca yağışmaları önlemek için, bilhassa çok nemli ortamlarda bulunan veya havayı çok düşük sıcaklıklara kadar soğutan (8÷10°C) santraller için, konstrüksiyonda ısı köprülerinin minimum mertebede olması istenebilir.

Bütün bu konstrüktif özellikler 1998 yılında Avrupa Standartlar Komitesi tarafından çıkarılan DIN EN 1886 nolu Avrupa normunda klima santrallerinin mekanik performansı olarak değerlendirilmiştir. Yukarıda söylenenlerin ışığında kesin bir kural olmakla beraber hijyenik ve temiz odalarda kullanılan klima santrallerinde gövdenin mekanik mukavemetinin 2A, gövde sızdırmazlığının B, filtre kaçaklarının F9, gövde ısı yalıtımının T4 veya daha iyi, ısı köprüsü faktörünün ise TB3 veya daha iyi olması

beklenir. Ses yutumu açısından da genellikle santralin nereye konacağı, kullanılan fanın özellikleri önemli olmakla beraber 250 Hz de 22-25 db veya üstü sönüm sağlanması beklenir.

Hijyenik ve temiz oda sistemlerinde kullanılan hava dağıtım ve toplama kanalları tasarım, imalat ve montaj aşamalarında çok daha fazla ihtimam gerektirir. Kanalların oksitlenmemiş ve iyi korunmuş galvaniz saç veya paslanmaz saçdan tercihen fabrikasyon usulü flanşlarla monte edilecek şekilde imal edilmiş olması gerekir. Kanal imalatında dikkat edilecek hususlar çok detaylı olarak K.Varol (7) ve Isısan çalışma No: 158 (8) tarafından anlatılmaktadır. Sevkiyat, montaj aşamalarında kanal içerisine toz, böcek vs. girmemesi için kanal başları devamlı alüminyum folyo veya selofan film ile kapalı tutulur. Kanallar mümkün olduğu kadar kısa olmalı, fleksibil bağlantıların boyu maksimum 2 m ile sınırlı tutulmalıdır.

Kanallarda aranan özelliklerin başında sızdırmazlık gelir. Sızdırmazlık sağlamanın amacı bütün klima sistemlerinde geçerli olan, şartlandırılmış havanın kaçmasını önleyerek enerji sarfiyatına engel olmak, arzu edilen yere, arzu edilen basınçta havayı sevk edilecek ve kaçak sonucu oluşacak gürültüyü

TABLO-1 EUROVENT 2/2' ye Göre Kaçaklar	
Klas	Hava kaçağı (maks.) [l/s]
	0.65
A	0,027 P 0.65
B	0,009 P 0.65
C	0,003 P

önlemek kriterleri sayılabilir. Hijyenik klima sistemlerinde genellikle kanal sonunda bulunan HEPA filtrelerin neden olduğu yüksek basınç düşüşleri nedeni ile kanal içi statik basınç yüksektir. Dolayısıyla kaçak problemleri çok daha fazla önem kazanır. Ayrıca hijyenik ve temiz oda klimasında çok önemli olan mahaller arası basınç farkı oluşturma kriterini de kaçaklar dolayısıyla yerine getirmek çok zorlaşır. Bina boşluklarında kaçaklardan dolayı oluşacak pozitif basınçları pasifiye etmek için DIN 1946/4 de kaçağın 3 katı kadar aspirasyon önerilmektedir. Dönüş kanallarında oluşacak kaçaklar ise yukarıda sayılan mahsurların dışında, geçtiği mahallerden emeceği mikroorganizma veya kimyasalların birbirine karışmasına neden olacağından

tehlike arz eder.

Kanalların sızdırmazlığı ile ilgili Amerikan SMACNA, Avrupa Birliği, EUROVENT 2/2, Alman DIN V 24194 ve İngiliz DW142 standartları bulunmaktadır. Bütün standartlar da aynı denklem kullanmasına rağmen, farklı notasyonlar kullanmışlardır. Avrupa Birliği'ne girmeye hazırlanan Türkiye'nin uyması gereken ve piyasada genellikle uygulanan EUROVENT 2/2 standardıdır.

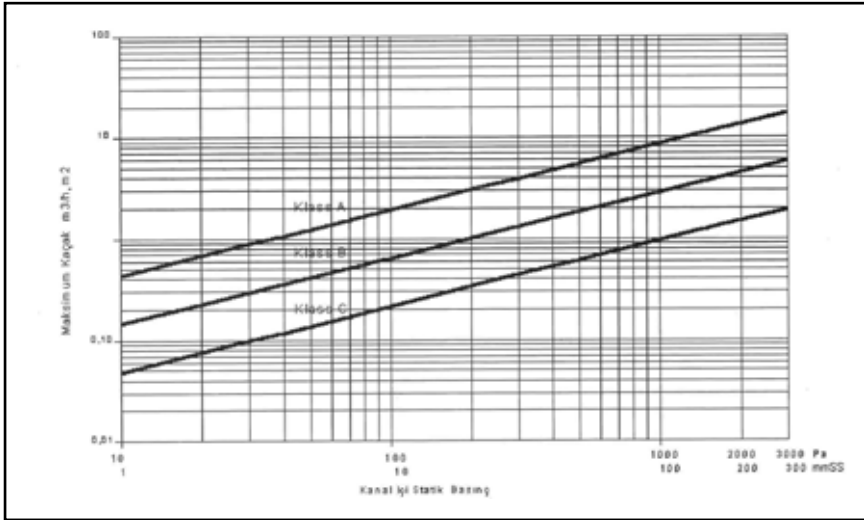
EUROVENT 2/2 standardına göre kanallardaki sızdırmazlık için A,B ve C olmak üzere üç klas tanımlanmıştır. Buna göre kanal içindeki statik basıncın P (Pa) olduğu bir kanalın dış yüzeyinin bir m² sinden müsaade edilebilir maksimum hava kaçağı (l/s) olarak Tablo-1'deki formüllerle hesaplanabilmektedir. Bu standartların güzel bir karşılaştırılması K.Varol'un TTMD dergisindeki makalesinde verilmiştir (7). Bu formüllere göre kanal içi statik basınca göre her bir klas için müsaade edilen maksimum debi kaçakları Şekil-1'de grafik olarak görülmektedir. Bu klaslar içinden hijyenik ortam klima sistemlerinde kullanılan genellikle B ve C klasıdır. Örneğin DIN 1946/4 bir ameliyathane sistemi basma havası kanalları için minimum klas B öngörürken, bir ilaç fabrikası klas 10.000 bir sahaya hizmet eden basma kanallarında klas C talep edebilmektedir. EUROVENT 2/2 de tavsiye edilen maksimum test basıncı kanal işletme ortalama statik basıncını geçmek koşulu ile klas B için 1000 Pa, klas C için ise 2000 Pa' dır. Test için genellikle Şekil-2 dekine benzer bir cihaz kullanılır. Bu cihaz frekans kontrollü bir fan, fan çıkışında diyaframlı bir debi ölçer ve kanal basıncını ölçmek için bir manometreden oluşmaktadır. Test edilecek kanal, açık yerleri körlenerek sistemden ayrılır. Her testte kanal yüzeyinin minimum 10 m² olması istenir. Kanal içindeki statik basınç, işletme statik basıncına çıkarılarak 5 dakika bu basınçta bekletilir. Basınç stabil hale gelince okuma yapılır. Kaçak miktarı müsaade edilenin üzerinde ise gerekli onarımlar yapılarak kanal sızdırmazlık kriteri sağlanana kadar testler tekrar edilir. Her ne kadar EUROVENT2/2 'de kanallarının belirli yüzdesinin testi şart koşulsada, hijyenik klima sistemi uygulamalarında, işin hassasiyeti dikkate alınarak genellikle kanalların tamamı test edilir. Daha sonra EUROVENT 2/2'de ürneği verilene benzer bir tutanak hazırlanarak işveren ve yapıcı firma tarafından karşılıklı imzalanır. Görüldüğü gibi hijyenik veya genel olarak temiz oda klima sistemleri çok özen

gerektiren sistemlerdir. Ancak işin başından başlayarak bilinçli tasarım, imalat ve montaj ile başarıya ulaşılabilir. Yapılacak basit hatalar bir ürünün tamamının atılması yanında, insan hayatına dahi mal olabilir. Son yıllardaki tesisat sektöründeki gelişmeler ile bu konuya verilen önem gelecek açısından çok sevindiricidir. Temennimiz, konunun öneminin resmi kuruluşlarca da kavranıp aynı hassasiyetin gösterilmesidir.

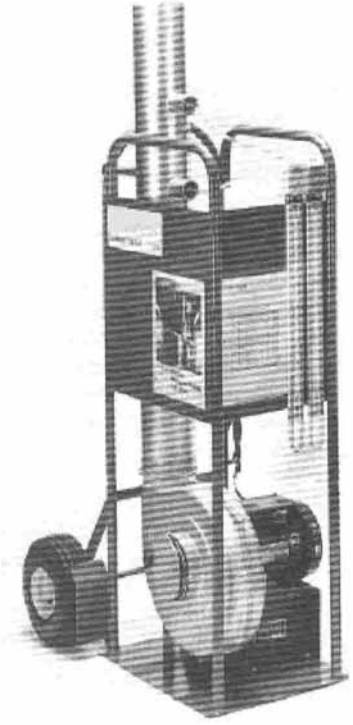
REFERANSLAR

- 1) European Standard EN 1886, CEN, May 1998.
- 2) Recommendation Concerning Hygienic Aspects in Air Handling Units Eurovent/Cecomaf May 2000.

- 3) HVAC Air Duct Leakage Test Manuel,SMACNA, 1985.
- 4) HVAC Duct Construction Standards,SMACNA, 1995.
- 5) Heating, Ventilation and Air Conditioning HVAC Systems in Hospitals, DIN 1946/4, 1989.
- 6) Hygienic Standards for Ventilation and Airconditioning Systems Offices and Assambly Rooms, VDI 6022, 1998.
- 7) Hava Kanalı Kaçakları ve Testleri, K.Varol,TTMD Dergisi Kasım - Aralık 2000
- 8) Klima - Havalandırma Tesisatı, Isısan çalışmaları No:158, 1997.



Şekil -1 Eurovent 2/2 'ye Göre Kanal Sızdırmazlığı



Şekil -2 Kanal Sızdırmazlık Test Cihazı

F. Taner Özkaynak

Liseyi Robert Academy'de okuduktan sonra 1971 de İ.T.Ü.de Y.Makine Mübendisi, 1974 de A.B.D. Lehigh Üniversitesinde Doktor, 1981'de Doçent, 1995'de İ.T.Ü.Makina Fakültesinde Profesör olmuştur. Öğretim üyeliği yanında A.B.D.de General Elektrik (GE), Amerikan Atom Enerjisi (AEC) ve Enerji Araştırma Merkezi (ERC) gibi kuruluşların çeşitli projelerinde görev almıştır. 1983 - 1991 yılları arasında Tetisan firmasında genel müdür ve ortak olarak endüstriyel ve temiz oda klima sistemleri, kurutma, atık ısı kazanları, pnomatik transport, arıtma gibi çeşitli konularda proje ve tabhütleri yönetmiştir. Halen İ.T.Ü.Makina Fakültesinde kısmi statüde öğretim üyeliğini sürdürürken Tetisan Ltd.şirketinde yöneticilik yapmaktadır. Evli ve iki çocuğu olan Prof.Dr.F.Taner ÖZKAYNAK'ın çeşitli konularda yayınlanmış 30'u aşkın makale ve kitabı bulunmaktadır.

Negatif Basıncılı Temiz Oda Tavan Tasarımı ve Fan Filtre Üniteleri

Ömer Demirel, Mak. Müh.
TTMD Üyesi

ÖZET:

Temiz oda uygulamalarında karşımıza çıkan çok yüksek hava debilerini karşılayacak klima santral yüklerini ve kanal ihtiyaçlarını azaltmak ve filtre edilmemiş hava by-pass kaçaklarını ortadan kaldırmak amacıyla negatif plenyum tasarımları bu bildiride ele alınacaktır.

Negatif plenyum tasarımlarında temizodanın tavanında oluşturulan plenyum; egzoz, basınçlandırma, sıcaklık ve nem kriterlerinin sağlanması için gerekli iklimlendirilmiş taze hava için bir karışım hücresi olarak kullanılır. Gerekli hava değişimi fanı kendi üzerinde olan ve tavana yerleştirilmiş bulunan FFU (fan filtre üniteleri) ile sağlanır. Bu üniteler odanın içinden aldıkları havayı taze hava ile karıştırıp hepaulpa filtreden geçirerek tekrar odaya gönderirler.

Asma tavanın üzerindeki boşluktaki basınç odaya göre negatif basınçlıdır. Bu nedenle asma tavana meydana gelebilecek kaçaklarda hava akışı "temiz" odadan asma tavan arasına doğru olur. Bu da filtre edilmemiş havanın temizodaya girmesini engeller. Bu durumda kullanılan santraller make-up amacıyla seçilirler. Bu nedenle bu santraller pozitif plenyumlu temizoda tavanı uygulamalarına göre oldukça küçük seçilebilirler. Bu tasarım, ilk yatırım maliyetlerini düşürmesi, sistemin kendini yedeklemesi, sızdırmaz tavan gereksinimlerinin azalması, temizodanın büyütülüp küçültülmesi veya sınıfının değiştirilmesinin çok kolay ve esnek hale getirmesi, havalandırma kanallarını önemli oranda azaltması gibi nedenlerle, temizodalarda sıkça uygulanmaktadır.

Negative Pressure Plenum Design and Fan Filter Units

ABSTRACT:

In this article, negative plenum design being used to reduce large air volumes and air conditioning unit loads, air ducts, and the by-pass air leakage in clean room applications, will be handled.

Negative plenum becomes a mixing chamber, which is required, for exhaust, pressurisation and to satisfy temperature and humidity demands as well as for the recirculated air from the cleanroom. These units take air from the cleanroom; they mix them with the conditioned air and pass through hepaulpa filter and blow to the room again. By utilising FFU's in a recirculating design, the plenum space above the ceiling becomes

negative relative to the room. This reversal of the air pressure relationship assures that any leakage through the ceiling grid members will be into the negative plenum and not into the clean area.

Using FFU's with built-in fans for handling the recirculation requirements; the make-up air units can be much smaller than in positive plenum designs.

This type of design is frequently used for low investment costs, minimisation of the spare expenses, reduction in the cost and the selection of the ceiling grid (leakage expenses), easy enlargement of the cleanrooms, easy upgrading of the cleanliness class, reduction of air ducts etc.

1. Giriş

Fan filtre üniteleri (FFU), temel konfigürasyonda plug tipi bir fana tutturulmuş HEPA ya da ULPA filtreden ibarettir. Bu kompakt, ince yapılu üniteler standart asma tavan ızgara sistemine oturacak şekilde tasarlanılmışlardır. 1984 yılında piyasaya sürülmesinden sonra değişik temizoda uygulamalarında gittikçe artan bir popülariteye sahip olmuşlardır.

2. Uygulamalar

Tüm tavanın komple filtre ile kaplandığı büyük tesislerde geniş çaplı FFU uygulamaları Asya pazarında (3000-5000 FFU) ortaya çıkmış, bu durum dünya çapında FFU işi yaratmış, bu ilk büyük tesislerde elde edilen başarı ile yeni imalatçılar, yeni filtre tipleri, daha az enerji tüketen ve hava akışını ayarlayıp gözlenmesini de sağlayacak şekilde PC esaslı kontrol sistemlerine sahip motorlar ortaya çıkmıştır. Bu gelişmeler FFU'lerinin birçok yeni temiz oda tasarımlarında başarılı bir şekilde kullanılmasını sağlamıştır.

3. Negatif plenyum tasarımında FFU uygulaması

FFU'lerinin kullanımında yatırım maliyeti, güç tüketimi ve servis verilebilirlik konularında şüpheler ortaya atılmasına karşın birçok avantajlar elde edilmiştir. FFU'lerinin negatif plenyum tasarımında kullanılması, çok açık bir şekilde daha küçük klima sistemi ihtiyacı ve by-pass kaçığının önlenmesi gibi çok önemli avantajları sağlamaktadır. Negatif plenyumlu bir temizoda tasarımında, plenyum, şartlandırılmış make-up havası için bir karışım hücresi olarak kullanılmaktadır. Bu make-up havası egzoz, basınçlandırma, sıcaklık ve nemin sağlanması ile odadan

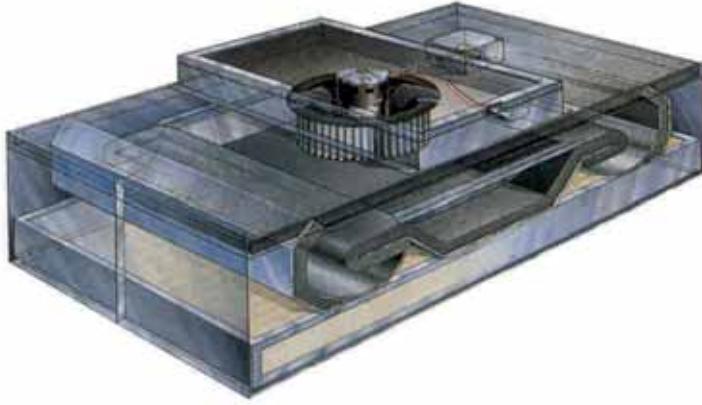
resirkülasyon için de gerekmektedir. Resirkülasyon için FFU'lerinin kullanılması ile, make-up havası için gerekli klima santralleri, pozitif basınçlı plenyum tasarımlarına göre oldukça küçülmektedir. Oda temizlik sınıfını sağlayabilecek toplam filtre edilmiş havanın %10'unun klima santralinde işlenmesi yeterli olabilmektedir.

4. Temiz oda tavanında sızdırmazlığın sağlanması

Konvansiyonel temizoda tavanı tasarımlarında filtrelerin dizildiği ızgara tavan sisteminin üzerinde basınçlandırılmış bir plenyum bulunur. Tavanda değişik tiplerde ızgara sistemleri kullanılabilir. Bu ızgara sisteminde sızdırmazlığın sağlanması için katı yada sıvı contalar kullanılır. Düşük temizlik sınıfında (Cl-100 ; Cl-100.000) bazı filtrelerin yerlerinde boş paneller ve aydınlatma armatürleri kullanılır. Havanın filtrelerden geçirilmesinin bir alternatif yöntemi de basınçlandırılmış plenyum yerine, üzerine kanal bağlantısı yapılan terminal filtreler kullanılmasıdır. Bu tasarım yaklaşımlarında asma tavan ızgara sistemi ile ızgara-filtre arası sızdırmazlık çok önemli olmaktadır. Filtrelerin üst kısmında kalan kısmın basınçlandırıldığı bir sistemde herhangi bir şekilde oluşabilecek bir kaçak, filtre edilmemiş (HEPA/ULPA filtreden geçmemiş) havanın temizodaya girmesine sebep olacaktır. Bu kaçak havanın hızı plenyum ile oda arasındaki basınç farkına bağlı olarak yüksek olabilir ve oda içinde parçacıkların havada asılı kalmasını sağlayan zararlı çapraz akımlara sebep olabilir. Resirküle tasarımında FFU'lerinin kullanılması ile, tavanın üzerindeki plenyum, odaya göre negatif basınçlı olmaktadır. Hava-basınç ilişkisindeki bu tersine dönüş, tavan ızgara elemanlarından oluşabilecek herhangi bir kaçığın temiz alana doğru değil, negatif basınçlı plenyumda doğru olmasını temin eder. Filtrenin ızgaraya, ızgara sisteminin duvara ya da diğer elemanlara bağlantı yerlerindeki sızdırmazlığın önemi azalır, böylece asma tavan sisteminde tasarruf da sağlanabilir.

5. Diğer bazı tasarım kriterleri ve uygulama esnekliği

Bu avantajların yanı sıra FFU'lerinin montaj kolaylığı, maliyetlerinin düşüklüğü, uygulamalardaki esnekliği de göz önüne alınmaktadır. FFU'leri proje planlanmasında maliyetin önemli olduğu uygulamalarda önemli bir seçeneği temsil etmektedirler.



Yüzlerce, binlerce FFU kullanılan bir tesiste, bir veya birkaç ünitenin arızalanması odanın temizlik sınıfını etkilememektedir. Bir dizi arızanın potansiyel bir problem yaratacak şekilde aynı alanda meydana gelme olasılığı çok ekstrem bir istisna olmaktadır. Enerji tasarrufu açısından bakıldığında, çalışmayan bölgedeki birkaç ünitenin kapatılarak o zonun kullanıma kapatılması çok kolay olmaktadır. Bir tesisteki ihtiyaçlar ve kullanımlar değiştikçe, FFU'lerinin yerlerinin değiştirilmesi herhangi bir kanal tadilatına ya da özel bir montaj işçiliğine gerek kalmaksızın kolayca yapılabilmektedir. Gerekli takdirde bu üniteler aydınlatmalarla ya da boş panellerle değiştirilebilmektedir.

Negatif (basınçlı) Plenyum Tasarımı
Odanın temizoda sınıfının geliştirilmesi gerektiğinde sadece FFU ilavesi ile daha hasas temizoda sınıfları sağlanabilmektedir. Ters durum içinse bazı FFU'ler azaltılmaktadır. Çok daha katı koşullar istendiğinde FFU'lerindeki HEPA filtreler ULPA filtrelerle değiştirmektedirler. Tesisin kuruluştaki ilk uygulama amacı değişir ise, FFU'leri kendi başlarına çalışabilir üniteler olduklarından kaldırılıp depolanabilirler ve başka bir kullanım fırsatına kadar saklanabilirler.

6. Servis verilebilirlik

Tüm bu kazançlara rağmen ünitenin üzerindeki motorun servis ihtiyacı veya değiştirilme ihtiyacı nasıl karşılanacaktır? Motorun beklenen ömrü ve ne kadar kolaylıkla değiştirilebileceği sorusunun cevabı nedir? Pratik olarak, motor ömrü kesinlikle bir problem olmamaktadır. Uygun şartlarda çalıştıktan sonra (start/stop yorulması yok, yataklara zarar verecek toz parçacıkları yok, sıcaklık ekstremeleri yok) FFU motorlarının beklenen ömürlerinin 100.000 saatten (12 yıl) daha fazla olması olağan dışı bir şey değildir. Motora ulaşılabilirlik iki yolla sağlanabilmektedir. Birincisi, bazı üniteler motorlarına temizoda içerisinden filtre ve deflektör plakası kaldırıldıktan sonra ulaşılabilir şekilde tasarlanmışlardır. İkinci olarak, bazı üniteler motorlarına yukarıdan ulaşılabilir yeterlikte boşluğun bulunduğu ve servis personelinin buradan ulaşabileceği kabul edilerek tasarlanmışlardır. Kedi yolu ihtiyacının en aza indirilmesi amacıyla da FFU'lerinin üst kısımları servis personelinin ağırlığını taşıyacak şekilde tasarlanırlar. Bu sayede ünitelerden üniteye basılarak yürünebilir. Başka bir konu da arızalanan ünitenin güvenli bir şekilde tespit edilme yöntemidir. Son

yıllarda çok sayıda FFU'nin kullanıldığı yerlerdeki kontrol ve gözetleme ile ilgili donanım ve yazılım kullanımları, fark basınç presostatları ve lokal işaret lambaları ihtiyacını pratik olarak ortadan kaldırmıştır. FFU üzerine monte edilen bir baskı-devre kontrol kartı, bir transmitter yardımı ile motordan dönüş (d/d) sinyallerini algılar. Bu kart, motor hızını birkaç kademeli ya da oransal olarak kontrol edebilecek şekilde tasarlanabilmektedir. Bu sayede dengeleme amacıyla ünitelerin tek tek uzaktan ayarı yapılabilmektedir. FFU çıkış hava hızının otomatik olarak ölçülmesi ve motor devrinin de istenilen debiyi sağlayacak şekilde artırılıp azaltılması ile bu işlem gerçekleştirilebilmektedir.

7. Gürültü

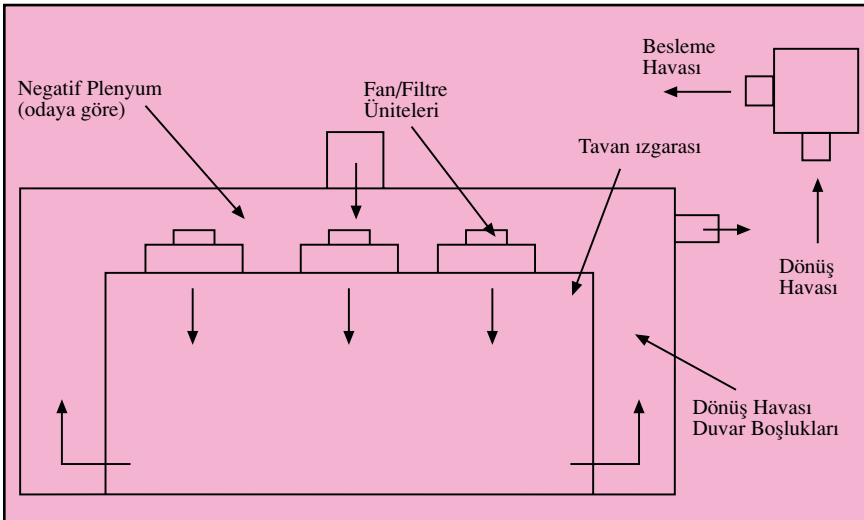
FFU'lerinin yüzlercesinin aynı mahalde kullanıldığı tesislerde ünitelerin bileşik gürültü seviyesi ne olmaktadır? Bir odadaki çalışma gürültü seviyesi o mahaldeki tüm ünitelerin gürültü seviyelerinin toplanması ile oluşmamaktadır. Pratik bir perspektiften bakıldığında, bir gürültü seviyesi ölçme mikrofonu yaklaşık 100 ft² (yaklaşık 9 m²) lik alandan etkilenmektedir.

Günümüzde üretilen FFU'lerinin bir adedinin desibel cinsinden gürültü seviyesi, tavana monte edildiğinde, 0,45m/s hava hızında hava üflerken, gürültü değerleri HEPA filtresinin yaklaşık 750 mm altında ölçüldüğünde, 50dBa 'nın altında olabilmektedir. Bu da NC45'e karşılık gelmektedir.

Gürültü için 100 ft²'lik (9m²) bir alan göz önüne alındığında, eğer tüm tavan filtre ile kaplanıyor ise 12 adet 1200x600mm ebadında FFU'nin toplam etkisini hesaba katmak gerekmektedir. Tüm FFU'lerinin aynı gürültü seviyesinde çalıştığı ve çevreden katkının hesaba katılmadığı varsayılırsa, kümülatif etki bir ünitenin gürültü seviyesinin üzerine yaklaşık 10 dBA eklenmesiyle bulunabilmektedir. Böylece oda gürültü seviyesi yaklaşık 65 dBA veya NC60 olmaktadır. Açıkça ki, nihai gürültü seviyesini, oda etkisi (odanın tasarımı), ölçümlerin alındığı FFU'lerinden olan uzaklık gibi birçok faktör oluşturmaktadır. Buna rağmen yukarıdaki yaklaşım, tüm tavan alanının FFU'leriyle kaplandığı tesislerde çalışma gürültü seviyeleri için iyi bir yön gösterici olarak kullanılabilir.

8. Sonuç olarak

Fan Filtre Üniteleri (FFU) birçok küçük ve büyük sistem uygulamalarında çok çekici bir şekilde kirlilik kontrolü seçeneğini temsil etmeye devam etmektedir. Yüksek üretim miktarları ve rekabet, geçmiş yıllar boyunca FFU fiyatlarını da uygun seviyelere getirmiştir. Tasarım yapılacak olan tesisteki temiz oda sınıfı/sınıfları, kullanım alanları ve yan şartların iyi bir analizi ile birlikte bu seçenek de irdelenmelidir.



FAN FİLTRE ÜNİTELERİ

TERCİH KRİTERİ	FAN-FİLTRE ÜNİTESİ ÖZELLİĞİ	KAZANÇ
İlk yatırım maliyeti	Düşüktür	İlk yatırım masrafları düşer
Enerji harcaması	Düşüktür	İşletme maliyetleri en az seviyededir.
Servis verilebilmesi	Kolaydır. Asma tavan arasından ya da oda tarafından servis verilebilmektedir.	Servis masrafları düşüktür.
Plenyum	Asma tavan arası temiz odaya göre negatif basınçlıdır	Pozitif basınçlı asma tavanlı temiz odalara göre daha küçük klima cihazları kullanılır
Klima sistemi	Sadece basınçlandırma, ısıtma, soğutma, nemlendirme amaçları ile klima santrali kullanılır.	Klima santrali, soğutma grubu, otomatikleri, tesisat malzemeleri çok küçülmüştür. Resirküle santrallerine gerek kalmamıştır.
Asma tavan ızgara sistemi	Negatif plenyum sistemi olduğunda, ızgara sisteminde sızdırmazlığı sağlamak için kullanılan contaların çok fazla önemi kalmamıştır.	Çok pahalı tavan ızgara sistemi kullanılmasına gerek yoktur.
Filtre edilmemiş hava by-pass'ı	Negatif plenyum olduğundan asma tavandan hava kaçağı olması durumunda temiz odadan asma tavan arasına doğrudur	Asma tavan arasından kirli havanın odaya gelmesi riski yoktur.
Montaj	Kolaydır	Montaj masrafları düşüktür.
Arıza	Odadaki fanlardan bir ya da birkaç fanın arızalanması durumunda bile sistem çalışmaya devam eder.	Yedekleme maliyeti düşüktür.
Ekonomik çalıştırma Tesiste değişiklik olursa?	Çalışılmayan zonlardaki fanlar kapatılabilir Fan-filtre ünitelerinin yerleri kolayca kaydırılabilir	Enerji harcaması düşürülür Değişiklik masrafları düşürülür
Havalandırma kanalları	Sadece primer santrallerin kanalları yapılıdır	Kanal kesitleri, metrajları ve maliyetleri önemli oranda düşüktür
Temiz odanın sınıfı değişecek ise	Klima sisteminde değişiklik yapılmaksızın FFU ilavesi ya da çıkarılması gerektiğinde HEPA-ULPA değişikliği ile istenilen class sağlanabilir.	Class değişiklik masrafları en düşük seviyededir
İşin yapımından vaz geçilirse?	Daha sonra kullanılmak üzere saklanıp kaldırılabilir	İlk yatırım masrafları boşa gitmez
Motor ömrü Motora ulaşılabilirlik	100.000 saat Yukarıdan asma tavan arasından ya da istenildiğinde oda içinden ulaşılabilir	Değiştirme arıza-bakım masrafları düşüktür. Servis masrafları düşüktür
Asma tavanda kedi yolları gerekir mi?	FFU'lerinin üzerlerine basılarak yürünebilir. Personel taşımaya uygundur.	Çok fazla kedi yolu yapılmasına gerek yoktur
Arızalı fanın tesbiti nasıl?	FFU üzerindeki elektronik kart ile motor çalışması, arızası, hızının artırılıp azaltılması, bir bilgisayar sistemine bağlanması vs. mümkündür	İşletilmesi çok kolaydır. Otomasyona bağlanabilir
Gürültü seviyesi	50dba (NC45)'in altında	Oda etkisi ile daha da düşer.
Kullanım alanı	Hem küçük ölçekli hem de büyük ölçekli temiz odalarda başarı ile uygulanabilmektedir	Esnek bir kullanım alanı vardır.
Filtre değişimi	Kolaylıkla yapılabilir. Kullanılan filtreler standart büyüklüktedir.	Filtre değişim masrafları düşüktür.
Filtre kirlenmesi durumunda debi düşüp class bozulmaz mı?	Fanlar hız ayarlı olup filtreler kirlendikçe fan hızı artırılmak suretiyle istenen debi ve temiz oda sınıfı sağlanır	Debi ayar cihaz masrafları çok düşük seviyededir.

Ömer Demirel

1959 yılında doğdu. 1981 yılında ODTÜ Makina bölümünden mezun olduktan sonra 1981-1985 yılları arasında TSE makine laboratuvarında makina mühendisi olarak görev yaptı. Askerlik görevini Gn.Kur. Bşk. İnşaat Proje Tetkik ve Kontrol şubesinde makina mühendisi olarak tamamladıktan sonra 1986'da ALARKO şirketler topluluğuna katıldı. Burada soğuk depo sistemleri, otomatik kontrol, VAV sistemleri, hijyenik klima sistemleri, merkezi sistem ısıtma soğutma havalandırma ve klima konularında değişik kademelerde mühendis, şef, müdür olarak görev yaptı. 1999 yılında ALARKO'dan ayrılarak DTK Temizoda, Tesisat, Klima Ltd. Şti.'ni kurdu. Halen burada temizoda, tesisat ve klima sistemleri konularında faaliyet göstermektedir.

Hijyenik Ameliyathane Sistemlerinde Kullanılan Ekipmanlara Ait Özellikler ve Hastane Uygulamalarında Mimari Boyutta Dikkat Edilecek Hususlar

Ali Rıza Dağhoğlu, Mak. Müh.
TTMD Üyesi

ÖZET

Temiz oda sistemleri uygulamaları son yıllarda ülkemizde başta hastanelerimizde ameliyathane kliması olmak üzere hızla yaygınlaşmaktadır. Resmi ve özel yatırımlarda bu konu artık standart bir uygulama haline gelmektedir. Bu yazıda hijyenik ameliyathane sistemlerinde kullanılan ekipmanların asgari özellikleri ile hastane uygulamaları mimari boyutta incelenmiştir. Genel olarak DIN standardına, özellikle DIN 1946 Bölüm 4'e uygunluk esas alınmıştır.

ABSTRACT

The need for clean room system Applications in Turkey is growing rapidly within the last years, especially for the air-conditioning of operating theatre suites in hospitals. It is becoming to be regarded as a standard application in both private and official investments. In this article, minimal requirements for HVAC systems equipments used in hygienic operating theatre suites and the architectural aspect of these applications are discussed.

The DIN standards, especially DIN 1946/ Section 4, is taken as the main reference point in this discussion.

Giriş

- Ameliyathanelerde hijyen;
- Ameliyathane ve yan hacimlerin uluslararası standartlara uygun olarak projelendirilmesi,
 - Bu projelerin, konusunda uzman ekipler tarafından uygulanması,
 - Kurulan sistemin, iyi eğitilmiş ekipler tarafından bakım ve işletmesinin yapılması ile sağlanır.

Dolayısı ile bu üç konuda da (tasarım, uygulama ve işletmede) kullanılan ekipmanların işlev ve özelliklerinin iyi bilinmesi gerekmektedir.

Torba Filtre (birinci kademe filtre)

Filtre elemanları EUROVENT 4/5, DIN 24185 standartlarına uygun olarak EU-5 sınıfına haiz olmalıdır. Kimyasal filtrelerden veya cam yününden imal dikişli torbalardan meydana gelmiş olan torba filtre elemanları santral içine montajı için galvanizli sac veya plastik malzemeden imal çerçeveye haiz olacaktır.

Minipleat Filtre (ikinci kademe filtre)

Filtre elemanları EUROVENT 4/5, DIN 24185 standartlarına uygun olarak EU-9 sınıfına haiz olmalıdır. Nem ve sıcaklığa dayanıklı yüksek kaliteli selüloz ve fiber glass plakalardan meydana gelmiş olan minipleat filtre elemanları santral içine montajı için galvanizli sac veya plastik malzemeden imal çerçeveye haiz olmalıdır. Test sertifikasına haiz olmalıdır.

Yuvalı Hepa Filtre (üçüncü kademe filtre)

Hijyenik sistemlerde Laminar Flow'lu ameliyathane mahalleri dışındaki DIN 1946 Bölüm 4 normunda belirtilen mevcut "Class I" bölgelerde hava dağıtımı hava terminal kutuları vasıtası ile yapılmaktadır. Çalışma şartlarının incelenebilmesi için cihaz üzerinde diferansiyel manometre bağlantı uçları yer almalıdır. S sınıfı filtre girişinde test aerosolu tatbik üzere nozullar bulunmalıdır. Hepa filtrelerin oturacağı yuvalar DIN 1946 Bölüm 4'de belirtilen özelliklerde hava sızdırmaz olmalıdır. Bu sızdırmazlığın ölçülmesi için üzerinde test düzeneği bulunması tavsiye edilmektedir. Kutunun içi dezenfekte edilebilir olmalı ve dezenfeksiyon yapıldığında dezenfekte malzemelerinden etkilenmemelidir. S sınıfı hepa filtrelerin muhafazaları neme dayanıklı MDF malzemeden imal edilmiş olmalıdır. Bir tarafında

neopren contaya haiz olacaktır. Kullanılan filtre malzemesi neme dayanıklı (hidrofobik) yüksek kaliteli cam elyafı kağıttan olmalı, filtre kağıdı kıvrım aralıkları özel tekstil ipleri ile ayrılmış ve dayanıklı elastik özel malzeme ile muhafazaya iyice yapıştırılmış olmalıdır. Her bir filtre imalatı müteakip DIN 24184 standartlarına göre ayrı ayrı tip testlerinden ve sodyum alevi (NaCl) testinden geçirilerek; özel takviyeli, hasarlara karşı dayanıklı olarak ambalajlanmalıdır. S sınıfı filtreler sodyum alevi testine göre en az % 99.997 verimde olmalıdır. Filtreler DIN 24185 part 1 standardına haiz test sertifikalı olması tavsiye edilmeli ve filtrelerin herbirinin sızdırmazlık testleri ile parçacık sayım testleri yapılması sağlanmalıdır.

Lif Tutucu Filtre

Lif tutucu filtreler kolayca ve hiç bir alet kullanmaksızın demonte edilebilme özelliğine sahip ve klima sisteminin bütün elemanlarını ameliyat sırasında oluşan lif parçacıklarının aşındırıcı etkisinden korumak üzere ameliyathane döşeme tarafına monte edilirler. Lif tutucu filtre metal aksamı Cr-Ni paslanmaz çelik veya nonkorozif özellikte olmalıdır. Filtre, silme veya püskürtme yoluyla dezenfekte edilebilen yüksek lif tutma özelliğine sahip Cr-Ni paslanmaz çelik mikro ağlardan oluşmalı ve aynı zamanda menfez özelliğine de sahip olmalıdır.



Değişken hava debisi ayar cihazı ve elektrik ısıtıcı montajı

Değişken Hava Debisi Ayar Cihazı (VAV Box)

Basma ve emiş kanallarına, oda veya zon bazında hava debisini ve istenen pozitif/negatif basınç dengesini sağlayıp, odalar arası uygun hava akışını kontrol altında tutmak ve DIN 1946/4 standartına uygun gürültü seviyelerini (DIN 1946/4 Tablo-2'de belirtilmiştir.) sağlayabilmek için VAV kontrol üniteleri genel olarak ameliyathane ve yoğun bakım gibi gürültü seviyelerinin önemli olduğu mahallerde kullanılır. VAV kontrol üniteleri galvaniz sacdan mamül muhafaza gövdesine sahiptir. Muhafaza kenarlarında taşıyıcı çubuklar için delikler bulunması montaj kolaylığı sağlayacaktır. Muhafaza gövdesinden sızan hava akışının DIN 24194 normuna ve VAV ünitesi muhafazasının VDI 2083'e göre "TEMİZ ODA CLASS 3" ve US Standard 209'a göre CLASS 100 sınıfına uygun olması tavsiye edilmelidir. VAV üniteleri diferansiyel basınç farkına göre sabit debi kontrolü için kontrol damperine tahrik sağlayacak servomotor ve elektronik kontrol sistemine sahip olmalıdır. Hava debisi; kontrol ünitesi tipine bağlı olarak, yaklaşık 10:1 oranında değişim aralığına sahip olmalı bu sayede VAV üniteleri sistemin çift devirli veya frekans kontrollü olması durumunda da istenen debi aralıklarında çalışabilmelidir. Gürültü seviyelerini sağlayabilmek için cihaz bünyesindeki susturucuların da belli standartlarda olması tavsiye edilmelidir. (DIN 4102 gibi) VAV kontrol üniteleri kontrol damperleri DIN 1946/4 normuna uygun hava sızdırmaz nitelikte olmalı ve bu sayede klima sisteminin durması veya elektrik kesilmesi durumunda VAV kontrol üniteleri otomatik olarak kapanarak bina içerisindeki havanın hijyenik kalitesini bozacak şekilde kanallardan hava akışını önlemelidir. Cihazların çalışma sıcaklığının 10-50°C aralığında olması yeterlidir.

Sabit Debi Ayar Cihazı (Volume Regülatör)

Havalandırma sistemleri basma ve emiş



Sabit debi ayar cihazı ve shut off damper montajı

kanallarında kullanılan ve otomatik olarak çalışan, değişken hava debisi ayar cihazları gibi zon bazında hava debisini ve istenen pozitif/negatif basınç dengesini sağlayıp, odalar arası uygun hava akışını kontrol altında tutmak için kullanılan, gürültü seviyesi VAV kontrol ünitelerine göre daha yüksek ve hava sızdırmaz özelliği olmayan hava debisi ayar cihazlarıdır.

Sistemin çift devirli veya frekans kontrollü olması durumunda, çift set noktalı damper servomotoru ile teçhiz edilmiş olması gerekmektedir.

Cihazların çalışma sıcaklığının 10-50°C aralığında olması yeterlidir.

Hava Sızdırmaz Damper (Shut-Off Damper)

Hava sızdırmaz damperler DIN 1946/bölüm 4 normuna uygun şekilde hava sızdırmaz nitelikte olmalıdır. Bu sayede klima sisteminin durması veya elektrik kesintisi olması durumunda bu damperler otomatik olarak kapanır ve kanallardan bina içerisindeki havanın hijyenik kalitesini bozacak şekilde hava akışı oluşması önlenir.

Cihazların çalışma sıcaklığının 10-50°C aralığında olması yeterlidir.

Laminer Flow Üniteleri

Ameliyathanelerde operasyon masasının tam üzerinde tavana monte edilecek olan Laminer Flow Üniteleri dezenfeksiyon, montaj, bakım ve servis kolaylığı sağlayacak şekilde dizayn edilmiş olmalı ve ameliyat masasının üzerinde yara etrafında pozitif basınç yaratarak masa etrafından yaraya doğru oluşacak hava akımlarını önlemelidir. Laminer Flow Üniteleri DIN 4799 standardının öngördüğü kirlenme derecesi değerlerini ve DIN 1946 Part 4 standardının öngördüğü sterilite değerlerini sağlamalıdır. Laminer Flow Ünitelerinin DIN 4799 sayılı Alman Standardına uygunluk belgesine sahip olması tavsiye edilmelidir.

Hava dağıtım kutusu paslanmaz çelik malzemedir imal edilmeli ve sızdırmaz olmalıdır.

Üflemede hava dağılımını sağlayacak, püskürtme ve silme yoluyla dezenfekte edilebilir çürümeyen ve ateşe dayanıklı mikro ağlardan imal edilmiş ışığı geçirme özelliğine sahip özel hava dağıtım elemanına (laminarizatör) sahip olmalıdır. Basınç kutusu girişinde olması gereken "S" tipi filtre yuvaları her türlü servis değişim, emniyet ve test durumuna sahip olmalıdır. Filtrelere laminizatör indirildikten sonra kolayca ulaşabilmeli ve filtre değişimi oda içinden rahatlıkla yapılabilir. Laminer Flow Üniteleri ameliyathane pendant lambası bağlantı detayına ve hava dağıtım kutusu hijyenik iç aydınlatma sistemine sahip olmalı ve aydınlatma için titreşim yaratmayacak şekilde elektronik balastlı fluoescant lamba kullanılmalıdır. Yuvalı hepa filtrelerde olduğu gibi Laminer Flow Ünitelerinde de montaj sonrasında filtrelerin sızdırmazlık testi ile parçacık sayım testleri yapılmalıdır.

Susturucu

Klima santralinde kullanılacak olan susturucu elemanları (kulisler), galvanizli çelik çerçeveli ve kaya yünü dolgu olmalı ve bu kaya yünü çürüme ve neme karşı dirençlendirilmiş ve parçacık uçuşmasına karşı özel bir elyaf ile kaplanmış olmalıdır.



Laminer Flow

Kanal tipi elektrikli ısıtıcılar

Ameliyathanelerde tasarım sıcaklığından farklı olarak operatörün insiyatifinde mahal sıcaklığını ihtiyaca göre arttırmak için kullanılan kanal tipi elektrikli ısıtıcıların, paslanmaz çelikten imal edilmesi, kademeli olması (mahal sıcaklığını birer veya ikişer derece arttırmak için) ve limit termostatlı olması tavsiye edilmelidir.

Hastane uygulamalarında mimari boyutta dikkat edilecek hususlar :

Class – I odalar aynı yere, bölgeye toplanmalıdır. Class-I ve Class-II oda tanımları DIN 1946/4 Alman Normu Tablo-2'de belirtilmiştir. (Class-I odalarda üç kademeli filtrasyon, Class-II odalarda ise iki kademeli filtrasyon gerekmektedir.) Aynı şekilde Class-II odalar da aynı yere toplanmalı bu sayede, bir bölge içerisinde değişik kalitede hava ihtiyacı ortadan kaldırılmalıdır.

Class – I bölgeye girişler mümkünse tek bir noktadan olmalı, Class-II bölgelerden Class-



UF ve sbut off damperi montajı

I bölgeye girişlerde hava kilitleri (air-lock) oluşturulmalıdır. Böylece Class-I bölgeye girişler kontrol altına alınmalıdır.

Class – I bölgeye airlock'tan girişlerde günlük giysiler ile özel giysilerin değiştirileceği soyunma odaları bulunmalıdır.

Class – I bölgenin dış cephelerinde pencere bulunmamalıdır. Eğer pencere kullanılması zorunluluk ise, bu pencereler açılmaz, sızdırmaz, çift camlı duvarlar ile sıfır yüzey olmalıdır. Bunun yanısıra süpürgelik, denizlik gibi bakteri üremesine yol açabilecek girinti çıkıntılar olmamalıdır.

Class –I bölge içerisindeki tüm kapılar dezenfekte edilebilir malzemeden olmalı ve mümkünse kendiliğinden kapanabilme özelliğine sahip olmalıdır.

Class – I bölgedeki asma tavanlar sızdırmaz olmalıdır.

Class – I bölgedeki duvarlar antibakteriyel,

antistatik dezenfekte edilebilir, malzemelerle kaplanmalıdır.

Class – I bölge döşemeleri antibakteriyel,iletken, dezenfekte edilebilir malzemelerle kaplanmalıdır.

Duvar , tavan ve döşeme birleşimleri yuvarlak olmalı ve böylece kolaylıkla temizlenebilmelidir.

Genel olarak asma tavan arasında kalan odalar arası havalandırma kanal geçişleri, odalar arası hava akış prensiplerinin sağlanabilmesi açısından sızdırmaz olmalıdır. Ameliyathaneler mümkünse dış duvara cepmeli olmamalı, iç bölgede kalacak şekilde tasarlanmalıdır.

REFERANSLAR:

DIN 1946/4 Hastanelerde ısıtma, havalandırma ve klima sistemleri



Hepa filtre kutu montajı

Ali Rıza Dağhoğlu

Orta öğremini Mersin Tevfik Sırrı Gür Lisesinde, lisans eğitimini ise ODTÜ Makina Mühendisliği bölümünde tamamlamıştır. Halen Alarko – Carrier San. Tic. A.Ş Ankara Bölge Müdürlüğü'nde çalışmaktadır.

Hijyenik Havalandırma Sistemlerinde Kullanılan Kanal Ekipmanları Menfezler

Cumbur Altınoğlu; Mak. Müh.
TTMD Üyesi

ÖZET:

DIN 1946/4 standartlarına göre, Hijyenik havalandırma sistemlerinde hava hareketlerinin kontrol altına alınması gereklidir. Başlıca sistem malzemeleri,

1. Menfezler
2. Hepa Filtre Kutuları
3. Hepa Filtre
4. Motorlu Sızdırmaz hava damperleri
5. Debi Kontrol Üniteleri
6. Hijyenik Kanal tip elektrikli ısıtıcılar
7. Yangın damperleri

Duct Equipments in Hygienic Airflow Systems

ABSTRACT :

Main equipment's are:

1. Diffusers
2. Hepa Filter Box
3. Hepa Filter
4. Air tight damper with motorised
5. Volume control Unit
6. Hygienic electrical heater for air duct
7. Fire damper

1.1. Mahal içindeki temizlik sınıfının dağılımı

Karışık akımlı hijyenik havalandırma sistemlerinde, mahal içindeki temizlik derecesinin tüm mahalde eşit olarak dağılması istenir. Özellikle Ameliyathane içinde havanın ulaşmadığı kirlı bölgeler kalmamalıdır. Bu bölgelerde hava içindeki taneçik / partikül miktarı artacağından enfeksiyon riski yüksek bir ortam oluşacaktır.

1.2. Mahal içindeki sıcaklık dağılımı

Ameliyathane personelinin daha verimli çalışabilmesi, konfor şartlarının yüksek derecede sağlanması ile doğru orantılıdır. Mahal içindeki sıcaklık farkının düşey dağılımda metre başına 2 K değerini aşmaması gereklidir. Personelin ayak seviyesi baş seviyesi arasındaki sıcaklık farkının 2-3 K değerinden yüksek olmaması gereklidir. Bu farklılık düşeyde olduğu gibi yatay da +/- 2 K değerini aşmamalıdır.

1.3. Mahal içindeki hava hızı

Yüksek hava hızı insanlar üzerinde konforuzluk etkisi yarattığından, bir çok standardın önerdiği gibi, personelin bulunduğu bölgede hava hızının 0.2 m/sn'yi geçmemesi gereklidir.

1.4. Mahal içindeki gürültü değeri

Ameliyathane ve yan mahaller için gürültü değerleri DIN 1946 bölüm 4 tablo 2 de belirlenmiş olup;

Ameliyathane :40 db(A)
Yoğun Bakım :30 db(A) gibi düşük değerlerde olmalıdır.

Swirl Difüzörler

Şekil 1 de görüldüğü gibi, Swirl (daire-sel/girdapsal atışlı) difüzörler özel olarak tasarlanmış kanatçık yapıları sayesinde menfezden çıkan havaya girdap hareketi kazandırır.

Bu hava hareketi sonucunda:

Ameliyathane içindeki her bölgede hava hareketi oluşturulur ve mahal içindeki temizlik derecesi her bölgede aynı olur.

Üflenlen hava ile mahal havası hızla karışarak hava hızı ve mahal içinde sıcaklık farkları azaltılır.

Gürültü değeri üflenlen hava debisi ile orantılı olup, her bir menfezden üflenlen hava debisi sonucunda oluşacak gürültü değeri DIN 1946 bölüm 4 tablo 2 değerleri aşmayacak miktarda olmalıdır.

2. Hepa Filtre Kutuları

Hepa filtre kutuları önemsenmemesinin aksine, havalandırma sistemindeki en önemli parçalardan biridir.

1. Kutu hava kanalları ile olan bağlantıyı,
2. Hepa filtrenin sızdırmaz bir şekilde montajını,
3. Difüzörün asma tavana uygun montajını,

4. Havanın filtre arkasında toplanıp, homojen olarak filtre üzerinden akmasını sağlar.

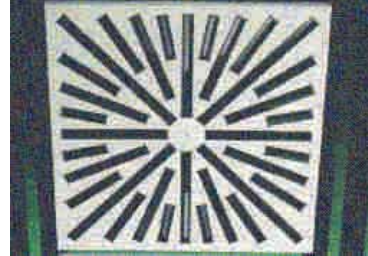
Hepa filtre kutularında dikkat edilmesi gereken en önemli özellik, Hepa filtre contası ile kutu montaj çerçevesi arasından hava kaçığının olmamasıdır.

Hepa filtre ahşap çerçevesi üzerindeki conta hava geliş yönünde olacak şekilde kutu içindeki yuvaya monte edildikten sonra, özel olarak tasarlanmış sıkırtma civata ve parçaları ile filtrenin ahşap çerçevesi sıkıştırılmaya başlanır. Dört köşeden eşit olarak sıkıştırılan filtre çerçeve ile kutu içindeki özel oturma çerçevesi arasında sıkışan conta gerekli oranda ve eşit ezilerek kesin sızdırmazlık sağlamalıdır.

3. Hepa Filtreler

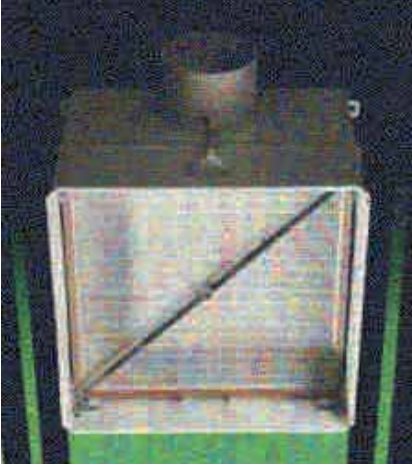
0.3 mikron boyutundaki taneçikler için DOP testi sonucu min. verimliliği % 99,97 olan filtrelerdir (Şekil 4).

Filtreler sağlam bir çerçeve (tahta, galvaniz sac veya alüminyum) içine monte edilmiş kuru tip cam elyafından oluşmuş filtre kağıdından oluşmaktadır. Filtre kağıdı çerçeve içinde kağıtların birbirine değmesini engelleyecek ayırıcı malzemeler ile birlikte

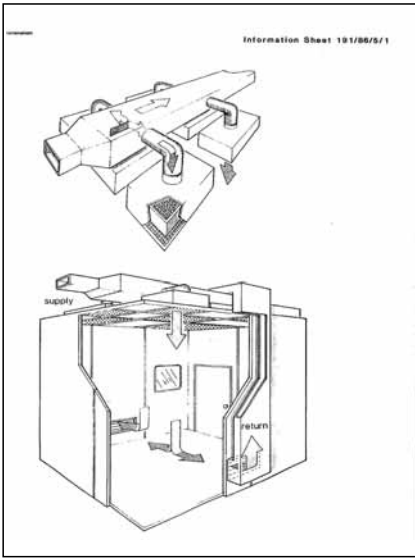


Şekil 1





Şekil 2



Şekil 3

katlanmış şekilde monte edilmiştir. Hastane hijyenik havalandırma sistemlerinde kullanılacak filtre tipleri aşağıda listelenmiştir.

Uygulama	Klima santralında		Mahalde
	Ön filtre	2.Ön filtre (Torba filtre)	3.Filtre (Hepa filtre)
Hastane İlaç geliştirme Temiz oda	G4	F7	H13



Şekil 4



Şekil 5



Şekil 6

Filtre seçiminde dikkat edilecek konular

- 1- Filtre verimliliği EN779 standartlarına göre H13 olmalı
- 2- Filtre kağıdının alanı minimum, 305 x 305 x 78mm/150 mm min. 2,0 m² 457 x 457 x 78mm/150 mm min. 4,8 m² 575 x 575 x 78mm/150 mm min. 7,9 m² olmalı

Hepa filtre belirtilen ebatlar hepa filtre kutularının ebatlarına ve filtreden geçen hava debisine göre değişmektedir. Filtre kağıt alanını ne kadar büyük olursa filtre kullanım ömrü logaritmik olarak artar.

- 3- Basınç düşümü, 305x305 x 78mm/150 mm 200 m³/h 250 Pa 457x457 x 78mm/150 mm 400 m³/h 250 Pa 575x575 x 78mm/150 mm 600 m³/h 250 Pa olmalı

4. Motorlu Sızdırmaz Damperler

Hastanelerde klima sistemi öyle projelendirilmelidir ki, klima sisteminin durdurulduğu herhangi bir sürede rüzgar veya baca etkisi ile, bina içindeki havanın hijyenik kalitesini bozacak şekilde kanallardan hava akışı olmamalıdır.

Bu amaçla kanallara, sistemin durduğu zaman kapatacak şekilde motorlu hava sızdırmaz damperler konulmalıdır.

Yukarıdaki şartları sağlamak üzere hava sızdırmaz damperlerin hem üfleme hem egzost kanallarında en azından aşağıda belirtilen noktalara monte edilmesi gerekmektedir (Şekil 5).

- a) Santral değişik klastaki odalara hitap ediyorsa, değişik zonların kesişme noktalarına,
- b) Santral birkaç kata hitap ediyorsa, bütün kat branşmanlarına,



Şekil 7



- c) Hijyenistin şart koştuğu, aynı klastaki iki oda arasında havanın birbirine karışmaması gereken durumlarda, zonlar arasında,
 - d) Oda ile taze hava emişi arasında; oda ile egzost hava atışı menfezi arasında
- Her 3. kademe filtrenin girişine veya paralel bağlanmış bir seri 3.kademe filtrenin girişlerine sistem çalışırken dahi filtreye servis verilecek veya değiştirilecek şekilde hava sızdırmaz damperler konulmalıdır

100 Pa basınç farkında 1 m² kesitten sızan hava miktarı 10 m³/h in altında ise hava kanalları kapanmış sayılır.

Kare/dikdörtgen kesitli sızdırmaz damperlerin kanatçıklarının sızdırmazlığı yan çerçeve ile de sağlanmalıdır (Şekil 7).

5. Debi Kontrol Üniteleri

Hastanelerde istenilen hijyen standartlarının devamlı olarak sağlanması için havanın steril odalardan daha az steril odalara akışı sağlanmalıdır.

Klima sistemi tasarlanırken üfleme/emiş hava debilerinin uygun şekilde ayarlanması ile odalarda pozitif/negatif basınç oluşturulur ve aradaki debi farkı önceden belirlenmiş yollardan akarlar.

Mahallerde istenen basınç farklarının tam olarak oluşturulması, üflenen ve emilen hava debisinin her şartta kontrol altında olması ile sağlanabilir.

Hava debisinin kontrolü, hava kanallarına monte edilen debi kontrol üniteleri ile yapılmaktadır.

Debi kontrol üniteleri iki ayrı yapıda üretilmektedir.

- a) Mekanik debi kontrol üniteleri
- b) Elektronik debi kontrol üniteleri

5.1. Mekanik debi kontrol üniteleri , (Sabit debi kontrol üniteleri)

Şekil 9 da görüldüğü gibi, ünite içindeki debi kontrol damperi tam açık konum da bile hava akış eksenine açılı bir şekilde durmaktadır, bu konumu özel olarak tasarlanmış bir yay mekanizması sağlar. Yayın gücü hava debi değerine göre ayarlanabilir.

Hava debisi küçük değerlerde ise, yayın açma gücü azdır, ünite içinden hava geçmeye başladığında hava dampere açılı bir eksenle çarpıp ve damperi kapama yönünde hareket ettirmeye çalışır. Yay mekanizması ise ayar değerine göre açma yönünde kuvvet uygular. Bu iki kuvvetin dengelendiği noktada ünite içinden istenen/ayarlanmış hava debisi geçmektedir. Bu tip mekanik debi kontrol üniteleri hijyenik alanda sabit hava debisinin devamlı olarak gereksinime duyulduğu yan mahallerde kullanılır.



Şekil 9



Şekil 10

Dairesel Kanal susturucusu

Debi kontrol ünitesi içindeki damperin hava debisini azaltmak için kısılması sonucunda havanın geçiş kesiti azalır ve bunun sonucu olarak havanın geçtiği kesitte gürültü düzeyi çok yükselir. Oluşan gürültünün mahalle ulaşmaması için debi kontrol ünitesinden sonra hava akış yönünde Hijyenik kanal susturucuları kullanılmalıdır.

Özel susturucular yüksek hava hızında bile gürültü emici yüzeylerinden parçacık kopmasını engelleyen ve üzerinde toz tutmayan tutmayan özel elyaf ile kaplanmıştır (Şekil 10).

5.2 Elektronik debi kontrol üniteleri

Şekil 11 de görüldüğü gibi, elektronik debi kontrol ünitesi, debi ölçüm istasyonu , debi sensörü, elektronik debi kontrol paneli ve oransal damper servomotorundan oluşmaktadır.

Hava debisi elektronik kontrol sistemi tarafından ölçülerek kontrol paneli tarafından değerlendirilerek, oransal damper servomotorunu konumlandırır.

Bu şekilde hava debisi çok kesin olarak kontrol edilebilmektedir.

Elektronik debi kontrol ünitelerinin debi değeri kontrol paneline uzaktan müdahale edilerek değiştirilebilir.

Dikdörtgen Kanal Susturucusu

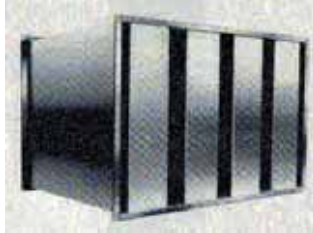
Debi kontrol ünitesi içindeki damperin hava debisini azaltmak için kısılması sonucunda havanın geçiş kesiti azalmakta ve bunun sonucu olarak havanın geçtiği kesitte gürültü düzeyi çok yükselmektedir.

Oluşan gürültünün mahalle ulaşmaması için debi kontrol ünitesinden sonra hava akış yönünde Hijyenik kanal susturucuları kullanılmalıdır.

Özel susturucular yüksek hava hızında bile gürültü emici yüzeylerinden parçacık kopmasını engelleyen ve üzerinde toz tutmayan özel elyaf ile kaplanmıştır (Şekil 12).



Şekil 11



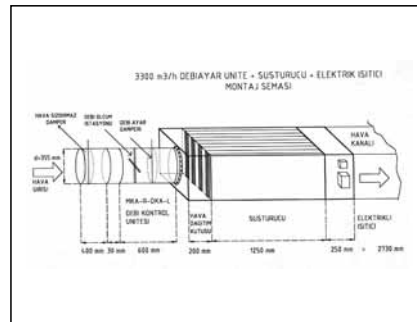
Şekil 12



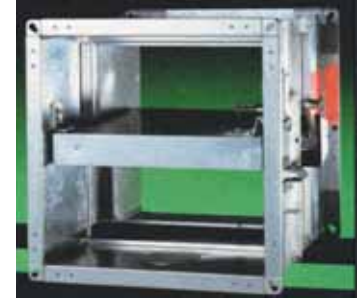
Şekil 13

6. Kanal tip elektrikli ısıtıcılar

Hijyenik havalandırma sistemlerinde ve özellikle Ameliyathane havalandırma



Şekil 14



Şekil 15

sistemlerinde her Ameliyathane farklı sıcaklıkta olması istenmektedir.

Ameliyat cinsine ve ekip elemanları sayısına göre mahal sıcaklığı farklı istenebilmektedir. Bu sıcaklık farklılığı ancak kanallar üzerine konulan ikinci ısıtmayı sağlayan Kanal tip Elektrikli Isıtıcılar ile sağlanmaktadır. Hijyenik havalandırma sistemlerinde kullanılan elektrikli ısıtıcılar özel olarak tasarlanmışlardır.

1-Şekil 13 de görüldüğü gibi ısıtıcılar ince plakalar şeklinde monte edilmiştir. Böylece havanın eşit olarak ısınması sağlanır. 2-Isıtıcı yüzey sıcaklığı çok düşük değerlerde ve kesinlikle kızarmaz. Böylece hava yanmaz ve kurum oluşmaz. Kurum oluşması Hepa filtrelerin tıkanmasını sağlayarak ömrünü azaltmaktadır. Debi kontrolü için hava kanalına monte edilen ünitelerin montajı Şekil 14 de bir arada gösterilmiştir.

7- Yangın Damperi

Hijyenik havalandırma sistemlerinde de normal havalandırma sistemlerinde olduğu gibi Yangın Riski hesaplanmalı ve önlemler alınmalıdır.

Bu önlemlerden en önemlisi, kanalların belli bölümlerine monte edilen ve kanal içindeki hava sıcaklığının artması sonucunda otomatik olarak kapanan klapesi ile hava akışını durduran yangın damperleri ile sıcak dumanın veya gazların başka bir mahalle ulaşması önlenmektedir.

REFERANSLAR

Schako Klima Luft
Camfil Filter Guide
Sauter Pressure Control System

Cumhur Altınöğlü

1987 yılında Yıldız Üniversitesi Elektrik Mühendisliği bölümünden mezun oldu. Halen MIRA mühendislik LTD ŞTİ. Firmasını yönetmektedir.