

Hijyenik Havalandırma Sistemleri ve Bu Sistemlerin Enerji Bakımından İncelenmesi

Harun Kemal ÖZTÜRK*

Öner ATALAY**

Ahmet YILANCI***

İlker DİNÇ****

Özet

Günlük hayatta soluduğumuz havada birçok dış etkenin de yardımıyla çeşitli polen, bakteri, mikro-organizma vb. bulunmaktadır. Bu taneciklerin birçoğu gözle görülemez. Özel ve hijyenik koşulların bulunması gereken yerlerde havalandırma büyük rol oynamaktadır. Ameliyathane, yoğun bakım, hasta odası gibi yerlerde hava kalitesinin çok iyi kontrol edilmesi gerekir. Örneğin bir ameliyathanede hastanın herhangi bir şekilde bakteri veya mikro-organizmalarla temas etmemesi gerekir. Bazı durumlarda bu tip hijyen koşulları ek sağlandığından birçok hasta olumsuz yönde etkilenmekte hatta hayatını kaybetmektedir.

Bu çalışmada Denizli'de bulunan 200 yataklı Bölge Hastanesi ameliyathane ünitesi ele alınmıştır. Hijyenik havalandırma sistemlerinde göz önünde bulundurulması gereken kriterler, bunların uygulanması ve enerji yönünden klasik bir havalandırma sistemiyle karşılaştırılması incelenmiştir.

Anahtar KelimelerHavalandırma, Hijyen, Enerji.

1. GİRİŞ

Temiz oda tasarımında dikkate alınacak parametrelerin başında temiz odada ne gibi bir işlem yürütüleceği ve bu yürütülecek işlem ortamda bulunabilecek maksimum tanecik konsantrasyonu ve çapı gelir. Bunun dışında kontrol altında tutulmak istenen bir çok önemli parametre arasında sıcaklık, nem, ses şiddeti, titreşim, statik elektrik, basınç sayılabilir [1]. Sıcaklığın kontrolünün iki amacı vardır. Biri içerdeki bireylerin konfor şartlarını sağlamak, ikincisi ise ameliyathane, laboratuvar ve elektronik birçok işlemin veya cihazların sıcaklığa karşı duyarlı olmasıdır. Örnek olarak ameliyat

hanelerde kanın pıhtılaşma sıcaklığının kontrol altında istenmesi, biyokimya laboratuvarlarında bakterilerle yapılan testlerin belirli sıcaklıklarda yapılabilmesi, elektronik sanayisinde metallerin sıcaklık farkından dolayı genleşmelerinde doğacak hataların kontrol altına alınması gösterilebilir.

Benzer şekilde ortam havasındaki bağıl nemin kontrol altında tutulmak istenmesindeki amaçlardan birisi konfor diğeri ise proses gereğidir. Düşük bağıl nemli ortamlarda çalışan insanların ağız ve boğazları kurduğundan yaptıkları iş üzerinde konsantrasyonları azalabilecek

* Yrd.Doç.Dr., Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü.

** Araş.Gör., Pamukkale Üniversitesi Makine Mühendisliği Enerji Ana Bilim Dalı.

*** Araş.Gör., Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nün Enerji Bilim Dalı.

**** Yük.Mak.Müh.,

denge için gerekli olan terleme azalacağından yine çalışma düzeni etkilenecektir.

Ortamdaki bağıl nem ile doğrudan ilgili bir fiziksel özellik de statik elektriktir. Bu elektronik cihazların çalışmasına tesir ettiği gibi, mikroçip imalatında da zararlı etkisi olabilmektedir. Bu nedenle bağıl nem belirli bir seviyenin üzerinde tutulmaya çalışılır.

Genel olarak başka bir kriter yoksa temiz oda da seçilen sıcaklık 22 °C (20-24 °C) ve bağıl nem %45 (%40-55) dir. Genel maksatlı odalarda sıcaklığın ± 1 °C, nemin ise ± 5 toleransla tutulmasına çalışılır. Hassasiyet gerektiren odalarda ise $\pm 0,3$ °C ile ± 2 'ye kadar inebilir [2].

Temiz odalarda kontrol altında tutulmak istenen diğer iki parametre ise oda basıncı ve odadaki insanlar ve içeriye verilen hava ile kontrol altına hava hızıdır. Odayı pozitif basınç altında tutarak pencere ve kapı gibi yerlerde bulunabilecek açıklık veya çatlaklarda istenmeyen tozlu ve kirli havanın girmesi önlenir. Bu işlem odada bulunan bir prosesta ile kanal üzerindeki damper, fan girişindeki kanatçıklar, fan kanatları ile veya fan motorunun devrine kumanda ederek besleme havası dönüş havası oranı kontrol edilerek gerçekleştirilir. Bu hassas dengeyi her an sağlayabilmek için hava debilerinin mümkün olduğu kadar az değişmesine dikkat edilmelidir. Örneğin oda içinde bulunan bir davlumbaz veya laboratuvar kabininden zaman zaman pis havanın egzost edilmesi gerekiyorsa bu egzost fanını devamlı çalıştırarak dengenin bozulmaması sağlanmalıdır. Sistemde bulunan filtrelerin zamanla kirlenmesi ile besleme havasının debisindeki azalma da yukarıda bahsedilen yöntemlerle önlenabilir.

Diğer önemli parametrelerden birisi de ses şiddetidir. Temiz odalarda büyük hava debilerine gerek duyulmakta ve bu hava taşıyan kanalların boyutlarına bağlı olarak gürültü problemi ortaya çıkmaktadır. Laminer akışlı odalar

şılır. Ses şiddetinin önemli olduğu durumlar da örneğin ameliyathanelerde 40 dB'e kadar inebilen sistemler tasarlanabilmektedir. Elektronik mikroskobu gibi çok hassas cihazların kullanıldığı temiz odalarda ses şiddeti yanında ayrıca titreşim kontrolü de gerekebilir [1].

Hava hızı da kontrol altında tutulmak istenen temel ortamdaki akışın laminer veya türbülanslı olması ile ilgili olduğundan çok önemlidir. Ayrıca hava hızı, odadaki havanın saatteki değişimi ile de ilgilidir. Sürekli olmayan bir tanecik kaynağından çıkan taneciklerin ortamda kalma süresi ve ortamdaki havanın etkili olarak karışması da yine hava hızının bir fonksiyonudur.

Görüldüğü gibi temiz oda, duvar, tavan, döşeme, mobilyalar, kullanılan cihazlar, çalışan insanlar ve içeriye verilen hava ile kontrol altına da tutulmak istenen kompleksli bir sistemdir.

2. TEMİZ ODALAR VE KLİMA SİSTEMLERİ

Bir çok hastanede yapılan araştırmalara göre ortam havasında bulunan mikro-organizmalar enfeksiyon olayları arasında doğrusal bir orantı vardır. Bu nedenle ameliyathanelerde havadaki tanecik sayısını mümkün olduğu kadar azaltmak gerekir. Örneğin metre küpteki mikro-organizma adedini 200'den 20'ye indirmekle enfeksiyon oranının %3,5'den 1,5'e indiği gözlenmiştir. Her ne kadar küçük bir oran gibi gözüküyor ise de yüzdelerin insan hayatını gösterdiği unutulmamalıdır [2].

Temiz odalarla ilgili çeşitli ülkeler tarafından çıkarılan standartlar bulunmaktadır. Ancak hepsinin temeli 1963 yılında ABD' de çıkarılan "U.S. Federal Standart/209" dur. Daha sonra bu standart geliştirilerek 1988 yılında 209D ve 1992 yılında SI birim sisteminde 209E çıkarılmıştır. Temiz odaların sınıfının belirlenmesi için yapılacak ölçümlerde odanın kullanım durumunun da çok önemli olduğu anlaşılmış ve yanlış anlamalara ve karışıklıklara neden olmamak için

Federal standart 209E'de üç ayrı hal tanımlanmıştır. Bütün her şeyi tamamlanmış bir temiz odada sırasıyla içeride ekipman ve personelin olmadığı durumlarda yapılan ölçümler (as built), buna ilaveten ekipmanın da yerine konması ile yapılan ölçümler (at rest) ve nihayet nersede

cikler yüzeylere laminer akışa nazaran çok daha fazla çarpmakta ve Van der Waals kuvvetleri dolayısıyla buralara yapışıp kalmaktadır. Bu nedenle türbülanslı bir akış düzeni sağlayan cinsten tavanı olan bir odada bulunan bir yüzeyde, havanın kirlilik oranına laminer akış düzeni

Orne yapılan organer (at rest) ve imajet peres nel dahil üretim yapıldığı halde yapılan ölçümlerdir [1].

2.1 TEMİZ ODALARDA HAVA DAĞILIMI

Temiz odalarda hava dağılımını etkileyen en önemli faktör hava verme ve dönüş menfezlerinin yerleri ile bunların cinsleridir. İstenen temizlik sınıfı, içerdeki cihazların yerleşim durumu, binanın inşa durumu ile bunun klima santrallerinin yerleşimine uygunluğu ve en önemlisi bu işe ayrılacak mali kaynak miktarı hava dağılım sisteminin seçimini etkiler.

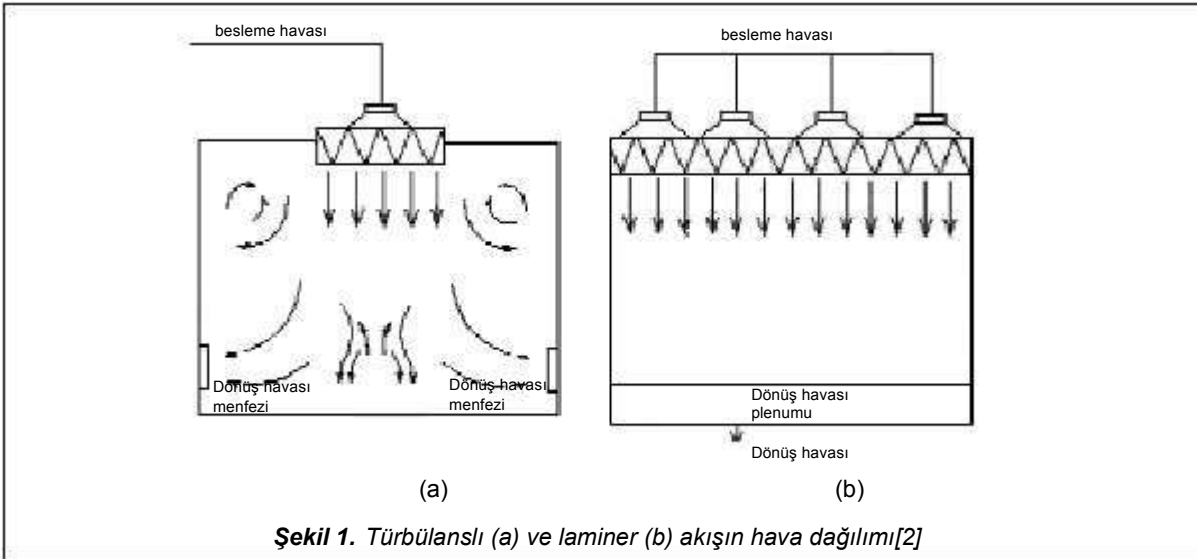
Genel olarak hava dağılımı pahalı ama ideal olarak kabul edilen laminer ve ucuz bir çözüm olan türbülanslı akış olmak üzere ikiye ayrılır. Laminer akışta akış çizgileri birbirine paraleldir ve hız yaklaşık olarak her yerde aynıdır. Paralel akış çizgileri önüne bir engel çıktığı zaman ona çarparak engel etrafında dönüp tekrar paralel hale gelirler. Türbülanslı akış, düzensiz bir akıştır ve akım çizgileri rasgele dağılmıştır.

Karışık hareket eden hava ve dolayısı ile tane -

leyle, aynı ortamda bulunan aynı düzeyde bulunan bir odaya nazaran çok daha fazla mikro-organizma birikmiş bulunmaktadır. Yapılan deneylerde, aynı kirlilik oranındaki laminer ve türbülanslı akış önüne konan mikro-organizma üretme kaplarında, laminer akışta kaba yapışan mikro-organizmalar ile sıfır kirlilik ölçülürken, türbülanslı akışta %64 ve 200 ölçülmüştür. Buradan ameliyathanelerde hiç olmazsa ameliyat masalarının üzerinde muhakkak laminer akış olması gerektiği saptanmıştır. Şekil-1'de türbülanslı ve laminer akışların hava dağılımları şematik olarak gösterilmiştir [2].

3. HİJYENİK HAVALANDIRMA SANTRALLERİ

Günümüzde hijyenik havalandırma sistemlerinde diğer konfor iklimlendirmesine nazaran daha özel malzemeler kullanılmakta ve uygulama olarak da çok titiz çalışılmaktadır. Hijyenik havalandırma sistemlerinde amaç tanecikleri tutmak, belirli nem oranlarını sağlamak, ses şiddetini belirli değerlerde tutmak, hava hızlarını kontrol altında tutmak gibi özel koşulları yerine getirebilmek için birçok özel malzeme kullanılır.



maktadır. Bunun yanı sıra normal havalandırma sistemlerinde kullanılan birçok malzeme burada özelleştirilmiş olarak kullanılmaktadır. Örneğin klima santralleri iki sistemde de kullanılmakta, fakat hijyenik havalandırma sisteminde kullanılan klima santralleri özel olarak üretilmektedir. Dolayısıyla normal bir sisteme göre maliyet de çok fazla artmaktadır [3].

Günümüzde hijyenik klima santrali tasarımı,

vasıtası ile yapılmaktadır. İskeletsiz klima santrallerinde santraldeki yük, direkt paneller üzerine gelmektedir.

İskeletli klima santral kasetlerinde ise durum biraz farklı olup, paneller orta ve kenar profili olarak adlandırılan profiller ile birbirine bağlanmaktadır. Panellerin paralel bağlanması, orta profil vasıtası ile yapılırken, panellerin birbirine dik bağlanması ise kenar profiller sayesinde

üretimi ve işletmesi özel bir ihtisas alanı haline gelmiştir. Bunun nedeni ise, hijyenik klima santrallerine yalnızca ameliyathane ve yoğun bakım üniteleri değil, ilaç üretim tesisleri ve gıda sanayi üretim ve depolama tesisleri ile elektronik prosesler ve benzeri alanlarda sıklıkla gereksinim duyulmasıdır. Son yıllarda iç hava kalitesinin insan sağlığındaki öneminin anlaşılması ile beraber konfor uygulamalarında da hijyenik santral uygulamaları önem kazanmıştır. Artık konfor amaçlı cihazlarda bile katı hijyenik şartları sağlayan santrallerin kullanılması na önem gösterilmektedir. Konu ile ilgili son zamanlarda yoğun çalışmalara başlanmış ve çeşitli standartlar hazırlanmıştır. Bu konuda faaliyet gösteren firmalarda da çalışmalar yapılmakta ve her geçen gün kalitesi yükseltilmiş yeni ürünler piyasaya sunulmaktadır.

Klima santral kasetleri panellerden yapılmakta olup, kaset yüzeyinin %90'nını paneller oluşturmaktadır. Kullanılan paneller, genellikle çift cidarlı olup, iç ve dış sac ve bu saclar arasında konulan izolasyon malzemesinden oluşmaktadır. Kasetin yapısal özellikleri ve panellerin birbirine bağlanmaları açısından klima santral ikilidir. Santral kaset iç yüzeyinde vida yada somun gibi herhangi bir bağlantı elemanı bulunmamalıdır.

- İskeletsiz klima santralleri
- İskeletli klima santralleri

İskeletsiz klima santral kasetlerinde, paneller paralel olarak herhangi bir ara profil gerektirmeden birbirine bağlanabilir. Panellerin birbirine dik bağlanmaları ise genellikle köşebent

sağlanmaktadır. Kenar profiller ise, köşe parçası olarak adlandırılan parça ile santral kasetin köşelerinde birbirine bağlanmaktadır. İskeletli klima santrallerinde yük, panellerden ziyade profiller tarafından taşınmaktadır [4].

Hijyenik Klima Santral kaset iç yüzeylerinin düz ve temiz olması gerekir. Özellikle fan, filtre, nemlendirici, nem alıcı hücrelerin kapılarında gözetleme camı, aydınlatma olması gerekmektedir. Santral kasetindeki sızdırmazlık sınıfı DIN 24 194/2'de açıklanan Sınıf-2 şartlarına haiz olması gerekmektedir. Buna göre santral kasetindeki hava kaçağının minimum olması gerekmektedir.

Standart uygulamalar için santral kaset iç yüzeylerinin temizlenebilir olması gerekmektedir. Yüksek hijyenik şartları gerektiren santraller açık profil veya santral kasetinde kullanılan parçalar arasındaki birleşme yerlerinde partikül birikmesine izin vermeyecek şekilde tasarlanmalıdır. Bu durum santral iç tabanı için daha da önem taşımaktadır. Kullanılan bütün gözenekli parçalar düz ve yıkanabilir malzemeler ile kaplanmalıdır. Santral kaset iç yüzeyinde vida yada somun gibi herhangi bir bağlantı elemanı bulunmamalıdır.

Santral emişi, egzostu ve fan ağızları gibi dışarı açılan kaset açıklıklarında yağmur ve karın girmesi önlenmelidir. Ayrıca bu açıklıklarda hava hızı düşük tutulmalıdır.

Santral kasetindeki ısı köprüleri, kaset yüzeyinde

yoğuşmaya neden olabilir. Kullanılacak santralin kaseti, santralin bulunacağı ortamın termal şartları ve kasetteki EN 1886'ya göre ölçülen ısı köprüleme katsayısı göz önünde bulundurulur seçilmelidir.

Kullanılan kapılar, iç elemanları gözetleyecek şekilde olmalı ve aydınlatma konulmalıdır. Bu durum özellikle, fan, filtre, nemlendirici ve soğutma serpantin hücreleri için zorunludur [4].

Hijyenik klima santrallerinde aşağıdaki hususlara da dikkat edilmesi gerekmektedir:

- Kullanılan fan temizlenebilir, istenildiğinde dezenfekte edilebilir.

lerinde kullanılabilir. Taze ve egzost hava karışım ihtimali olan sistemlerde ise dış ortamdan alınan ve ısı geri kazanımından geçtikten sonra egzost havasının temiz havaya karışımından dolayı, temiz hava içinde bulunan bakterilerin egzost havasının içindeki bakterilere oranı 1/1000'i geçmemelidir.

- Elektrik tesisatı ile ilgili dikkat edilmesi gereken husus ise, kullanılan kabloların temizlenebilir ve kullanılacak dezenfektasyon malzemesine dayanabilir olması ve kablolama da ise en kısa hat kullanılarak santral dış ortamına alınmalıdır.
- Santral kasetinin içinden geçen soğuk su boruları izole edilmelidir [4].

- Hijyenik uygulamaları için plug fanlar tercih edilir. Buna karşın drenaj hatlı radyal fanlar da kullanılabilir. Fan malzemesi ve kanatları galvaniz kalitesine de bağlı kalmak şartı ile galvaniz, boyalı veya paslanmaz seçilebilir. Kullanılan elektrik motoru dış yüzeyi yıkana bilir ve istenildiğinde dezenfekte edilebilmelidir. Bu nedenle, elektrik motor koruma sınıfı olarak IP 55 seçilmelidir. Küçük santral uygulamalarında temizlik amacıyla bu fan ve motor grubunun dışarıya çıkarılması zorunlu olmakla birlikte kolaylık sağlarken, büyük santrallerde fan hücrelerine girilebilmesi ve fanın temizlenebilmesi için yeterince yer bırakılmalıdır. Büyük santrallerde çoğunlukla yıkanabilir olarak imal edileceği için fan hücre drenaj hattı olmasında fayda vardır. Tüm fan hücrelerinde gözetleme camı ve aydınlatma bulunmalıdır.
- Damper uygulamalarında ise hava kaçak oranı maksimum 100 Pa test basıncında $10 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ olmalıdır. Özellikle hijyenik uygulamalarda sistemin çalışmadığı durumlarda damper motoru vasıtasıyla damper kapalı konumda tutulmalıdır.
- Isı geri kazanımı ile iki tip uygulama söz konusudur. Kullanılan ısı geri kazanımında taze hava ile egzost havası sistemin yapısından dolayı herhangi bir ek mekanizma gerektirmeden karışmıyorsa rahatlıkla hijyenik klima santral

4. HİJYENİK HAVALANDIRMA SİSTEMİNİN ENERJİ BAKIMINDAN İNCELENMESİ

Hijyenik havalandırma sistemini enerji bakımından inceleyebilmek için şu şekilde bir yol izlenmiştir. İlk olarak bir mahal seçilmiştir. Bu mahali önce bir normal bir sistemmiş gibi düşünerek yani mahali hiçbir şekilde hijyenik hale getirmeyecek fakat istenilen sıcaklıklarda tutacak şekilde tasarlamak. Diğer sistemi ise tam bir hijyenik sistem olarak tasarlayarak, mahale bakterilerden ve mikro-organizmalardan arındırılmış bir hava verilmektedir.

Sistemleri dizayn ederken mahale üflenen hava miktarları aynı olduğu için enerji farklılıkları sadece fandan kaynaklanmaktadır. Fan seçimi için sistemle ilgili iki şey fan seçiminde önemlidir. İlki sistemin debisi, diğeri ise basınç kayıplarıdır. Bir havalandırma sistemindeki hava akış yollarında, sürtünme, kesit değiştirme, yön değiştirme gibi etkiler oluşturan tüm yüzey ve elemanlar, hava akışına bir direnç gösterir. Bu basınçların toplamı da bize fanın basıncını verir. Havalandırma sistemlerinde bu dirençler artan hava debisi ile artar, bu da fan seçimini etkiler.

Fan karakteristikleri belirlenirken, girişlerinin

açık olduğu ve çıkışlarına yalnızca düz bir kanal parçası eklenerek testler yapıldığı, yani fan çıkışında üniform bir akış, çıkışında ise etkin bir statik basınç kazanımı olduğu unutulmamalıdır. Gerçek kullanım durumlarında ise klima santrali çıkışına direkt olarak bir dirsek bağlanırsa fan etkenlikleri bozulur. Fan seçimi yapılırken her ihtimale karşı basınç biraz yüksek alınmalıdır.

Bir sistemde fan seçilebilmesi için öncelikle sistemin tasarlanmış olması gerekir. Tüm elemanların boyutlarının, dirençlerinin ve debilerinin belirlenmiş olması gerekir. Böylece elde edilmiş olan sistem çalışma noktası, en iyi çalışma aralığı içerisinde olan bir fan, üretici kataloglarındaki fan eğrilerine veya tablolarına bakılarak seçilebilir. Günümüzde fan firmaları klima santrali üreticilerine kolaylık sağlamak ve

Kayıpları

Hijyenik sistemlerde hava büyük önem taşıyan hepa filtrelerden geçerek mahale üflenmektedir. Ayrıca bazı mahallerde ısıtıcılar kullanılmıştır. Debi ayar cihazları ve VRM cihazları da sistemde kullanılmaktadır. Dolayısıyla bu kullanılan cihazların her biri birer direnç kaynağıdır ve bu da fan seçiminde etkili olmaktadır.

Klima santralinde kullanılan elemanlar ise şunlardır; taze hava alış panjuru, kaba filtre (zig zag filtre), ısıtma serpantini, nemlendirici hücre, soğutma serpantini, susturucu hücre ve torba filtre hücresi. Santral üzerinde bulunan bu parçaların her birinden bir direnç gelmekte ve bu fan seçimini büyük ölçüde etkilemektedir. Tablo 2'de hesaplanan değerler verilmiştir.

Sistemde meydana gelen dirençlerin toplamı

en iyi seçimi yapabilmek amacı ile kendi fan seçim programlarını üretmişlerdir ve genelde fan seçimi bu şekilde yapılmaktadır.

4.1 Normal Havalandırma Sisteminde Kanal Kayıpları

Sistemde kanal ekipmanlarının tek tek dirençleri hesaplanmıştır. Mahallere menfezle üfleme yapılmaktadır ve kanal olarak galvanizli sac kullanılmaktadır. Klima santralinde ise kullanılan elemanlar ilk olarak temiz hava emiş panjuru daha sonra kaba filtre (zig zag filtre), ısıtma serpantini, soğutma serpantini ve susturucudur. Bu elemanların her birinden farklı dirençler gelmekte bu da fan seçimini etkilemektedir. Sisteme ait hesaplanan değerler Tablo 1'de verilmiştir.

Sistemde meydana gelen dirençlerin toplamı 700 Pa'dır. Debi değeri ise 5865 m³/h olarak bulunmuştur. Sistem için ADN 315 L tipi fan seçilmiştir. Fan seçim tablosunda 5865 m³/h değeri ara değer olarak bulunduğu için, debive pahalı malzemelerdir. değeri 6200 m³/h olan fan seçilmiştir. Her iki farklı sisteme ait hesaplamalar Nicotra tipi fanlara ait seçim programı yardımıyla yapılmıştır.

4.2 Hijyenik Havalandırma Sisteminde Kanal

1710 Pa'dır. Debi değeri ise 5865 m³/h olarak bulunmuştur. Sistem için RDN 280 K tipi fan seçilmiştir. Fan seçim tablosunda 5865 m³/h değeri ara değer olarak bulunduğu için, debi değeri 6452 m³/h olan fan seçilmiştir.

5. SONUÇ

Hijyenik havalandırma sistemlerinde taneciklerin rolü çok büyüktür ve özellikle ameliyathanelerde bu taneciklerden hastayı korumak gerekmektedir. Yanlış havalandırma sistemlerinden dolayı hastaneye hastaliksız olarak gelen kişiler hastalanarak hastaneyi terk edebilmektedirler. Bu gibi durumları ortadan kaldırmak için hijyenik havalandırmanın önemi çok büyüktür.

Havayı hijyenik ortama uygun bir kaliteye getirmek için bir çok filtreden geçirerek mahale ulaştırmak gerekir. Bu özel filtreler ise çok özel

Hijyenik havalandırma sistemlerinin işletmeciliği de çok dikkat edilmesi gereken bir konudur. Örneğin bir hepa filtre kirlendiğinde onun hemen değiştirilmesi gerekmektedir. Bu işlem

Tablo 1. Normal Havalandırma Sisteminin Basınç Kaybı

| Parça No | Parça Adı | Uzunluk (m) | Akış Debisi (l/s) | Sürtünme (Pa/m) | Hız (m/s) | Vp (Pa) | Kayıp Katsayısı | Eşdeğer Çap (mm) | Dikdörtgen Kesit Ölçüleri (cm) | Kayıp (Pa) |
|----------|---------------------------|-------------|-------------------|-----------------|-----------|---------|-----------------|------------------|--------------------------------|------------|
| 1 | Kanal | 2,5 | 172,22 | 0,57 | 3,40 | | | 250 | 25x20 | 1,43 |
| 2 | Redüksiyon | | 172,22 | - | 4,60 | 12,70 | 0,05 | - | 25x20/30x25 | 0,63 |
| 3 | Kanal | 2,5 | 343,06 | 0,80 | 4,60 | | | 310 | 30x25 | 2 |
| 4 | 90° Dirsek | | 343,06 | - | 4,60 | 12,70 | 0,21 | 310 | 30x25 | 2,66 |
| 5 | Kanal | 2,5 | 343,06 | 0,80 | 4,60 | | | 310 | 30x25 | 2 |
| 6 | Kanal | 2,5 | 172,22 | 0,57 | 3,40 | | | 250 | 25x20 | 1,43 |
| 7 | Redüksiyon | | 172,22 | - | 4,60 | 12,70 | 0,05 | - | 25x20/30x25 | 0,63 |
| 8 | Kanal | 2,5 | 344,44 | 0,82 | 4,60 | | | 310 | 30x25 | 2,05 |
| 9 | Kanal | | 202,78 | 1 | 4,05 | | | 250 | 25x20 | 10 |
| 10 | Kanal | 2,5 | 184,72 | 0,75 | 3,70 | | | 250 | 25x20 | 1,88 |
| 11 | Redüksiyon | | 369,44 | - | 4,90 | 14,50 | 0,05 | - | 25x20/30x25 | 0,73 |
| 12 | Kanal | 2,5 | 369,44 | 1 | 4,90 | | | 310 | 30x25 | 2,5 |
| 13 | Kanal | 2,5 | 184,72 | 0,75 | 3,70 | | | 250 | 25x20 | 1,88 |
| 14 | Redüksiyon | | 369,44 | - | 4,90 | 14,50 | 0,05 | - | 25x20/30x25 | 0,73 |
| 15 | Kanal | 2,5 | 369,44 | 1 | 4,90 | | | 310 | 30x25 | 2,5 |
| 16 | 90° Dirsek | | 369,44 | - | 4,90 | 14,50 | 0,21 | 310 | 30x25 | 3,04 |
| 17 | Kanal | 2,5 | 369,44 | 1 | 4,90 | | | 310 | 30x25 | 2,5 |
| 18A | Ayırma Parçası Ana Kanal | | 738,88 369,44 | - | 5,50 | 18,25 | 0,05 | - | 45x30/30x25 | 0,92 |
| 18B | Ayırma Parçası Red Dirsek | | 738,88 369,44 | - | 5,50 | 18,25 | 0,52 | - | 45x30/30x25 | 9,49 |

| | | | | | | | | | | |
|-----|------------------------------|--------|------------------|------|------|-------|-------|-----|----------------------------|------------|
| 19 | Kanal | 5,5 | 738,88 | 0,81 | 5,70 | | | 415 | 45x30 | 4,46 |
| 20A | Ayırma Parçası Ana Kanal | | 941,66 738,88 | - | 5,70 | 19,60 | -0,04 | - | 55x30/45x30 | -0,78 |
| 20B | Ayırma Parçası Red Dirsek | | 941,66 202,78 | - | 5,70 | 19,60 | 0,40 | - | 55x30/25x20 | 7,84 |
| 21 | Kanal | 3 | 941,66 | 0,84 | 5,70 | | | 458 | 55x30 | 2,52 |
| 22A | Ayırma Parçası Ana Kanal | | 343,06 | - | 4,60 | 12,70 | 0,37 | 458 | 30x25 | 4,7 |
| 22B | Ayırma Parçası Red Dirsek | | 941,06 | - | 5,70 | 19,60 | 0,60 | 458 | 55x30 | 11,76 |
| 23 | Kanal | 2,3 | 1629 | 0,90 | 6,70 | | | 558 | 70x35 | 2,07 |
| 24 | 90° Dirsek | | 1629,06 | - | 6,70 | 27 | 0,90 | 558 | 70x35 | 24,3 |
| 25 | Kanal | 0,8 | 1629,06 | 0,90 | 6,70 | | | 558 | 70x35 | 0,68 |
| 26 | 90° Dirsek | | 1629,06 | - | 6,70 | 27 | 0,39 | 558 | 35x70 | 10,53 |
| 27 | Kanal | 13 | 1629,06 | 0,90 | 6,70 | | | 558 | 70x35 | 11,7 |
| 28 | 90° Dirsek | | 1629,06 | - | 6,70 | 27 | 0,39 | 558 | 35x70 | 10,53 |
| 29 | Kanal | 36 | 1629 | 0,90 | 6,70 | | | 558 | 70x35 | 32,4 |
| 30 | 90° Dirsek | | 1629,06 | - | 6,70 | 27 | 0,90 | 558 | 70x35 | 24,3 |
| 31 | Kanal | 7 | 1629,06 | 0,90 | 6,70 | | | 558 | 70x35 | 6,3 |
| 32 | 90° Dirsek | | 1629,06 | - | 6,70 | 27 | 0,90 | 558 | 70x35 | 24,3 |
| 33 | 60x60 Menfez | 9 adet | | | | | | | 180 | |
| 34 | Klima Santral Ekipmanları | | | | | | | | 293,43 | |
| | | | | | | | | | TOPLAM BASINÇ KAYBI | 700 |

| Parça No | Parça Adı | Uzunluk (m) | Akış Debisi (l/s) | Sürtünme Hızı (Pa/m) | Hız (m/s) | Vp (Pa) | Kayıp Katsayısı | Eşdeğer Çap (mm) | Dikdörtgen Kesit Ölçüleri (cm) | Kayıp (Pa) |
|----------|------------------------------|-------------|-------------------|----------------------|-----------|---------|-----------------|------------------|--------------------------------|------------|
| 1 | Kanal | 2,5 | 172,22 | 0,57 | 3,40 | | | 250 | 25x20 | 1,43 |
| 2 | Redüksiyon | | 172,22 | - | 4,60 | 12,70 | 0,05 | - | 25x20/30x25 | 0,63 |
| 3 | Kanal | 2,5 | 343,06 | 0,80 | 4,60 | | | 310 | 30x25 | 2 |
| 4 | 90° Dirsek | | 343,06 | - | 4,60 | 12,70 | 0,21 | 310 | 30x25 | 2,66 |
| 5 | Kanal | 2,5 | 343,06 | 0,80 | 4,60 | | | 310 | 30x25 | 2 |
| 6 | Kanal | 2,5 | 172,22 | 0,57 | 3,40 | | | 250 | 25x20 | 1,43 |
| 7 | Redüksiyon | | 172,22 | - | 4,60 | 12,70 | 0,05 | - | 25x20/30x25 | 0,63 |
| 8 | Kanal | 2,5 | 344,44 | 0,82 | 4,60 | | | 310 | 30x25 | 2,05 |
| 9 | Kanal | | 202,78 | 1 | 4,05 | | | 250 | 25x20 | 10 |
| 10 | Kanal | 2,5 | 184,72 | 0,75 | 3,70 | | | 250 | 25x20 | 1,88 |
| 11 | Redüksiyon | | 369,44 | - | 4,90 | 14,50 | 0,05 | - | 25x20/30x25 | 0,73 |
| 12 | Kanal | 2,5 | 369,44 | 1 | 4,90 | | | 310 | 30x25 | 2,5 |
| 13 | Kanal | 2,5 | 184,72 | 0,75 | 3,70 | | | 250 | 25x20 | 1,88 |
| 14 | Redüksiyon | | 369,44 | - | 4,90 | 14,50 | 0,05 | - | 25x20/30x25 | 0,73 |
| 15 | Kanal | 2,5 | 369,44 | 1 | 4,90 | | | 310 | 30x25 | 2,5 |
| 16 | 90° Dirsek | | 369,44 | - | 4,90 | 14,50 | 0,21 | 310 | 30x25 | 3,04 |
| 17 | Kanal | 2,5 | 369,44 | 1 | 4,90 | | | 310 | 30x25 | 2,5 |
| 18A | Ayırma Parçası Ana Kanal | | 738,88 369,44 | - | 5,50 | 18,25 | 0,05 | - | 45x30/30x25 | 0,92 |
| 18B | Ayırma Parçası Red Dirsek | | 738,88 369,44 | - | 5,50 | 18,25 | 0,52 | - | 45x30/30x25 | 9,49 |
| 19 | Kanal | 5,5 | 738,88 | 0,81 | 5,70 | | | 415 | 45x30 | 4,46 |
| 20A | Ayırma Parçası Ana Kanal | | 941,66 738,88 | - | 5,70 | 19,60 | -0,04 | - | 55x30/45x30 | -0,78 |
| 20B | Ayırma Parçası Red Dirsek | | 941,66 | - | 5,70 | 19,60 | 0,40 | - | 55x30/25x20 | 7,84 |

| | | | | | | | | | | |
|-----|------------------------------|--------|---------|------|------|-------|------|-----|----------------------------|-------------|
| 21 | Kanal | 3 | 941,66 | 0,84 | 5,70 | | | 458 | 55x30 | 2,52 |
| 22A | Ayırma Parçası Ana Kanal | | 343,06 | - | 4,60 | 12,70 | 0,37 | 458 | 30x25 | 4,7 |
| 22B | Ayırma Parçası Red Dirsek | | 941,06 | - | 5,70 | 19,60 | 0,60 | 458 | 55x30 | 11,76 |
| 23 | Kanal | 2,3 | 1629 | 0,90 | 6,70 | | | 558 | 70x35 | 2,07 |
| 24 | 90° Dirsek | | 1629,06 | - | 6,70 | 27 | 0,90 | 558 | 70x35 | 24,3 |
| 25 | Kanal | 0,8 | 1629,06 | 0,90 | 6,70 | | | 558 | 70x35 | 0,68 |
| 26 | 90° Dirsek | | 1629,06 | - | 6,70 | 27 | 0,39 | 558 | 35x70 | 10,53 |
| 27 | Kanal | 13 | 1629,06 | 0,90 | 6,70 | | | 558 | 70x35 | 11,7 |
| 28 | 90° Dirsek | | 1629,06 | - | 6,70 | 27 | 0,39 | 558 | 35x70 | 10,53 |
| 29 | Kanal | 36 | 1629 | 0,90 | 6,70 | | | 558 | 70x35 | 32,4 |
| 30 | 90° Dirsek | | 1629,06 | - | 6,70 | 27 | 0,90 | 558 | 70x35 | 24,3 |
| 31 | Kanal | 7 | 1629,06 | 0,90 | 6,70 | | | 558 | 70x35 | 6,3 |
| 32 | 90° Dirsek | | 1629,06 | - | 6,70 | 27 | 0,90 | 558 | 70x35 | 24,3 |
| 33 | Hepa Filtre | 9 adet | | | | | | | | 250 |
| 34 | Debi Ayar Cihazı | 3 adet | | | | | | | | 250 |
| 35 | VRM | 1 adet | | | | | | | | 220 |
| 36 | Klima Santral Ekipmanları | | | | | | | | | 763,43 |
| | | | | | | | | | TOPLAM BASINÇ KAYBI | 1710 |

yapılmazsa sistemde basınç artar ve hepa filtre görevini yapamaz.

Dolayısıyla böyle kompleks bir sistemde kontrol cihazlarından, filtrelerden, klima santrallerindeki ilave elemanlardan dolayı fanın karşı direnci artmakta, dolayısıyla bu sistemin tükettiği enerji de artmaktadır.

Sonuç olarak normal bir klima sistemlerin fan seçimleri yapıldığında, normal bir sistemde fan gücü 2,232 kW, motor gücü de 2,79 kW olarak belirlenirken; hijyenik havalandırma sisteminde ise fan gücü 4,479 kW, motor gücü ise 5,375 kW olarak bulunmaktadır. Dolayısıyla enerji tüketimi açısından hijyenik havalandırma daha büyük enerjilere ihtiyaç duymaktadır. Bu durumda sistemi tahrik edecek elektrik motorlarının güçleri arasındaki fark 2,585kW olarak bulunmaktadır. Bu sonuca dayanarak hijyenik bir ortamın havalandırılması için gereken enerji nor-

mal bir ortamın havalandırılması için gereken enerjinin iki katı kadar olmaktadır.

KAYNAKLAR

- [1] Küçükçalı, R., Klima Tesisatı, Isısan Çalışmaları, No:305, Ekim 2001, İstanbul
- [2] Özkaynak, T., Temiz Oda Tasarımı ve Klima Sistemleri, Tetisan Ltd. Şti. Teknik Yayınları, 1999, İstanbul
- [3] Dinç, İ., Hijyenik Havalandırma Sistemleri ve Hijyenik Havalandırma Sistemlerinin Enerji Bakımından İncelenmesi, Yüksek Lisans Projesi, Pamukkale Üniversitesi, 2003, Denizli
- [4] Beşer, E., Klima Santral Kasetlerinin Isıl Özellikleri, TEBA, 2001, İzmir.

<http://www.mmo.org.tr>

<http://www.gonka-hvac.com>

