MARMARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

HASTANELERDE SARS COV-2 (COVID-19) VİRÜSÜNÜN YAYILIMINI ETKİLEYEN İKLİMLENDİRME SİSTEMLERİ VE PARAMETRELERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

BUĞRA BAYRAM

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Makine Mühendisliği Programı

DANIŞMAN

Doç.Dr.Ayhan ONAT

İSTANBUL, 2022

MARMARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

HASTANELERDE SARS COV-2 (COVID-19) VİRÜSÜNÜN YAYILIMINI ETKİLEYEN İKLİMLENDİRME SİSTEMLERİ VE PARAMETRELERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

BUĞRA BAYRAM

(523218042)

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Makine Mühendisliği Programı

DANIŞMAN

Doç.Dr.Ayhan ONAT

İSTANBUL, 2022

TEŞEKKÜR

Tez çalışması sürecinde yardımlarını ve desteğini esirgemeyen saygıdeğer danışman hocam Doç. Dr. Ayhan ONAT'a teşekkür ederim.

Teknik bilgi ve tecrübelerini paylaşmaktan hiçbir zaman çekinmeyen değerli meslektaşım ve mesai arkadaşım Coşkun Kenan MERİÇ'e sağladığı desteklerden dolayı minnet borcum olduğunu belirtir ve teşekkür ederim.

Her süreçte olduğu gibi tez sürecinde de yanımda olan, destekleyen annem, babam ve kardeşlerime sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Haziran 2022 **Buğra BAYRAM**

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR i
İÇİNDEKİLER ii
ÖZET v
ABSTRACT vi
SEMBOLLER vii
KISALTMALAR viii
ŞEKİL LİSTESİ x
TABLO LİSTESİ xi
1. GİRİŞ 1
1.1. Tezin amaçları 2
1.2. Literatür Araştırması 3
1.3. SARS-CoV-2 Virüsü 7
1.4. Sağlık Yapılarındaki İklimlendirme Sistemleri 8
1.4.1. Klima santralleri 9
1.4.2. Fan-Coil, VRF ve Klima İç Üniteleri 10
1.4.3. Hava Filtreleri 11
1.4.4. Laminer Akış Ünitesi 16
1.4.5. Ultraviyole Mikrop Kırıcı Işınım (UVGI) 17
2. MATERYAL VE YÖNTEM 19
2.1. Dünyada Kullanılan Hastane İklimlendirme Standart ve Kılavuzları 19
2.1.1. ANSI/ASHRAE/ASHE Standard 170 20
2.1.1.1. Filtreleme 20
2.1.1.2. Genel Gereklilikler 22
2.1.1.3. Tasarım Parametreleri ve Değerleri 22
2.1.2. Alman Standardı DIN 1946-4 "Sağlık Yapıları ve Odalarda Havalandırma" .. 25
2.1.2.1. Oda Sınıfları 26
2.1.2.2. Havalandırma Gereklilikleri 28
2.1.2.3. Hava Filtreleri 33
2.1.3. İspanya Standardı UNE 1007133 34
2.1.3.1. Hava Kalitesi 34

2.1.3.2. Hava Akışı 35
2.1.3.3. Hastane Sektörlerinin Sınıflandırılması ve Her Alandaki Gereksinimler 35
2.1.4. Brezilya Standardı NBR 7256 38
2.1.4.1. Ortamların Özellikleri 38
2.1.4.2. Filtre Derecelendirmesi ve Filtreleme Verimliliği 42
2.1.5. ISO 14644 Temiz Odalar ve Bunlarla İlgili Kontrollü Ortamlar 43
2.1.6. VDI 2167 Standardı 43
2.1.6.1. Ameliyathane Konfor ve Tasarım Parametreleri 44
2.1.6.2. Hastane Odalarının Kullanımı ve Koruma Ölçütü 44
2.1.7. Amerikan Mimarlar Enstitüsü (AIA) "Hastane ve Sağlık Tesislerinde Tasarım ve Yapı Kılavuzu" 46
2.1.7.1. İklimlendirme Sistemleri 47
2.1.8. CDC ve HICPAC Kuruluşları Tarafından Hazırlanan "Sağlık Yapılarında Çevresel Enfeksiyon Kontrolü Kılavuzu" 49
2.1.8.1. Yaşanılan Mahallerde İklimlendirme Parametreleri 50
2.2. SARS-CoV-2 Pandemisinde Hastanelerde Alınması Gereken Önlemler 51
3. BULGULAR VE TARTIŞMA 53
3.1. Sıcaklık 53
3.2. Bağıl Nem Oranı 54
3.3. Filtrelendirme 55
3.4. Basınçlandırma 56
3.5. Hava Akışı 57
3.5.1. Hava akış modelleri 57
3.5.2. Tek yönlü hava akışını bozan unsurlar 58
3.5.3. Egzoz Havası Çıkışları 59
3.6. Hava Değişim Sayıları ve Hava Hızı 60
3.6.1. Hava Değişim Sayısı 60
3.6.2. Hava Hızı 60
3.7. Ses Basıncı 62
3.8. Parametrelerin Standartlara Göre Karşılaştırılması 63
3.8.1. Ameliyathane 63
3.8.2. İzolasyon Odaları 65

3.8.3. Yoğun Bakım Odaları 66
3.8.4. Hasta Yatak Odaları 68
3.8.5. Tanı / Tedavi Odaları 70
4. SONUÇLAR 72
KAYNAKLAR 75
ÖZGEÇMİŞ

ÖZET

HASTANELERDE SARS COV-2 (COVID-19) VİRÜSÜNÜN YAYILIMINI ETKİLEYEN İKLİMLENDİRME SİSTEMLERİ VE PARAMETRELERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

İklimlendirme sistemleri, kapalı bir ortamda sıcaklık, nem, temizlik ve hava hareketini insan sağlık ve konforuna göre ayarlayarak havanın şartlandırılmasını sağlamaktadır. SARS-CoV-2 virüsü hava yolu ile yayılabilen bir hastalık olduğundan kapalı alanlardaki hava temizliği bu süreçte daha çok önem kazanmıştır.

Hastanelerde enfeksiyon kapma riski tüm hastane personeli ve hastalar açısından önemli bir problem olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu alanda yapılan çalışmalar sonucu tüm dünyada geliştirilen birçok standart ve kılavuz mevcuttur.

Yapılan bu çalışmada; Sağlık yapılarında iklimlendirmeyi sağlayan ekipmanlar incelenmiş ve tüm dünyada geçerli hastane iklimlendirme standartlarındaki temiz hava şartlarının önemli olduğu ameliyathane, izolasyon odası, yoğun bakım odası, hasta odası ve tanı/tedavi odalarının iklimlendirme parametreleri üzerine yoğunlaşılmıştır. Bu mahaller için sıcaklık, bağıl nem, basınç, filtreleme, hava akışı, egzoz havası çıkış noktaları ve saatteki hava değişim sayıları gibi tasarım parametreleri değerlendirilmiştir.

ABSTRACT

EVALUATE OF AIR CONDITIONING SYSTEM AND PARAMETERS AFFECTING THE RISK OF TRANSMISSION OF SARS-CoV-2 (COVID-19) VIRUS IN HOSPITALS

Air conditioning systems provide conditioning of the air by adjusting the temperature, humidity, cleanliness and air movement in a closed environment according to human health and comfort. SARS-CoV-2 virus is a disease that can be spread by air, air cleanliness in indoor areas has gained more importance in this process.

The risk of infection in hospitals is an important problem for all hospital staff and patients. There are many standards and guidelines developed all over the world as a result of studies in this field.

In this study; equipments providing air-conditioning in healthcare facilities has been examined and air-conditioning parameters of the operating room, isolation room, intensive care room, patient room and diagnosis/treatment rooms, where clean air conditions in hospital climatization standards valid all over the world are important. For these spaces, design parameters such as temperature, relative humidity, pressure, filtration, air flow, exhaust air outlet points and air change per hour have been evaluated.

SEMBOLLER

m	**:**	metre
µm	**:**	mikrometre
ºC	**:**	Santigrat derece
h	**:**	saat
s	**:**	saniye
µ	**:**	mikron
η	**:**	verim
C	**:**	Yeni vakaların sayısını
S	**:**	Enfeksiyona yatkın kişilerin sayısı
Pa	**:**	Pascal

KISALTMALAR

ACH : Saatlik Hava Değişim Sayısı (Air Change per Hour)

AIA : Amerikan Mimarlar Enstitüsü (American Institute of Architects)

AII : Havayolu Enfeksiyonu İzolasyonu (Airborne Infection Isolation)

AIIR : Havayolu Enfeksiyon İzolasyon Odaları (Airborne Infection Isolation Rooms)

ASHRAE : Amerikan Isıtma, Soğutma ve İklimlendirme Mühendisleri Derneği (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers)

CAV : Sabit Debi Ayar Kutusu (Constant Air Volume Box)

DIN : Alman Genel Norm Komitesi (Deutsches Institut für Normung)

EN : Avrupa Normu (European Norm)

FCU : Fan Coil Ünitesi (Fan Coil Unit)

ICRA : Enfeksiyon Kontrol Risk Değerlendirmesi (Infection Control Risk Assesment)

LTF : Düşük Türbülanslı-Tek Yönlü Akış (Low-Turbulence Flow-Unidirectional Air Flow)

MERV : Minimum Verimlilik Raporlama Değeri (Minimum Efficiency Reporting Value)

MİN : Minimum

MMO : Makine Mühendisleri Odası

NBR : Brezilya Standartları (Norma Regulamentadora Brasileira)

OR : Ameliyathane (Operating Room)

PE : Koruma altındaki bölge (Protective Environment)

REHVA : The Federation of European Heating, Ventilation and Air Conditioning Associations

ULF : Tek Yönlü Akış (Unilateral Flow)

ULPA : Ultra Düşük Geçirgen Hava Filtresi (Ultra Low Penetration Air)

UNE : İspanyol Standartları (Asociacion Espanola de Normalizacion)

UV : Ultraviyole (Morötesi)

UVGI : Ultraviyole Antiseptik Işınlama (Ultraviolet Germicidal Irradiation)

VAV : Değişken Hava Debisi (Variable Air Volume)

WHO : Dünya Sağlık Örgütü (World Health Organization)

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.1. WHO tarafından raporlanan COVID-19 yayılma mekanizması 2
Şekil 1.2. SARS-CoV-2 Şematik Yapısı ve Genomu 8
Şekil 1.3. Klima Santrali Parçaları 9
Şekil 1.4. Klima Santrali 10
Şekil 1.5. Klima İç Üniteleri 10
Şekil 1.6. Partikül Boyutları …..…….12
Şekil 1.7. HEPA Filtre..... 15
Şekil 1.8. Laminer Akış Ünitesi 17
Şekil 1.9. Hava kanalı içerisinde UVGI 18
Şekil 3.1. Laminer akışlı temiz oda 57
Şekil 3.2. Türbülans akışlı temiz oda 58
Şekil 3.3. Tek yönlü hava akışında personelin ve malzemelerin etkisi.....59
Şekil 3.4. Laminer Akış Ünitesi ve Ameliyathane Ortamı..... 62

TABLO LİSTESİ

Tablo 1.1. Filtrasyon yöntemleri 11
Tablo 1.2. Filtre Seçim Tablosu 13
Tablo 1.3. ISO 16890 Filtre Verimlilikleri 14
Tablo 1.4. EN 1822 ve ISO 29463 Standartları Filtre Verimlilikleri 14
Tablo 2.1. Minimum Filtre Verimlilikleri 21
Tablo 2.2. Hastane Mahallerinin Dizayn Parametreleri 23
Tablo 2.3. Minimum İklimlendirme Gereksinimleri 28
Tablo 2.4. Hastanede İklimlendirme Gereksinimleri 36
Tablo 2.5. Hastane Birimleri İklimlendirme Parametreleri 39
Tablo 2.6. Filtre Sınıfları 42
Tablo 2.7. Filtre Alanına Bağlı Toplam Hava Besleme Miktarı 44
Tablo 2.8. Oda ve Hava Koruma Ölçütlerinin Kullanımı 45
Tablo 2.9. Hastane İklimlendirme Gereklilikleri 47
Tablo 2.10. Sağlık Tesislerinin Seçili Alanlarındaki Havalandırma Spesifikasyonları ... 50
Tablo 3.1. Ameliyathane Parametrelerinin Standartlara Göre Karşılaştırılması 64
Tablo 3.2. İzolasyon Odası Parametrelerinin Standartlara Göre Karşılaştırılması 66
Tablo 3.3. Yoğun Bakım Parametrelerinin Standartlara Göre Karşılaştırılması 68
Tablo 3.4. Hasta Odaları Parametrelerinin Standartlara Göre Karşılaştırılması 70
Tablo 3.5. Tedavi Odaları Parametrelerinin Standartlara Göre Karşılaştırılması 71

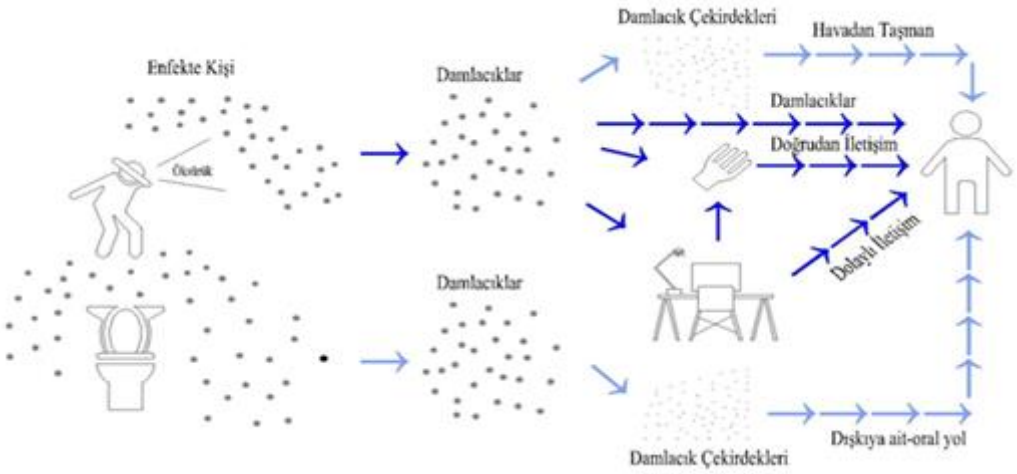
1. GİRİŞ

Teknolojinin gelişmesi ile birlikte insan hayatında konfor ve sağlıklı yaşamı sağlayan sistemler hayatımızda büyük rol oynamaktadır. Konforu sağlayan sistemler denildiğinde ilk akla gelen iklimlendirme sistemleridir. Bu sistemler vasıtasıyla binalarda veya odalarda istenilen sıcaklık, bağıl nem, basınç, hava değişimi ve hava hızı gibi parametreler kolaylıkla kontrol edilebilmektedir. Özellikle hava yolu ile bulaşan hastalıkların yaygın olduğu sağlık tesislerinde iklimlendirme sistemleri önemli bir role sahiptir.

İklimlendirme sisteminde gelişen teknoloji ile birlikte hastanelerin özel birimlerinde (ameliyathane, yoğun bakım, izolasyon odası vb.) temiz oda kavramı ortaya çıkmaktadır. Bu odalar; sıcaklık, bağıl nem oranı, taze hava miktarı, mahal basıncı, hava akışları, partikül ve mikroorganizma sayısı gibi parametrelerin istenilen değerlerde tutulduğu kapalı ortamlardır.

Temiz oda teknolojisinin gerekli mahallerde tekniğine uygun kullanılmaması sağlık açısından olumsuz sonuçlara hatta ölümlere yol açabilmektedir. Hastanenin değişik birimlerinde hijyenik koşullar nedeniyle farklı hava şartlandırmaları gerekmektedir. Bu nedenle hava akışının, yüksek temiz hava şartı isteyen mahalden daha düşük temiz hava şartı gerektiren mahale doğru olması gerekmektedir. Bunun uygulanması için iklimlendirme sistemi doğru bir şekilde dizayn edilmelidir.

SARS-CoV-2 (COVID-19) virüsü, 2019'da varlığını belirten pozitif yönelimli ve tek iplikçikli RNA virüsü olan yeni tip bir koronavirüstür. Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından COVID-19'un bulaşma yolları; havada asılı parçacıklar, temas ile bulaşma ve fekal temas olarak açıklanmaktadır. WHO tarafından yayınlanan COVID-19 yayılma mekanizması Şekil 1.1'de gösterilmektedir [1].



Şekil 1.1. WHO tarafından raporlanan COVID-19 yayılma mekanizması [1]

1.1. Tezin amaçları

2019 yılında COVID-19 virüsünün ortaya çıkmasıyla iklimlendirme sistemlerinin önemi daha çok ön plana çıkmış ve yeni önlemler alınmasına sebep olmuştur. COVID-19'un yayılması virüsün damlacık yolu ile veya doğrudan temas ile kişilere bulaştığı düşünülmektedir. Bu yüzden virüslerin hava yolu ile bulaşma ihtimalinin yüksek olduğundan pandemi sürecinde kapalı alanlardaki iklimlendirme sistemi daha fazla önem kazanmaktadır.

Bu tez çalışmasında COVID-19 gibi hava yolu ile bulaşan virüslerin pandemi sürecinde hastanelerde yayılmasını engelleyebilecek ve bulaşmasını önleyebilecek parametreler hakkında araştırmalar yapılmıştır. Dünya genelinde iklimlendirme ile ilgili önemli kuruluşların (ASHRAE, DIN, CDC gibi organizyonlar) hastaneler için önerdiği parametre değerleri analiz edilerek ameliyathaneler, izolasyon odaları, yoğun bakım odaları, hasta odaları ve tanı/tedavi üzerine değerlendirmeler yapılmıştır.

Ayrıca bu kuruluşların hastaneler ile ilgili yayınladığı standartlarda iklimlendirme önerileri ve uygulanması gereken minimum iklimlendirme değerleri paylaşılmaktadır. Bu çalışmadaki verilerin, ileride yapılacak hastane veya sağlık yapıları için bir kılavuz kaynak olarak kullanılması amaçlanmaktadır.

1.2. Literatür Araştırması

İklimlendirme sistemlerinde hastane uygulamaları ile ilgili ulusal ve uluslararası çalışmalar yapılmıştır. Özellikle 2019 yılında COVID-19 virüsü yayıldıktan sonra bir çok kuruluş kapalı alanlarda alınacak önlemler ile ilgili kılavuz hazırlamıştır. Tüm dünyada ağır şartlarda geçen bu dönemde iklimlendirme sistemleri önemli hale gelmiştir. Geçmişten günümüze hastanelerdeki iklimlendirme sistemlerini etkileyen bazı çalışmalar aşağıdaki gibidir;

Servet ALAN, "Hastane Enfeksiyonlarından Korunmada Birimlerin Yapılanma, Havalandırma, Temizleme Ve Dezenfeksiyon Esasları" çalışmasında, hava çıkışının düzenli aralıklarla ölçüldüğünü, optimum performansı sağlamak için havalandırma borularının düzenli olarak temizlendiğini belirtmektedir. Gerektiğinde partiküllerin uzaklaştırılmasına yardımcı olmak için taşınabilir, 300-500 m^3 /dakika temizleme kapasitesine sahip endüstriyel HEPA (High Efficiency Particulate Arresting) filtreler kullanılmaktadır. Bu amaçla tüm oda havasını resirküle edebilecek ve saatte 12'den fazla hava dolaşımı sağlayabilecek taşınabilir HEPA filtreler seçilmektedir. Ameliyathaneler, koridorlar ve komşu alanlara göre pozitif basınç bulunmaktadır. Hava değişimi saatte 15'den fazla olmakta ve bunun en az 3'ü taze hava olmaktadır. Ameliyathaneye giren tüm taze ve yeniden dolaşıma giren hava %90 etkinlikli filtrelerden geçirilmektedir. Horizontal laminer akım olmayan ameliyathanelerde hava tavandan gelmeli ve hava çıkışı yere yakın olmalıdır [2].

Ali SÜNGÜ çalışmasında, temiz odalarda kullanılan iklimlendirme sistemlerinin kalbinin filtre sistemi olduğunu vurgulamaktadır. Temiz odalarda temel olarak, mahale gönderilen havanın zararlı mikroorganizmalardan temizlenmiş olarak gelmesi gerektiğini söylemektedir. Konfor iklimlendirme sistemlerinde mahale gönderilen hava temizlenirken iki kademeli filtreden geçmektedir. Temiz oda iklimlendirmesinde ise filtreleme üç kademeli olarak sağlanmaktadır. Temiz odalarda, tek yönlü hava akışı ve karışık hava akışı olmak üzere 2 şekilde hava dağılımı oluşturulmaktadır. Ameliyathanelerde tek yönlü hava akışı, korumalı alanın çevresinde düz bir şekilde akmaktadır. Laminer akışın her noktasında akım çizgileri birbirine paralel ve havanın hızı sabittir (ameliyat masası üzerinde ortalama 0,22 m/s – 0,28 m/s). Karışık akışta ise hava çizgileri düzensiz ve rastgele olarak akmaktadır (0,35 m/s – 0,55 m/s). Temiz odalarda,

temizliğin kontrol altında olması için önemli parametrelerden birisi de oda basıncıdır. Odaların basınçları, temiz mahalden daha az temiz mahale doğru gidildikçe azalması gerekmektedir [3].

(Gereli ve Akdaş), "Hastanelerde Elektromanyetik Kirlilik ve Yalıtımı" çalışmasında, sağlık tesislerindeki elektromanyetik kirliliğin, hem personel hem de hastaneye gelen ziyaretçilerin sağlığını olumsuz yönde etkilediğini söylemektedir. Bu problemin önlenmesi için, özellikle yüksek seviyede elektromanyetik kirliliğin olduğu mahallerde yalıtım yapılması gerektiğini vurgulamaktadır [4].

Süleyman KAVAS çalışmasında, Türkiye'de geçmişte kurulan hastanelerde laminer akış üniteleri %100 taze havayla çalışmakta olduğunu, diğer ülkelerde ise ameliyathanenin sınıfına bağlı olarak devirdaim havalı laminer akış üniteleri kullanıldığını söylemektedir. Devirdaim havalı sistemde, ameliyathanenin taze hava ihtiyacı olan kısmı dışarıdan alınıp geri kalan kısmı ameliyathaneden alınıp hassas filtrelerden geçirilerek karıştırılmaktadır. Karıştırılan hava ise tekrar laminer akış ünitesi içerisindeki H14 sınıfı HEPA filtrelerden geçerek ameliyat mahaline verilmektedir. Laminer akış ünitesinin 1,20 metre aşağısında hava hızı 0,23 – 0,25 m/s aralığında olmalıdır ve yerden 2,10 metre yükseklikte akış düzenleyici stabilizatör bulunmalıdır [5].

Akın KAYACAN çalışmasında, ameliyathane iklimlendirme sistemi tasarlanırken üç kriter kontrol edilmekte ve üç kriteri de sağlayacak şekilde tasarlanmakta olduğunu söylemektedir. Bunlar; ortamın ısıl yük ihtiyacını karşılamak, minimum hava debisi gerekliliğini ve istenilen hava çevrim sayısını sağlamaktır. Ameliyathaneler; 22 - 26 °C sıcaklıklarda, %40 - %60 aralığında bağıl nemde ayarlanabilecek şekilde tasarlanmaktadır. Kalp ve ortopedi ameliyatı yapılan ameliyathanelerde ortam sıcaklığı 16 °C'ye ayarlanabilecek şekilde ısıl yük hesabı yapılmalı ve ona göre cihaz seçimi yapılmalıdır [6].

Ali BÜYÜKYILDIZ, "Temiz Oda Tanımı" çalışmasında, mikroorganizmaların çoğunlukla havada hareket eden, CFU (Koloni Oluşturucu Birim) olarak isimlendirilen ve ortalama 15 µm büyüklüğündeki parçacıklara yapışarak dağıldığını söylemektedir. Bu nedenle, ameliyathanelerdeki CFU miktarı, belirli değerlerin altında tutulmalıdır. Laminer hava akışlı sistem ile ameliyat yapılan bölgede bu limit 10 CFU/m³'tür. HEPA filtreleri ile yapılan türbülanslı akışlarda ise klasik havalandırmaya göre yaklaşık 20 kat

iyileştirme sağlanmaktadır. Ameliyat şartlarında yapılan deneyler ve ölçümler, olabilecek maksimum partikül sayısını sağlayabilmek için 0,28 m/s'lik laminer hava akış hızının gerekli olduğunu göstermektedir [7].

Orhan GÜRSON ve Ümit TÜRKDOĞAN, "Hastane Binalarında Mekanik Sistem Tasarımı" çalışmasında, tesisat sistemlerinde hastaneler kritik binalar olmakla beraber bazı hastane mahallerinin hayati öneme sahip olduğunu vurgulamaktadır. Ameliyathane, yoğun bakım birimi, izalosyon odaları, laboratuvarlar, görüntüleme alanları bunlardan bazılarıdır. Ameliyathane tasarımında kullanılan bazı kriterler son derece kritik bazı yüklere ve sistemlere ihtiyaç duymamızı sağlamaktadır. Ameliyathanede gerekli olan taze hava miktarı öncelikli parametrelerden bir tanesidir. Ameliyat personeli sağlıklı şekilde çalışabilmesi için asgari hava debisi sağlanabilmelidir. Ayrıca ameliyat sırasında istenildiğinde düşük sıcaklıklara ulaşılabilmesi sağlanmalıdır [8].

Makine Mühendisleri Odası (MMO) çalışmasında, hastane temiz odaları, hijyen, hastane iklimlendirme sistemleri hakkında tanımlar ve genel bilgiler, hastaneler için temiz oda sınıfları, hava akım çeşitleri, ameliyathanelerde yapılan test, ölçümler ve ölçüm periyotları, klima, havalandırma tesisatının bakım ve kontrolü hakkında bilgiler vermektedir. Ayrıca hastane iklimlendirme sistemlerinin bileşenleri konusunda da bilgiler verilmektedir [9].

MMO, "Hastane İklimlendirme Tesisatı ve Denetim Esasları" çalışmasında, hastane ve klinikler için iklimlendirme sistemlerinin tasarım, kurulum ve işletmeye alma konuları ayrıntılı olarak incelenmektedir. Konular genel olarak çevresel konfor, enfeksiyon kontrolü, enerji tasarrufu, can güvenliği, işletme ve bakımdır. Buradaki en önemli farklılık ise hava akım ve partiküllerin sayısal ve analitik çözümleri yapılmış ve sayısal modelleme analizlerine yer verilmektedir [10].

Güniz GACANER ERMİN çalışmasında, konfor amaçlı iklimlendirme sistemlerinin tasarımında üç ana parametrenin öne çıktığını ve bunların; sıcaklık, bağıl nem ve taze hava oranı olduğunu söylemektedir. Temiz odaların iklimlendirme sistem tasarımında ise konfor sistemlerinin tasarım parametrelerine ilave olarak; havadaki partikül ve mikroorganizma sayısı, hava hızı, hava akış yönü ve hijyenik ortamın yan mahaller ile arasındaki göreceli basınç farkı da hesaba katılmaktadır. Bu nedenle temiz odaların

iklimlendirme sistemlerinin tasarımı konfor sistemlerine göre daha zor ve karmaşık olmaktadır [11].

Hastaneler Komisyonu'nun çalışmasında, pandemi döneminde normal hasta odalarının negatif basınçlı hasta odalarına dönüştürülmesi, pandemide negatif basınçlı yoğun bakım ünitelerinin kullanılması, pandemide hastane genel hacimlerinde kullanılan iklimlendirme sisteminde alınacak önlemler ve kullanılacak kombine tip ameliyathaneler ile ilgili önerilerde bulunmaktadır [12].

Tesisat Mühendisliği Dergisi, "Hastanelerde İklimlendirme Sistemleri" çalışmasında, sağlık ve konfor konularında isteklerin giderek artması, birçok özelliğin sıradan konfor sistemlerinden farklı olan "Hastane İklimlendirme Sistemleri"ni daha özel hale getirmekte olduğunu vurgulamaktadır. Hastanelerde genellikle her bir bölümünün kendine has bir özelliği bulunmaktadır. Temiz oda olarak tasarlansın veya tasarlanmasın mahaller arası hava akışı çok büyük önem taşımaktadır. WHO verilerine göre tanı ve tedavi amaçlı hastanelere yatan her 100 hastadan 3-10'unda hastanın yattığı servise göre farklılık göstermekle beraber hastane temizlik koşullarına bağlı enfeksiyon gelişmektedir. WHO verilerine göre bu oran, ülkelerin gelişmişlik derecelerine göre daha da yükselmektedir. Bunların dışında ameliyathane tasarımı yapılırken sıcaklık 17-27 °C aralığında ameliyat personeli tarafından ayarlanabilir şekilde, bağıl nem değeri %45 - %55 aralığında, komşu mahaller ile %10 - %15 aralığında statik basınç farkı kurulacak şekilde olmalıdır [13].

(Wells, 1934), 5μm büyüklüğünde enfeksiyon yapan maddelerin ve sıvı damlacıkları havada sınırsız kalabildiğini göstermiştir [40].

(Walker ve Wells, 1961), kuru hava koşullarının hastaneye geliş nedeniyle ilgili olmayan ikinci bir enfeksiyona maruz kalma sonucu zayıflamış olan hastalar için tehlikeli olduğunu vurgulamaktadır. Üst solunum yolu hastalıklarına ve yoğun bakıma ayrılmış üniteler, hastanenin genel klinik bölümlerinde olduğu gibi %30-60 bağıl nemde tutulmalıdır. Kronik akciğer hastalıkları sıklıkla viskoz solunum sistemi salgılarına sahiptir ve bu salgılar birikip viskozitesi arttığında hastanın ısı ve su alışverişini azaltmaktadır. Bu koşullar altında, hastanın su kaybını önlemek için sıcak ve nemli bir hava solunulması gerektiğini belirtmektedir [40].

(Michaelson ve ark., 1966), laminer akış sistemleri, herhangi bir engelle karşılaşmadıklarında, ağırlıklı olarak tek yönlü bir akışı gerçekleştirirken, bu tür bir akış 0,45 ± 0,1 m/s hızlarla elde edilebilmektedir. Laminer akış sistemleri yüksek düzeyde enfeksiyon riski bulunan hasta odaları için umut verici olduğunu savunmaktadırlar [40].

(Lewis, 1988), kritik olmayan hasta mahallerinde ve personel odalarında, enerji tasarrufu yönünden değişken hacimli (VAV) sistemlerinin düşünülebileceğini ortaya atmıştır. VAV sistemini hastanede kullanırken, minimum hava miktarının sağlanmasına ve değişik mahallerle doğru basınç ilişkilerinin korunmasına dikkat edilmesi gerektiğini vurgulamaktadır. VAV sistemi ile birlikte, basınç ilişkilerini kontrol etmek için besleme, dönüş ve egzoz kanallarında hava miktarını izleyen bir sistem kullanılabileceğini belirtmektedir [40].

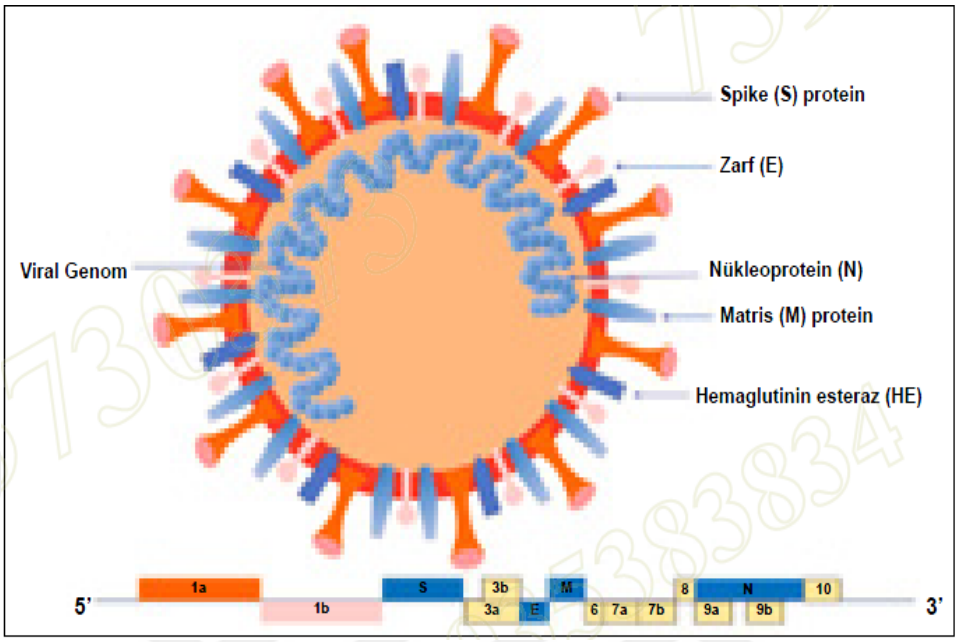
1.3. SARS-CoV-2 Virüsü

SARS-CoV-2 (COVID-19) virüsü ilk olarak 2019 yılında Çin'in Vuhan kentinde tespit edilen ve solunum yolu enfeksiyonu yapan bir virüstür. Bu virüs, insanlara bulaştığında yüksek ateş, öksürük, nefes darlığı, baş ağrısı, boğaz ağrısı, burun akıntısı, kas ve eklem ağrısı, halsizlik, koku ve tat alma duyusu kaybı gibi belirtilerle ortaya çıkmaktadır. Koronavirüsler, tek zincirli RNA'dan oluşan ve yüzeyinde protein çeperlerine sahip büyük bir virüs ailesidir [14].

Bu virüsün bulaşmasının ana yolu, virüsü taşıyan kişilerin konuşması, öksürmesi ve hapşırması ile ortaya çıkan damlacıklardır. Bu damlacıkların konumlandığı yüzeylere temas eden ellerin ağız, burun ya da gözlere dokunulması ile de hastalık bulaşmaktadır. Kapalı bir ortamda kullanılan iklimlendirme sistemi cihazı ile bir hava akımı oluşmakta ve bu nedenle virüsün kapalı alan içerisinde yayılması kolaylaşmaktadır. %100 dış hava ile çalışan iklimlendirme sistemlerinde dışarıdan alınan ve filtreden geçirilmiş taze hava ile kapalı ortamda havada asılı olan damlacıkların seyreltilmesi sağlanmaktadır [15].

Koronavirüsler, 65–125 nanometre çapında zarflı RNA virüsleridir. Yuvarlak yapıdaki nükleokapsidi çevreleyen zarftan çıkan glikoprotein yapıdaki sivri uçlar şeklinde görünen Spike (S) proteinler, elektron mikroskobu ile yapılan incelemelerde güneşin çevresindeki korona tabakasına benzeyen ışık halkası gibi bir görünüme yol açarlar. Bu nedenle Latince taç anlamına gelen “korona” kelimesi ile birleştirilerek koronavirüsler şeklinde

isimlendirilmektedir [16]. Koronavirüsün şematik yapısı ve genomu Şekil 1.2'de görülmektedir [17].



Şekil 1.2. SARS-CoV-2 Şematik Yapısı ve Genomu [17]

1.4. Sağlık Yapılarındaki İklimlendirme Sistemleri

İklimlendirme sistemleri, kapalı bir ortamda havayı temizlemek, mahali ısıtıp soğutmak, nemlendirme veya neminin alınmasını sağlamak ve hava karakteristiklerini istenilen değerlerde tutulmasını sağlayan sistemlerdir.

Hastanelerde mikroorganizma ve partiküller havada asılı kalarak hastalığın yayılmasına sebep olur. Havayı taşıyan iklimlendirme sistemleri ise aşağıdaki maddeleri sağlayarak hastalığın yayılmasını ve bulaşmasını etkileyebilir:

- Kirli havanın dışarıya egzoz edilmesini sağlamak,
- Mahaldeki kullanılmış havayı taze hava ile seyreltmek veya filtreleyerek içerideki havayı temizlemek,
- Odaların içindeki havayı temizlemek.

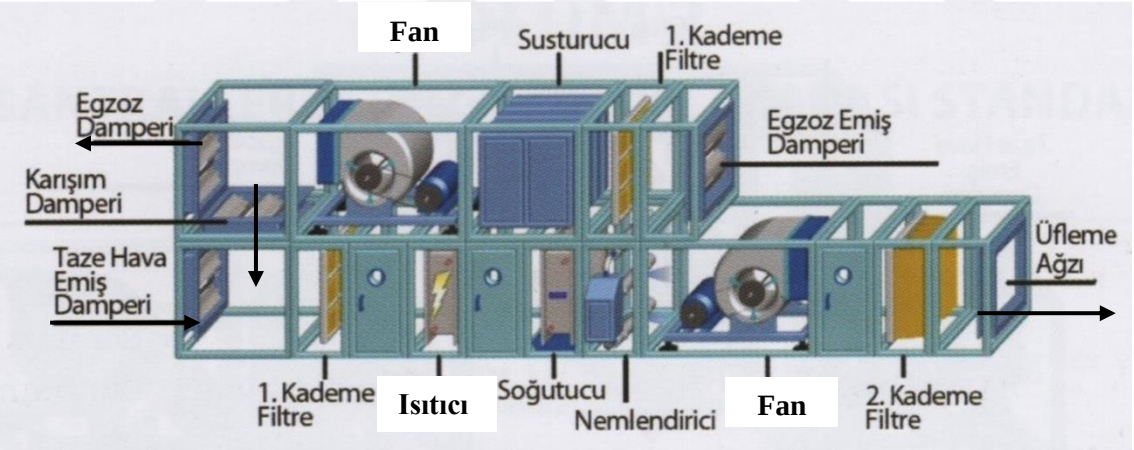
Bu maddeleri sağlamak için kullanılan iklimlendirme sistemi cihazları aşağıdaki maddelerde açıklanmaktadır.

1.4.1. Klima santralleri

Klima santrali, atmosferden alınan taze havanın çeşitli şartlandırmalardan sonra mahale gönderilmesini sağlayan cihazdır. Klima santrali çalışma prensibi dahilinde bölgeye taze hava verilmesi, sıcaklık ve nem oranının ayarlanması, havanın toz ve parçacıklardan arındırılması söz konusudur.

Klima santralleri kullanım alanlarına ve amaçlarına göre farklı çeşitlere ayrılırlar. Bunlar aşağıdaki gibi 6 çeşit olarak incelenebilir. Genel bir uygulamada dizayn edilen klima santrali parçaları Şekil 1.3'te klima santrali modeli ise Şekil 1.4'te gösterilmektedir.

- Karışım havalı klima santrali
- Endüstriyel amaçlı klima santrali
- Taze havalı klima santrali
- Isı geri kazanımlı klima santrali
- Hijyenik klima santrali
- Konfor amaçlı klima santrali



Şekil 1.3. Klima Santrali Parçaları [41]



Şekil 1.4. Klima Santrali [42]

1.4.2. Fan-Coil, VRF ve Klima İç Üniteleri

Fan-coil, VRF ve klima iç üniteleri bulunduğu mahaldeki ortam havasını devirdaim ederek çalışmaktadır. Özellikle normal hasta odaları birden fazla kişi tarafından kullanıldığında, ısıtma veya soğutma ihtiyacı yoksa bu cihazların kapatılması önerilmektedir. Bu cihazların kapatılması mümkün değilse, virüs filtrelerde toplanabilmekte ve fan açıldığında yeniden ortamda asılı kalabilmektedir. Bu durumda iklimlendirme sistemi sürekli çalıştırılmalıdır. Çünkü sürekli havalandırma işlemi yapılırsa virüs partikülleri sürekli aynı mahalde asılı kalmayıp egzoz sistemi ile uzaklaştırılmaktadır.

Fan-coil cihazları ve klima iç üniteleri, virüs boyutundaki küçük parçacıkları filtrelemeyememektedir. Ancak virüsten büyük parçacıkları (toz, polen vb.) toplayabilen kaba filtreleri bulunmaktadır.



Şekil 1.5. Klima İç Üniteleri [42]

1.4.3. Hava Filtreleri

Havadaki partiküllerin fiziksel olarak uzaklaştırılması olan filtreleme, kabul edilebilir iç hava kalitesine ulaşmanın ilk adımıdır. Filtreleme, havayı temizlemenin birincil yoludur. Beş filtreleme yöntemi kullanılmaktadır (Tablo 1.1). Filtrasyon sırasında, dış hava, 1-5 μm çapındaki partiküllerin etkin bir şekilde uzaklaştırılması için iki filtre yatağından geçmektedir. İlk kademede düşük veya orta verimli filtreler, hava akışına karşı düşük dirence sahiptir, ancak bu özellik, bazı küçük partiküllerin ısıtma ve soğutma serpantinlerine ve iç ortama geçmesini engelleyememektedir [19].

İkinci filtre tarafı genellikle yüksek verimli filtrelerden oluşur. Bu filtreleme sistemi, ameliyathane ortamı ve merkezi hizmetler sağlayan alanlar dahil olmak üzere, ayakta tedavi tesislerindeki ve hastanelerdeki çoğu hasta bakım alanı için yeterlidir. Bakım tesisleri, ikinci filtre grubu olarak %90 toz noktasında etkili filtreler kullanırken, hastanelerin özel bakım alanları için bir HEPA filtre montajı yapılabilir. HEPA filtreleri, çapı 0,3 μm olan partiküllerin yakalanmasında en az %99,97 verimlidir [19].

Tablo 1.1. Filtrasyon yöntemleri [19]

Temel yöntem	**Performans kriterleri**	**Filtre verimliliği**
Süzme	Havadaki partiküller, filtre lifleri arasındaki açıklıklardan daha büyüktür ve bu da büyük partiküllerin büyük ölçüde uzaklaştırılmasına neden olur.	Düşük
Çarpma	Parçacıklar filtre lifleriyle çarpışır ve filtreye bağlı kalır. Fiberler yapıştırıcı ile kaplanabilir.	Düşük
Tutma / Yakalama	Parçacıklar filtreye girer, yakalanır ve filtre liflerine bağlanır.	Orta
Yayılma (Difüzyon)	Düzensiz bir hareketle hareket eden küçük parçacıklar, filtre lifleriyle çarpışır ve bağlı kalır.	Yüksek
Elektrostatik	Negatif elektrostatik yük taşıyan parçacıklar, pozitif yüklü liflerle filtreye çekilir.	Yüksek

Tutma/Yakalama yönteminde, tanecik çapı çok küçük ise tanecik hava ile beraber elyaf iplikçiği etrafında bir yörünge takip edebilir ancak bu yörünge taneciğin elyaf etrafındaki hareketinde, elyafa tanecik yarıçapından daha yakın bir yerden geçiyorsa tanecik elyaf tarafından yakalanır ve elyafa yapışır. Bu yöntem ile yapılan filtreleme işlemi, 1 µm çapından büyük partiküllerde yüksek verimde çalışmaktadır.

Yayılma (difüzyon) yönteminde, partikül çapının 1 µm'den küçük olduğu durumlarda, taneciklerle çarpışan gaz molekülleri partiküllerin düzensiz olarak hareket etmelerine neden olmaktadır. Gaz moleküllerinin bu hareketi neticesinde filtrenin elyafı ile çarpışan tanecikler onlara yapışmaktadır. 0,1 µm çapından küçük partiküllerin yakalanmasında yüksek verim ile çalışmaktadır. Virüslerin çapının ortalama 0,1 µm olduğu göz önüne alındığında virüsler için bu yöntemlerden yüksek verimlilik sağlanamamaktadır. Şekil 1.6'da bazı partiküllerin boyutları gösterilmektedir.



Şekil 1.6. Partikül Boyutları [44]

Hava filtreleme sistemleri gerekli temizlik derecesine, kullanım şartlarına ve sistemdeki montaj deneylerine uygun olarak seçilmelidir. Filtre elemanları, montaj çerçeveleri, mahfazalar, contalar, sızdırmazlık elemanları ve kelepçe sistemleri buna dahildir. Filtre seçimi için özel hava filtreleme standartları kullanılmalıdır. Üç temel hava filtreleme kademesi tavsiye edilmektedir [20]:

- 1. kademe filtre : Klima sistemine yeterli kalitede havanın gelmesini sağlamak üzere dış havanın ön filtreden geçirilmekte,

- 2. kademe filtre : Nihai filtrelemede kullanılan filtreleri korumak için ikinci kademe filtreleme yapılmakta,
- 3. kademe filtre : Hava, temiz odaya vermeden önce nihai filtreleme yapılmaktadır.

Partikül boyutlarına göre verilen filtre sınıfları Tablo 1.2'de gösterilmektedir.

Tablo 1.2. Filtre Seçim Tablosu [21]

Filtre Türü	**Partikül Boyutu**	**Filtre Sınıfı**
Ön (kaba) filtreler	>10 µm	G1-G2
	3 - 10 µm	G3-G4
Orta Filtreler	1 - 3 µm	M5-M6
Hassas Filtreler	0,3 - 1 µm	F7-F8-F9
HEPA Filtreler	<0,3 µm	H11 - H12 - H13 - H14
ULPA Filtreler	0,1 – 0,2 µm	U15 - U16 - U17

Ocak 2017 itibariyle, ISO 16890 standardı EN 779 standardının yerine geçmiştir. Temmuz 2018'den itibaren geçerli olan tek filtre standardıdır. ISO 16890 standardı, verimlilik değerlendirmesi için EN 779 standardından farklı olarak 0,3 - 10 µm aralığındaki partikülleri hesaba katar. ISO 16890 ile filtre performansları en üst hassasiyet düzeyinde değerlendirilmiş olmaktadır. Sınıflandırma; 1, 2.5 ve 10 µm şeklinde toplam 3 farklı partikül bazında yapılır. 0,3 - 1 µm (kurum partikülü, virüsler) partikül boyut aralığına kadar ePM1, 2,5 µm (organik bileşenler) partikül boyut aralığına kadar ePM2.5 ve 10 µm (toz,polen) partikül boyut aralığına kadar ePM10 verimleri hesaplanmaktadır. HEPA ve ULPA (Ultra-Low Particulate Air) filtreler bu sınıflandırma kapsamında değildir. Filtre verimlilikleri Tablo 1.3'te gösterilmektedir.

Tablo 1.3. ISO 16890 Filtre Verimlilikleri [22]

PM1 (0,3≤ x ≤ 1 µm)		**PM2.5** (0,3 ≤ x ≤ 2,5 µm)		**PM10** (0,3 ≤ x ≤ 10µm)		**ISO Kaba**	
e PM1 %95	F9	e PM2,5 %95	F7	e PM10 %95	M6	Kaba %95	G4
e PM1 %90		e PM2,5 %90		e PM10 %90		Kaba %90	
e PM1 %85		e PM2,5 %85		e PM10 %85		Kaba %85	
e PM1 %80		e PM2,5 %80		e PM10 %80		Kaba %80	
e PM1 %75	F8	e PM2,5 %75		e PM10 %75		Kaba %75	
e PM1 %70		e PM2,5 %70		e PM10 %70		Kaba %70	
e PM1 %65	F7	e PM2,5 %65		e PM10 %65		Kaba %65	
e PM1 %60		e PM2,5 %60	M6	e PM10 %60	M5	Kaba %60	
e PM1 %55		e PM2,5 %55		e PM10 %55		Kaba %55	G3
e PM1 %50		e PM2,5 %50		e PM10 %50		Kaba %50	
						Kaba %45	
						Kaba %40	G2
						Kaba %35	
						Kaba %30	

ISO 16890'da verimlilik limiti %50'dir. PM10, PM2.5 ve PM1 verimliliklerindeki ön koşul olarak ilgili sınıftaki filtrenin o sınıftaki partikülün %50'sini yakalaması gerekir. Bir filtre PM1 partiküllerin %50'sinden fazlasını tutabiliyorsa, bu filtrenin verimliliği ISO ePM1 olarak belirtilir. PM10 büyüklüğündeki partiküllerin %50'sinden azını tutabilen filtreler ise ISO Coarse (kaba) filtreler diye sınıflandırılmaktadır.

EPA, HEPA ve ULPA filtreler ise verimi yüksek filtrelerdir. Bu filtreler havalandırma ve iklimlendirme alanında ve teknik proseslerde kullanılan filtre türleridir. Bu filtreler temiz oda teknolojisi veya ilaç sektöründeki uygulamalar için EN 1822 ve ISO 29463 standartlarına göre sınıflandırılmaktadır. EN 1822 ve ISO 29463 standartları filtre verimlilikleri karşılaştırması Tablo 1.4'te gösterilmektedir.

Tablo 1.4. EN 1822 ve ISO 29463 Standartları Filtre Verimlilikleri [23]

EN 1822'ye göre Filtre Sınıfları	**ISO 29463'e göre Filtre Sınıfları**	**Ortalama Değer**		**Yerel Değer**	
		Verimlilik	**Penetrasyon**	**Verimlilik**	**Penetrasyon**
H13	ISO 35 H	≥ %99,95	≤ %0,05	≥ %99,75	≤ %0,25
	ISO 40 H	≥ %99,99	≤ %0,01	≥ %99,95	≤ %0,05

Tablo 1.4. EN 1822 ve ISO 29463 Standartları Filtre Verimlilikleri (devamı)

EN 1822'ye göre Filtre Sınıfları	ISO 29463'e göre Filtre Sınıfları	Ortalama Değer		Yerel Değer	
		Verimlilik	Penetrasyon	Verimlilik	Penetrasyon
H14	ISO 45 H	≥ %99,995	≤ %0,005	≥ %99,975	≤ %0,025
	ISO 50 U	≥ %99,999	≤ %0,001	≥ %99,995	≤ %0,005
U15	ISO 55 U	≥ %99,9995	≤ %0,0005	≥ %99,9975	≤ %0,0025
	ISO 60 U	≥ %99,9999	≤ %0,0001	≥ %99,9995	≤ %0,0005
U16	ISO 65 U	≥ %99,99995	≤ %0,00005	≥	≤ %0,00025
	ISO 70 U	≥ %99,99999	≤ %0,00001	≥ %99,9999	≤ %0,0001
U17	ISO 75 U	≥ %99,999995	≤ %0,000005	≥ %99,9999	≤ %0,0001

HEPA filtreleriyle ilişkili bakım maliyetleri, diğer filtre türleri ile karşılaştırıldığında yüksektir, ancak hat içi tek kullanımlık ön filtrelerin kullanımı ve alternatif olarak tek kullanımlık bir ön filtreyi %90 verimli bir filtre takip ederse, HEPA filtrenin ömrü uzatılabilmektedir. HEPA filtreler; tavan tip, yüksek kapasiteli V-Modül, davlumbazlı ve alüminyum seperatörlü kompakt hepa filtre olmak üzere 4 çeşit kullanılabilir. Şekil 1.7'de tavan tipi HEPA filtre gösterilmektedir.



Şekil 1.7. HEPA Filtre [11]

1.4.4. Laminer Akış Ünitesi

Genellikle ameliyathanelerde kullanılan, hastayı, operasyon ekibini ve kullanılan aletleri koruyan, düşük türbülanslı doğrusal akım ile koruma bölgesi dışından gelen havayı engelleyen ünitelerdir. Cihazdan çıkan doğrusal akımlı hava, ortam havasındaki partiküllerin koruma bölgesine girmesini engellemekte ve tasarımı sayesinde homojen akım ile mikroorganizma kontaminasyonu risklerini minimum seviyeye indirmektedir.

Ameliyathanelerde kullanılan laminer akış üniteleri gövdesi paslanmaz çelik konstrüksiyondan yapılmalıdır. Filtreleme işlemi için alüminyum çerçeveli H13/H14 HEPA filtreler kullanılmaktadır. Laminer akış ünitesinin altında laminer akışı sağlayan gerdirilmiş özel tip ipek bezi (laminazatör) bulunmaktadır.

Laminer akış ünitelerinin, ameliyathane uygulamalarında alın hızı genellikle 0,2-0,3 m/s aralığında seçilmektedir. Bunun temel nedeni 0,3 m/s'den yüksek hızlarda ünite altında çalışan sağlık personeline rahatsızlık yaratması, 0,2 m/s'den yavaş hızlarda ise laminer hava akışında bozulmalar meydana gelmesidir.

Medikal uygulamalar için ideal ULF (Tek Yönlü Akış-Unilateral Flow) hava dağıtma ünitesi kullanımı, dış alana homojen dağılması, hiç ölü noktanın olmaması ve hava perdesi olması nedeniyle en iyi seçimdir. Koruma alanı 9,0 m^2'ye eşit veya büyük temiz bir alan oluşturulmalıdır. Ameliyat masası, ekibi, alet ve malzemeleri koruyacak şekilde hava akışı sağlanmalıdır. ULF alanlarının genişliği sayesinde anastezistin tek yönlü hava sağlayıcı akışın alanı içinde yer alması, tek yönlü akışın olmadığı alanlardan daha rahattır. Ameliyat masasını aydınlatacak olan lambanın laminar akışı bozmayacak şekilde konumlandırılması gerekmektedir. Bu durum havada oluşacak türbülans etkisinin önüne geçecektir [10]. Ameliyathanelerde kullanılan Laminer Akış Ünitesi Şekil 1.8'de gösterilmektedir.



Şekil 1.8. Laminer Akış Ünitesi [11]

1.4.5. Ultraviyole Mikrop Kırıcı Işınım (UVGI)

UVGI, mikroorganizmaları öldürmek ya da etkisizleştirmek için kısa dalga boylu Ultraviyole-C (UV-C) ışığı kullanan dezenfeksiyon yöntemidir. Ek bir hava temizleme önlemi olarak Ultraviyole Mikrop Kırıcı Işınım (UVGI), hastanelerde, askeri konutlarda ve sınıflarda hava yoluyla bulaşan bakteriyel ve virüssel enfeksiyonların bulaşmasını azaltmada etkilidir. UVGI ayrıca klima santrallerinde vejetatif bakteri ve mantarların büyümesini önlemek veya sınırlamak için kullanılır. Antiseptik amaçlar için kullanılan Ultraviyole (UV) lambaların çoğu, ağırlıklı olarak 253,7 nanometre dalga boyunda radyan enerji yayan düşük basınçlı civa buharlı lambalardır. Sağlık yapılarında iki UVGI sistemi kullanılmıştır; kanal içi UV-C sistemleri ve başüstü UV-C sistemleri (armatürler). Kanal içi UV-C sistemlerinde, havayı yeniden sirküle etmeden önce dezenfekte etmek için odalardan havayı alan kanalların içine UV lambaları yerleştirilir. Uygun şekilde tasarlandığında, kurulduğunda ve bakımı yapıldığında, odalarda çok az veya hiç maruz kalmadan kanallarda yüksek UVGI seviyeleri elde edilebilir. Başüstü UV-C sistemlerinde, UV lambaları ya tavana asılır ya da duvara monte edilir. Başüstü UV-C sistemi ünitelerinin iki temel tasarımı vardır:

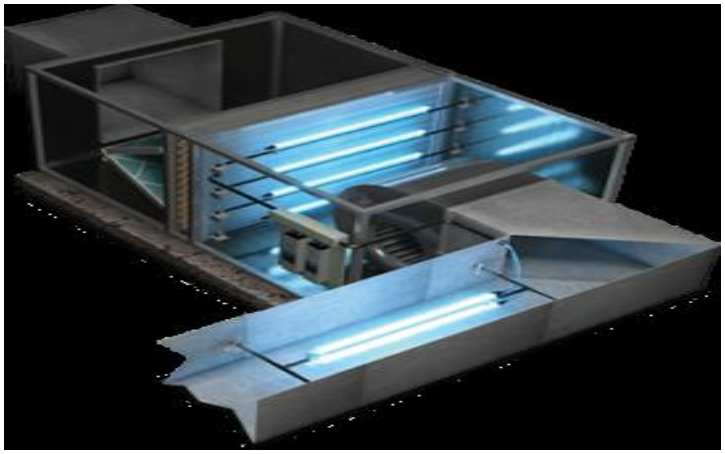
a. Işınlamayı yukarı doğru yönlendirmek için ünitenin üzerinde UVGI korumasız bir "tava" armatürü ve

b. Işığın odadakilerin gözlerine ulaşmasını engellerken, ışınımı dışarıya doğru sütunlaştırmak için bir dizi paralel plakaya sahip bir armatür [19].

2015 yılında Wells-Riley enfeksiyon modeli kullanılarak sunulan kompleks bir model, bir üst oda UVGI cihazının etkisinin havalandırma miktarını iki katına çıkarılmasıyla karşılaştırılabilir olabileceğini göstermiştir [26]. Başka bir çalışmada, bir UVGI başüstü sisteminin 2 - 6 Hava Değişim Sayısı (ACH) sağlayan bir havalandırma sistemine eşdeğer olabileceğini bulmuştur [27].

UV sistemlerinin klinik etkinliği değişebileceğinden, havadaki izolasyon odalarından hava sirkülasyonu öncesinde hava yönetimi için UVGI önerilmez. Ayrıca HEPA filtrasyonunun, yerel havanın dışarıya atılmasının veya negatif basıncın yerini alması önerilmez. UV lambalarının ve HEPA filtrasyonunun tek bir ünitede kullanılması, tek başına bir HEPA filtresinin kullanılmasıyla sağlananlara kıyasla yalnızca minimal enfeksiyon kontrol faydaları sunar. İzolasyon odalarından gelen hava, tesisin diğer alanlarına yeniden sirküle edilmesi gerekiyorsa, UVGI'li kanal sistemlerinin HEPA filtrelerinin yerine kullanılması önerilmez.

UV-C ışınımı, RNA ve DNA mutasyonları üreterek SARS-COV-2 dahil tüm virüsleri etkisiz hale getirmektedir. UV-C ışınımının yüksek enerjili fotonları, hücre proteinlerinin DNA/RNA'sı tarafından absorbe edilir. Sonuç olarak, protein yapısı hasar görür, DNA ve RNA'nın metabolik bozulmasına neden olur. Böylece mikroorganizmalar veya virüsler artık değişim geçiremez ve çoğalamaz [43]. Şekil 1.8'de hava kanalı içindeki UVGI sistemi gösterilmektedir.



Şekil 1.10. Hava kanalı içerisinde UVGI [25]

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Dünyada Kullanılan Hastane İklimlendirme Standart ve Kılavuzları

Sağlık yapılarında kullanılan birçok hijyenik mahal bulunmaktadır. Bu çalışmada aşağıda verilen alt başlıklar irdelenmiştir.

1. Ameliyathaneler
2. Yoğun bakım odaları
3. İzolasyon odaları
4. Hasta yatak odaları
5. Tanı / teşhis odaları

Dünyada yaygın olarak kullanılan hastaneler ile ilgili standart ve kılavuzlar mevcuttur. Bunlardan en yaygın olan standartlar ASHRAE 170 ve DIN 1946-4'tür. Bu standartlar, insanlar üzerinde tıbbi muayene, müdahale ve tedavi amacıyla kullanılan sağlık merkezleri, hastaneleri ve ilgili alanları kapsamaktadır. Türkiye'de ise hastanelerin ile ilgili proje, tasarım ve uygulamalar, temel olarak DIN 1946-4, ASHRAE 170 ve Sağlık Bakanlığının "Türkiye Sağlık Yapıları Asgari Tasarım Standartları Kılavuzu" esas alınarak yapılmaktadır. Bu standartlarda;

- Hastane mahallerinin sınıflandırılması ve iklimlendirme gereklilikleri,
- İklimlendirme sistemi ekipmanları,
- Hastane iklimlendirme sistemlerinin kabul testleri, işletme ve bakımları açıklanmıştır.

Standartlarda çeşitli maksatlarla kullanılan hastane odalarındaki sıcaklık, bağıl nem, basınçlandırma, filtreleme, minimum hava debileri, taze hava miktarları gibi parametreler ile iklimlendirme ekipmanlarında olması gereken asgari özellikler açık bir dille anlatılmaktadır. Hastane iklimlendirme sistemlerinin karşılaması istenen parametreler, dünyada birçok ülkede kullanılan standart ve kılavuzlarda farklılık gösterebilmektedir. Bu standartlar aşağıda sıralanmaktadır.

1. ANSI/ASHRAE/ASHE Standard 170
2. Alman Standardı DIN 1946/4

3. İspanya Standardı UNE100713

4. Brezilya Standardı NBR 7256

5. Fransa Standardı NF S90:351

6. Avrupa Isıtma, Havalandırma ve İklimlendirme Federasyonu REHVA

7. ISO 14644-1,2,3,4,5,6,7

8. Alman Mühendisler Birliği'nin hazırladığı VDI 2167 kılavuzu

9. Amerikan Mimarlar Enstitüsü (AIA)'nün hazırladığı "Sağlık Binaları Tasarım ve İnşa Kılavuzu "

10. CDC (Centers for Disease Control and Prevention) ve HICPAC (Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee)'ın hazırladığı "Sağlık Tesislerinde Çevresel Enfeksiyon Kontrolü Kılavuzu"

2.1.1. ANSI/ASHRAE/ASHE Standard 170

Bu standardın amacı, sağlık tesislerinde konfor, asepsi ve koku için çevresel kontrol sağlayan havalandırma sistemi tasarım gerekliliklerini tanımlamaktır [28].

- Bu standarttaki gereklilikler; hastaneler, bakım tesisleri ve ayakta tedavi tesisleri dahil olmak üzere sağlık tesislerindeki hasta bakım alanları ve ilgili destek alanları için geçerlidir.

- Bu standart, yeni binalara, mevcut binalara yapılan eklemelere ve bu standartta tanımlanan mevcut binalarda yapılan değişikliklere uygulanmaktadır.

- Tıbbi bakımın hastaya verilmesini etkileyebilecek kimyasal, fiziksel ve biyolojik kirleticileri, hastaların iyileşme dönemini, hastaların, sağlık çalışanları ve ziyaretçilerin güvenliğini dikkate almaktadır.

2.1.1.1. Filtreleme

Filtre kademeleri, Tablo 2.1'de gösterildiği gibi uygulanmaktadır. Verimliliği MERV (Minimum Verimlilik Raporlama Değeri) 12'den daha yüksek olan her filtre değiştirilmesi gerektiğinde fark basınç ölçüm cihazı ile donatılmaktadır.

Tablo 2.1. Minimum Filtre Verimlilikleri [28]

Alan tanımı	**1. Filtre Kademesi (MERV) (a)**	**2. Filtre Kademesi (MERV) (a)**
Ameliyathane, yoğun bakım ve tedavi amaçlı radyoloji, doğum sonrası iyileşme odaları	7	14
Hasta odası, steril malzeme alanları, izolasyon odaları	7	14
Koruma altındaki bölge (PE) odaları	7	HEPA (c,d)
Laboratuvar çalışma alanları, prosedür odaları ve yarı kısıtlı alanlarla bağlantı odalar	13 (b)	NR
Yönetim, toplu depolama, kirli bekleme alanları, yemek hazırlama alanları ve çamaşırhaneler	7	NR
Diğer tüm poliklinik alanları	7	NR
Bakım tesisleri	13	NR
Psikiyatrik hastaneler	7	NR
Yatan hasta bakım tesislerinde yerleşik bakım, tedavi ve destek alanları	13	NR

NR : Gerekli değil.

(a) : MERV, ANSI/ASHRAE Standardı 52.2'de açıklanan test yöntemine dayanmaktadır.

(b) : MERV 7'den daha yüksek verimliliğe sahip filtrelerde bakımı azaltmak için ek ön filtreler kullanılabilir.

(c) : Alternatif olarak, bu alanlar için bir üçüncül terminal HEPA filtresi sağlanmışsa, Filtre Bankası No. 2'de MERV-14 dereceli filtreler kullanılabilir.

(d) : HEPA filtreleri, IEST RP-CC001.6'nın test yöntemlerine uygun olarak nominal akışta 0.3 mikron boyutlu partiküllerin en az %99.97'sini gideren filtrelerdir.

2.1.1.2. Genel Gereklilikler

Mahaller Tablo 2.2'ye göre iklimlendirilmelidir. Mahal havalandırması için aşağıdaki genel şartlar geçerli olmaktadır:

a. Havalandırma sisteminin tasarımı, genellikle temiz alanlardan daha az temiz alanlara doğru olan hava hareketini sağlamalıdır.

b. Tasarım amacıyla, belirtilen minimum toplam hava değişikliği sayısı, pozitif basınçlı odalar için sağlanmalı veya negatif basınçlı odalar için egzoz edilmelidir. Tablo 2.2'de negatif basınç ilişkisinde olması gereken ve egzoz edilmesi gerekmeyen mahaller, gereken saat başına minimum toplam hava değişimini hesaplamak için besleme hava akış hızını kullanmalıdır. Pozitif veya negatif basınç ilişkisi gerektiren mahaller için, bitişik mahaller ile gerekli basınç ilişkisinin mahal boşken muhafaza edilmesi ve belirtilen minimum hava değişikliği sayısının belirtilmesi şartıyla, mahal kullanılmadığında hava değişimlerinin sayısı azaltılabilir. Mekânlar arasındaki gerekli basınç ilişkilerini pozitiften negatife veya tersi yönde değiştirmeyi amaçlayan kontrollere izin verilmemelidir. Alan soğutma veya ısıtma yüküne bağlı olarak oda sıcaklığı ve nem koşullarını korumak için bazı durumlarda minimum değerleri aşan hava değişim oranları belirlenmelidir.

2.1.1.3. Tasarım Parametreleri ve Değerleri

ASHRAE standartlarında hastane mahalleri dizayn edilirken kullanılacak iklimlendirme parametre değerleri Tablo 2.2'de gösterilmektedir.

Tablo 2.2. Hastane Mahallerinin Dizayn Parametreleri [28]

İşlev Mahali	Komşu Mahal ile Basınç İlişkisi	Saatteki Min. Dış Hava / Toplam Hava Değişim Miktarı	Havanın Doğrudan Dışarıya Egzozu	Bağıl Nem (%)	Tasarım Sıcaklığı (°C KT)
CERRAHİ VE YOĞUN BAKIM					
Yoğun Bakım	-	2 / 6	-	30-60	21-24
Doğum odası (Sezaryen)	Pozitif	4 / 20	-	20-60	20-24
Acil servis dekontaminasyon	Negatif	2 / 12	Evet	-	-
Acil servis tedavi odası	-	2 / 6	-	Mak.60	21-24
Acil servis bekleme alanı	Negatif	2 / 12	Evet	Mak.65	21-24
Ara bakım odası	-	2 / 6	-	Mak.60	21-24
Medikal/anestezik gaz deposu	Negatif	- / 8	Evet	-	-
Yenidoğan yoğun bakım birimi	Pozitif	2 / 6	-	30-60	22-26
Ameliyathane	Pozitif	4 / 20	-	20-60	20-24
Ameliyat/cerrahi sistoskopi odaları	Pozitif	4 / 20	-	20-60	20-24
Prosedür odası	Pozitif	3 / 15	-	20-60	21-24
Radyoloji bekleme odası	Negatif	2 / 12	Evet	Mak.60	21-24
Uyanma odası	-	2 / 6	-	20-60	21-24
Yardımcı steril servis alanı	-	2 / 6	-	-	-
Travma odası	Pozitif	3 / 15	-	20-60	21-24
Tedavi odası	-	2 / 6	-	20-60	21-24
Triyaj	Negatif	2 / 12	Evet	Mak.60	21-24
Yanık bakım birimi	-	2 / 6	-	40-60	21-24
YATAN HASTA BAKIMI					
Hava Enfeksiyonu Yalıtımı (AII)	Negatif	2 / 12	Evet	Mak.60	21-24
AII antre	-	- / 10	Evet	-	-
AII/PE kombinasyonu odası	Pozitif	2 / 12	Evet	Mak.60	21-24
AII/PE kombinasyonu antre	-	- / 10	Evet	-	-
Devam eden bakım birimi	-	2 / 6	-	30-60	22-26
Doğum/İlaçla tedavi/Toparlanma birimi	-	2 / 6	-	Mak.60	21-24
Doğum/İlaçla tedavi / Toparlanma / Doğum sonrası birimi	-	2 / 6	-	Mak.60	21-24
Yenidoğan bakım odası	-	2 / 6	-	30-60	22-26
Yemek alanı veya odası	-	- / 2	-	-	-
Hasta koridoru	-	- / 2	-	-	-
Hasta odası	-	2 / 4	-	Mak.60	21-24
PE odası	Pozitif	2 / 12	-	Mak.60	21-24

Tablo 2.2. Hastane Mahallerinin Dizayn Parametreleri (devamı)

İşlev Mahali	Komşu Mahal ile Basınç İlişkisi	Saatteki Min. Dış Hava / Toplam Hava Değişim Miktarı	Havanın Doğrudan Dışarıya Egzozu	Bağıl Nem (%)	Tasarım Sıcaklığı (°C KT)
BAKIM TESİSLERİ					
Yıkanma odası	Negatif	- / 10	Evet	-	21-24
Rehabilitasyon terapi odası	-	2 / 6	-	-	21-24
Fizik tedavi	Negatif	2 / 6	-	-	21-24
Personel odası	-	2 / 2	-	-	21-24
RADYOLOJİ					
Karanlık oda	Negatif	2 / 10	Evet	-	-
X-Ray (tanı ve tedavi)	-	2 / 6	-	Mak.60	22-26
X-Ray (Ameliyat/yoğun bakım)	Pozitif	3 / 15	-	Mak.60	21-24
TANI VE TEDAVİ					
Otopsi odası	Negatif	2 / 12	Evet	-	20-24
Bronkoskopi, balgam toplama ve pentamidin uygulaması	Negatif	2 / 12	Evet	-	20-23
Diyalız tedavi alanı	-	2 / 6	-	-	22-26
Diyaliz cihazı tekrar işleme odası	Negatif	- / 10	Evet	-	-
ECT uygulama odası	-	2 / 4	-	Mak.60	22-26
Endoskopi temizliği	Negatif	2 / 10	Evet	-	-
Gastrointestinal endoskopi uygulama odası	-	2 / 6	-	-	20-23
Genel muayene odası	-	2 / 4	-	Mak.60	21-24
Hidroterapi	Negatif	2 / 6	-	-	22-27
Bakteriyoloji laboratuvarı	Negatif	2 / 6	Evet	-	21-24
Biyokimya laboratuvarı	Negatif	2 / 6	Evet	-	21-24
Sitoloji laboratuvarı	Negatif	2 / 6	Evet	-	21-24
Genel laboratuvar alanı	Negatif	2 / 6	-	-	21-24
Histoloji laboratuvarı	Negatif	2 / 6	Evet	-	21-24
Mikrobiyoloji laboratuvarı	Negatif	2 / 6	Evet	-	21-24
Nükleer tıp laboratuvarı	Negatif	2 / 6	Evet	-	21-24
Patoloji laboratuvarı	Negatif	2 / 6	Evet	-	21-24
Seroloji laboratuvarı	Negatif	2 / 6	Evet	-	21-24
Laboratuvar sterilleştirme alanı	Negatif	2 / 10	Evet	-	21-24

Tablo 2.2. Hastane Mahallerinin Dizayn Parametreleri (devamı)

İşlev Mahali	Komşu Mahal ile Basınç İlişkisi	Saatteki Min. Dış Hava / Toplam Hava Değişim	Havanın Doğrudan Dışarıya Egzozu	Bağıl Nem (%)	Tasarım Sıcaklığı (°C KT)
İyileştirme odası	-	2 / 4	-	Mak.60	21-24
Soğutulmamış ceset saklama odası	Negatif	- / 10	Evet	-	21-24
Nükleer tıp sıcak laboratuvarı	Negatif	- / 6	Evet	-	21-24
Nükleer tıp tedavi odası	Negatif	2 / 6	Evet	-	21-24
Eczane	Pozitif	2 / 4	-	-	21-24
Fizik tedavi	Negatif	2 / 6	-	Mak.65	22-27
Özel muayene odası	-	2 / 6	-	Mak.60	21-24
Tedavi odası	-	2 / 6	-	Mak.60	21-24
MERKEZİ STERİLİZASYON BÖLÜMÜ					
Temiz oda	Pozitif	2 / 6	-	Mak.60	20-23
Dekontaminasyon (Temizleme) odası	Negatif	2 / 6	Evet	-	16-23
Steril depo	Pozitif	2 / 4	-	Mak.60	Mak.24
SERVİS BÖLÜMÜ					
Banyo/tuvalet	Negatif	- / 10	Evet	-	22-26
Temiz çamaşır odası	Pozitif	- / 2	-	-	22-26
Gıda deposu	-	- / 2	-	-	22-26
Yemek hazırlama merkezi	-	2 / 10	-	-	22-26
Hizmetli odası	Negatif	- / 10	Evet	-	-
Çamaşırhane	Negatif	2 / 10	Evet	-	-
Kirli çamaşır deposu	Negatif	- / 10	Evet	Mak.60	21-24
Temiz oda veya bekleme odası	Pozitif	2 / 4	-	-	-
Tehlikeli malzeme deposu	Negatif	2 / 10	Evet	-	-
Kirli oda veya bekleme odası	Negatif	2 / 10	Evet	-	-

2.1.2. Alman Standardı DIN 1946-4 "Sağlık Yapıları ve Odalarda Havalandırma"

Bu standart, sağlık sektöründe kullanılan bina ve odalarda, özellikle tıbbi muayeneler, tedaviler ve insanlar üzerinde yapılan işlemlerde kulllanılan iklimlendirme sistemlerinin, bu odalara doğrudan bağlı odalar dahil planlanması, inşası ve kalifikasyonu için geçerlidir [29].

2.1.2.1. Oda Sınıfları

Odalar ve odaların alanları için gerekli dış hava debisini belirlemek için öncelikle odadaki iç yükler (nem, kimyasal kirleticiler, baca gazları, kokulu maddeler vb.) belirlenmelidir. Hesaplanan dış hava debisi, Tablo 2.3'de tanımlanan minimum oranların altına düşmemelidir. Ayrıca, her oda için iç ve dış termal yükler belirlenerek termal yük için gerekli olan debinin hesaplanmasında kullanılmaktadır. Ameliyathane ve merkezi steril hizmetler bölümleri için mekanik havalandırma gereklidir. Sekonder hava soğutma cihazlarında her zaman girişte ePM1 ≥ 50 filtre ve çıkışta ePM1 ≥ 80 filtre olmak üzere iki aşamalı filtreleme olmalıdır. Tablo 2.3'de oda kullanımı bazında, gereksinimler ve alınacak önlemler dahil olmak üzere havalandırma kavramları belirtilmektedir.

Tıbbi amaçlar için kullanılan odalar DIN 1946-4 standardına göre hastanelerdeki odalar yüksek hijyen gerektiren 1. sınıf odalar ve normal hijyen gerektiren 2. sınıf odalar olmak üzere iki sınıfa ayrılmaktadır [29].

- Oda Sınıfı I, Alt bölümlere ayrılmış Ia ve Ib,
- Oda Sınıfı II.

2.1.2.1.1. Oda Sınıfı I

Tüm Sınıf I odalar pozitif hava dengesi ile çalıştırılmalıdır. Tek yönlü hava akışını sağlamak için, Sınıf I odalarda ve tüm operasyon bölümünde pencerelerin açılması mümkün olmamalıdır. Sınıf I odalara hava girişi, ayrı HEPA filtreleri aracılığıyla olmalı ve burada beslenecek oda/alan doğrudan HEPA filtresinin arkasından başlamalıdır.

Oda Sınıfı I için aşağıdaki gibi bir ayrım yapılmaktadır:

- Ameliyathaneyi ve steril alet masalarını kapsayan korumalı bir alan elde etmek için kullanılan laminer hava akışlı iklimlendirme sistemlerine sahip ameliyathaneler (Sınıf Ia odaları);
- Laminer hava akışı olmayan havalandırma sistemlerine sahip ameliyathaneler (Sınıf Ib odaları).

Oda sınıfı, ameliyathanede gerçekleştirilecek en katı gereksinimleri olan ameliyat tipine göre tanımlanmaktadır. Kullanılacak alet masaları ve steril tıbbi cihazların ayrı bir oda

veya alanda saklanması/hazırlanması durumunda, işlemler için kullanılan odanın oda sınıfı (Ia veya Ib) ile aynı hijyenik havalandırma koşulları sağlanmalıdır.

Çalışmalar, laminer havalandırma sistemlerinin, korunan alanda laminer olmayan sistemlere göre patojen ve partikül miktarında önemli ölçüde daha yüksek bir azalma sağladığını göstermektedir. Ameliyathaneler, Tablo 2.3'de belirtilen minimum gereklilikleri ve bu standardın ilgili normatif eklerinin gerekliliklerini karşılamalıdır.

2.1.2.1.1.1. Oda Sınıfı Ia

Oda Sınıfı Ia, laminer hava akışının oluşturulduğu korunan bir alan ile karakterize edilmektedir. Laminer hava akışı ünitesi vasıtasıyla oda arka planından korunan alana partiküllerin girmesini önlemektedir. 10 saniye içinde tek yönlü hava akımı partikül yüklerini (ör. mikroorganizmalar, toz partikülleri, cerrahi duman partikülleri) korunan alandan (ör. cerrahın soluduğu alan) kaldırır ve 1 dakikadan kısa süre içinde partikül yüklemesini en az 1000 kat azaltmaktadır.

3,2 m × 3,2 m'lik LTF (Düşük Türbülanslı Akış) ünitesi, 3m × 3m veya 9,0 m^2'lik korumalı alana belirli bir debide besleme havası göndererek o alanın steril kalmasını sağlamalıdır. Yer zemininden yaklaşık 2,10 m yukarıya bir döner akış dengeleyici ve simetrik hava tahliyesi yerleştirilmelidir. LTF çıkışının alanına bağlı olarak, 900 m^3/(h.m^2)'lik bir besleme hava akışı olduğu düşünülmelidir.

Odanın dört köşesine egzoz havası açıklıkları yerleştirilerek simetrik bir hava tahliyesi sağlanmalıdır.

2.1.2.1.1.2. Oda Sınıfı Ib

Oda Sınıfı Ib, besleme hava hacmi akışı 60 m^3/ (h · m^2) (saatte yaklaşık 20 hava değişim oranı) veya daha fazla olan yönsüz bir hava akışı ile tanımlanmakta ve korunan bir alan içermemektedir. Seyreltme etkisi, üretilen besleme havası akışına ve HEPA filtreli hava terminal cihazlarının (ATD'ler) tipine ve düzenine bağlıdır. Bu tür sistemler partikül yüklerini 20 dakika içinde 100 kat azaltmaktadır.

2.1.2.1.2. Oda Sınıfı II

Sınıf II odalar, bu standart kapsamındaki mekanik olarak havalandırılan ve Sınıf I'e tanımlanmamış tüm oda ve alanları kapsamaktadır.

2.1.2.2. Havalandırma Gereklilikleri

Tablo 2.3 oda/alan kullanımı bazında iklimlendirme gereksinimlerini ve önlemlerini belirtmektedir.

Tablo 2.3. Minimum İklimlendirme Gereksinimleri [29]

Kullanılan Oda	Minimum Gereksinimler	Önlemler
1.Ameliyathane departmanı	• Pozitif basınçlı hava sağlanmalıdır. • Odalar tercihen pürüzsüz yüzeylere sahip, temizlenmesi ve dezenfekte edilmesi kolay cihazlar kullanılarak ısıtılacaktır. Konvektör radyatörlere izin verilmez.	• Ameliyathane departmanı : Sınıf II odaları en az iki kademeli hava filtreli olmalıdır. • Ameliyat odaları / Alet hazırlığı : Sınıf I odaları 3 kademeli hava filtreli olmalıdır.
1.1. Bütün ameliyat odaları	• Pozitif basınçlı hava sağlanmalıdır. • Komşu odalarda/koridorlarda hava taşma açıklıkları tasarlanmadan önce X-ışınları/lazerler, cerrahi duman ve anestezik gazların neden olduğu sağlık tehlikeleri dikkate alınmalıdır. • Tıbbi kullanıma bağlı olarak, her ameliyat alanının sıcaklığı 19-26°C arasında ayarlanabilir olacaktır. • Dış hava akışı ≥ 1.200 m^3 /h. • Fizyolojik hava nemi gereksinimi : %30-65 aralığında olmalıdır.	• Ameliyat odaları/Alet hazırlığı : Sınıf I odaları 3 kademeli hava filtreli olmalıdır. • Hava taşma açıklıkları minimumda tutulmalı; taşma tercihen kapı pervazlarından yönlendirilmelidir. • Dış hava akışı, zararlı gazların neden olduğu sağlık tehlikelerini ortadan kaldıracak şehilde olmalıdır. • Ameliyathaneye göre alçak basınç sağlamak için asma tavan yerleştirimelidir.

Tablo 2.3. Minimum İklimlendirme Gereksinimleri (devamı)

Kullanılan Oda	Minimum Gereksinimler	Önlemler
1.1.1. Sınıf Ia ameliyathane odaları	• Tüm korunan alanda tek yönlü akış (düşük-türbülans) olmalıdır. • Dizayna bağlı olarak, Besleme havası akış hızı difüzörü ≥ 900 m^3 / (h. m^2) (+%10 emniyetli) • Ses basınç seviyesi ≤ 48 dB. • Steril aletler ve tıbbi cihazlar korumalı alanda saklanmalıdır.	• Korumalı alanın üstündeki LTF çıkışının alanı, korumalı alandan daha geniş olmalıdır. • LTF çıkışı, zeminin 2,1 metre yukarısına yerleştirilmiş bir döner akış stabilizatörü ile donatılmalıdır. • Emiş havası sıcaklığı, besleme havası sıcaklığının altına düşmeyecek şekilde oda kullanımı sırasında oda ısıtmasını düzenlemelidir.
1.1.2. Sınıf Ib ameliyathane odaları	• Ses basınç seviyesi ≤ 48 dB. • Besleme hava akış hızı ≥ 60 m^3/ (h. m^2 ameliyat alanında)	
1.1.3. Steril malzeme deposu		
1.1.3.1. Ameliyathane ye doğrudan bağlı	• Havadaki yüklerin komşu ameliyathaneye girip çıkması önlenmelidir.	• Sınıf I odaları 3 kademeli hava filtreli olmalıdır.
1.1.3.2. Ameliyathane ye bağlı olmayan	• Komşu odalardan gelen havadaki yüklerin, steril malzemelerin paketlerine girmesi önlenmelidir.	• Sınıf II odaları en az iki kademeli hava filtreli olmalıdır. • Pozitif basınçlı hava sağlanmalıdır.
1.1.4. Alet/Hazırlık odaları	• Kullanılacak aletler ve diğer tıbbi cihazlar, operasyon sırasında kullanılanla aynı havalandırma koşulları altında yerleştirilmeli / hazırlanmalı / depolanmalıdır.	• Sınıf I odaları 3 kademeli hava filtreli olmalıdır.

Tablo 2.3. Minimum İklimlendirme Gereksinimleri (devamı)

Kullanılan Oda	Minimum Gereksinimler	Önlemler
1.2. Ameliyathane alanı diğer odalar	• Dış hava akışı 1,5 ACH'den fazla ve kişi başı 40 m^3/h'ten fazla olmalıdır. • Oda sıcaklığı 22-26 °C arasında ayarlanabilir olmalıdır.	• Sınıf II odaları, 2 kademeli hava filtreli olmalıdır.
1.2.1. Koridor/depo odaları	Dış hava akışı 5 m^3 / (m^2.h)'den büyük olmalıdır.	• Sınıf II odaları, 2 kademeli hava filtreli olmalıdır.
1.2.2. Anestezik gaz kullanılan odalar	• Dış hava akışı 150 m^3 /h (hasta başına)'den büyük olmalıdır.	• Sınıf II odaları, 2 kademeli hava filtreli olmalıdır.
1.2.3. Steril olmayan çalışma odaları	• Dış hava akışı ≥ 15 m^3 / (m^2 .h) olmalıdır. • Negatif basınçlı hava sağlanmalıdır.	• Sınıf II odaları, 2 kademeli hava filtreli olmalıdır.
2. Muayene ve tedavi alanları	• Dış hava akışı ≥ 40 m^3 /h kişi başı olmalıdır. • Oda sıcaklığı 22-26 °C arasında ayarlanabilir olmalıdır.	• Sınıf II odaları, 2 kademeli hava filtreli olmalıdır.
2.1. Küçük müdahale, tedavi odaları (endoskopi, kolonoskopi vb.)	• Dış hava akışı : Anestezik gaz kullanılan mahalde ≥ 150 (m^3/sa kişi başı), Anestezik gaz kullanılmayan mahalde ≥ 40 (m^3/h kişi başı) olmalıdır.	• Sınıf II odaları iki kademeli hava filtreli olmalıdır. • Özellikle hoş olmayan kokuların olduğu yerlerde (kolonoskopi sırasında), oldukça yüksek bir dış hava akışı gerekli olabilmektedir.

Tablo 2.3. Minimum İklimlendirme Gereksinimleri (devamı)

Kullanılan Oda	Minimum Gereksinimler	Önlemler
2.2. Radyasyon terapisi ve teşhisi	• Radyasyondan korunma yönetmeliklerine uyulmalıdır.	• Sınıf II odaları, 2 kademeli hava filtreli olmalıdır. • Ekipman üreticisinin isterlerine göre ısıtma ve soğutma yükleri belirlenmelidir.
2.3. Nükleer tıp	• "Tozla temas etmeyen koruma torbası değiştirme güvenli değiştirme sistemi" ile aktif karbon filtre torbaları kullanan egzoz hava filtresi kullanılmaktadır.	• Ayrı onay gereklidir.
3. Yoğun bakım, ara bakım ve yeniden bakım birimleri dahil	• Dış hava akışı ≥ kişi başı 40 m^3/sa ve ≥10 m^3/ (sa x hasta sayısı) olmalıdır. Oda hacmine ve madde yüklerinin olup olmadığına bağlı olarak 300 m^3/sa - 350 m^3/ (sa. x hasta sayısı) arasında daha yüksek akış hızları gerekli olabilmektedir. • Fizyolojik hava nemi gereksinimi : %30-65 olmalıdır. • Hasta etrafı akış hızı ≤ 0,1 m/s olmalıdır. • En azından beyin cerrahisi, kardiyoloji, yenidoğan ve izole bakım hastaları için ±0,5K'lik sabit bir oda sıcaklığı korunmalıdır. • Personelin iş sağlığı ve güvenliği açısından hava sıcaklığının 26 °C'yi geçmemesi gerekmektedir (yanık hastaları hariç).	• Sınıf II odaları, 2 kademeli hava filtreli olmalıdır.
3.1. Müdahale, Muayene odaları	• Dış hava akışı : Anestezik gaz kullanılan mahalde ≥ 150 m^3/h. kişi başı, Anestezik gaz kullanılmayan mahalde ≥ 40 m^3/h. kişi başı olmalıdır.	• Sınıf II odaları, 2 kademeli hava filtreli olmalıdır.

Tablo 2.3. Minimum İklimlendirme Gereksinimleri (devamı)

Kullanılan Oda	Minimum Gereksinimler	Önlemler
3.2. İzolasyon odaları, antre dahil (yoğun bakım)	• Oda hava sıcaklığı 22-26 °C arasında olmalıdır. • Hava kilidi olarak hasta odaları antreli olmalıdır. • Hastaların termal konforu, tasarım için temel olarak DIN EN ISO 7730 kullanırak sağlanmalıdır. • Hasta odalarının besleme havası, egzoz havası ve hava kilidi ile bağlantılı negatif hava basıncı dengesi olmalıdır. • Hava kilitleri komşu koridorlar ile negatif hava basıncı dengesinde olmalıdır.	• Sınıf II odaları, 2 kademeli hava filtreli olmalıdır.
3.3. Steril olmayan çalışma odaları	• Dış hava akışı ≥ 15 m^3 / (m^2 .h) olmalıdır. • Negatif basınçlı hava sağlanmalıdır.	• Sınıf II odaları, 2 kademeli hava filtreli olmalıdır.
3.4. Diğer odalar, koridorlar (yoğun bakım)	• Dış hava akış hızı ≥ 5 m^3 / (m^2 .h) olmalıdır.	• Sınıf II odaları, 2 kademeli hava filtreli olmalıdır.
4. Lojistik / tedarik ve atık atma alanları	-	• Sınıf II odaları iki kademeli hava filtreli olmalıdır.
4.1. Steril olmayan çalışma odaları	• Dış hava akışı ≥ 15 m^3 / (m^2.h). • Negatif basınçlı hava sağlanmalıdır.	• Sınıf II odaları, 2 kademeli hava filtreli olmalıdır.

Tablo 2.3. Minimum İklimlendirme Gereksinimleri (devamı)

Kullanılan Oda	Minimum Gereksinimler	Önlemler
4.2. Merkezi steril hizmetler departmanı	• Oda hava sıcaklığı 22-26 °C arasında olacaktır. • Steril olmayan alanda negatif basınçlı hava sağlanmalıdır. • Paketleme alanında pozitif basınçlı hava sağlanmalıdır.	• Sınıf II odaları, 2 kademeli hava filtreli olmalıdır.
4.3. Yatak ve Yatak hazırlama, çamaşırhane	• Oda hava sıcaklığı 22-26 °C arasında olmalıdır.	• Sınıf II odaları, 2 kademeli hava filtreli olmalıdır.
4.4. Hastane eczanesi steril üretim	• DIN EN ISO 14644-1 ve DIN EN ISO 14644-3 gereksinimleri karşılanmalıdır.	-
5. İzolasyon odaları, enfeksiyona yatkın izolasyon hastaları için odalar	• Oda hava sıcaklığı 22-26 °C arasında olmalıdır. • Hava kilidi olarak hasta odaları antreli olmalıdır. • Hastaların termal konforu, tasarım için temel olarak DIN EN ISO 7730 kullanırak sağlanmalıdır.	• Sınıf II odaları, 2 kademeli hava filtreli olmalıdır. • Dış hava akış debisi ≥ 100 m^3 / (hasta sayısı x sa) olmalıdır.
5.1. Enfeksiyona karşı korunması gereken hastalar	• Hasta odalarının besleme havası, egzoz havası ve hava kilidi ile bağlantılı negatif hava basıncı dengesi olmalıdır. • Hava kilitleri komşu koridorlar ile negatif hava basıncı dengesinde olmalıdır.	• Sınıf II odaları iki kademeli hava filtreli olmalıdır.

2.1.2.3. Hava Filtreleri

Filtre ekipmanları hasarsız bir şekilde montajı yapılmalı ve kurulmalıdır. Böylece filtre, yuvasına sızdırmazlığı sağlanmış bir şekilde oturmakta ve çalışması emniyetli bir şekilde

sağlanmaktadır. Filtre parçaları hava akımına etki etmemelidir. Filtre sınıfları ve ayırma dereceleri DIN EN ISO 16890-1 ve DIN EN 1822'de verilmektedir. Filtre kademelerinde elektrostatik filtrelere izin verilmemektedir.

Mikroorganizmalar da dahil olmak üzere partikül kirleticileri besleme havasından çıkarmak için çok aşamalı bir filtreleme sistemi gerekmektedir. Sınıf I odalar için, ilk iki filtrasyon kademesi klima santraline ve 3. kademe mahale üfleme ağzına monte edilecek şekilde üç kademeli bir besleme havası filtrasyonu gerekmektedir;

- 1. filtrasyon bölümü : ISO ePM1 ≥ 50 % (önceki sınıfı F7),
- 2. filtrasyon bölümü : ISO ePM1 ≥ 80 % (önceki sınıfı F9),
- 3. filtrasyon bölümü : En az sınıf H13 HEPA filtreleri.

Sınıf II odalar için iki kademeli bir filtreleme sistemi (HEPA filtreleri olmadan) yeterli olmaktadır.

2.1.3. İspanya Standardı UNE 1007133

Hastanelerde, klinik ihtiyaçların yanı sıra, sağlık ve teknik personelin iyi bir eğitimi, organizasyonu ve disiplini ile birlikte, hem inşaat işlerinin hem de tesisatların iyi bir işleyiş ile yürütülmesini gerektiren hijyenik koşullara özel dikkat gösterilmelidir [33].

2.1.3.1. Hava Kalitesi

Hijyenik nedenlerle, bir hastanede, verilen havada ve ortamdaki mikropların varlığına ilişkin farklı türde gereksinimler vardır. Bu amaçla hastane odaları iki sınıfa ayrılmaktadır:

- Sınıf I odalar : çok yüksek taleplerle.
- Sınıf II odalar : olağan gereksinimlerle.

Havada bulunan kirliliklerin her türlü partikül (mikroorganizmalar dahil katı ve sıvı) şeklinde tutulması, korunacak oda sınıfına bağlı olarak çeşitli seviyelerde filtrasyon gerektirir;

- Sınıf I odalar için üç seviye filtreleme.
- Sınıf II odalar için iki seviye filtreleme.

Hijyenik nedenlerle, filtrasyon seviyeleri aşağıdaki gibi düzenlenmelidir [33]:

1. seviye filtreleme: Dış hava girişinde, kanal 10 m'den uzun ise, hava arıtma ünitesinin hava girişine veya herhangi bir karıştırma bölümünden sonra yerleştirilmelidir.

2. seviye filtreleme: Hava arıtma ünitesinden sonra ve tahliye kanalının başlangıcında yerleştirilmelidir.

3. seviye filtreleme: Tedavi edilecek odaya mümkün olduğunca yakın veya aynı tipteki oda gruplarının yakınında bulunmalıdır.

2.1.3.2. Hava Akışı

Minimum gereksinimleri karşılamak için ameliyathane tipine bağlı olarak aşağıdaki hava akış sistemleri önerilmektedir.

- Tip A ameliyathaneler : Laminer akışlı hava sistemleri,
- Tip B ameliyathaneler : Karışık akışlı veya laminer akış sistemleri.

Üç aşamalı filtrasyon ile mikroorganizma içeriği olmadan iyi bir hava kalitesi elde edilse de üniform hava dağılımına sahip Sınıf I odaların ortamında kabul edilebilir bir seviyede egzoz gazlarının konsantrasyonunu korumak için minimum 1.200 m^3/saat taze hava sağlanmalıdır.

2.1.3.3. Hastane Sektörlerinin Sınıflandırılması ve Her Alandaki Gereksinimler

Tablo 2.4, farklı hastane bölümlerinde sürdürülecek koşullarla ilgili gereksinimleri özetlemektedir.

Tablo 2.4. Hastanede İklimlendirme Gereksinimleri [33]

1	**Hastane Alanı** **Muaynene ve Tedavi Alanı**	**Minimum Dış Hava Akışı** m^3/(h.m^2) (1)	**Çevre Koşulları (°C KT)**		**Bağıl Nem (%)** (8)	**Mak. Ses Basıncı (dB)** (2)
			Min. Sıcaklık	**Mak. Sıcaklık**		
1.1	**Ameliyathane**					
1.1.1	A ve B tipi ameliyathaneler	1200 m^3/ h	22	26	45-55	40
1.1.2	Koridor, Steril malzemeler bölümü	15	22	26	45-55	40
1.1.3	Uyandırma Odası	15	22	26	45-55	35
1.1.4	Diğer bölümler	15	22	26	45-55	40
1.2	**Doğumhane**					
1.2.1	Doğum odaları	15	24	26	45-55	40
1.2.2	Koridor	10	24	26		40
1.3	**Endoskopi**					
1.3.1	Muayene odaları	30	24	26		40
1.3.2	Muayene odaları (aseptik ve septik)	10	24	26		40
1.3.3	Koridor	10	24	26		40
1.4	**Fizyoterapi**					
1.4.1	Rehabilitasyon, Yüzme havuzları	%100	(3)	(3)		40
1.4.2	Koridor	10	(3)	(3)		45
1.5	**Diğer Alanlar**					
1.5.1	Küçük muayene odaları	10	22	26		40
1.5.2	Ameliyathane dışı uyandırma odası	10	22	26	45-55	35
1.5.3	Koridor	10	24	26		40
1.5.4	Röntgen	10	24	26		40
1.5.5	Muayene odaları	10	24	26		40

Tablo 2.4. Hastanede İklimlendirme Gereksinimleri (devamı)

2	Hastane Alanı Yoğun Bakım Alanı	Minimum Dış Hava Akışı $m^3/(h.m^2)$ (1)	Çevre Koşulları (°C KT)		Bağıl Nem (%) (8)	Mak. Ses Basıncı (dB) (2)
			Min. Sıcaklık	Mak. Sıcaklık		
2.1	Yoğun Bakım					
2.1.1	Antre dahil yataklı odalar	10	24	26	45-55	35 (4)
2.1.1.1	Enfeksiyon riskli hasta odaları	30	24	26	45-55	35 (4)
2.1.1.2	Diğer hasta odaları	10	24	26	45-55	35 (4)
2.1.2	Acil servis	15	24	26	45-55	40
2.1.3	Koridor	10	24	26	-	40
2.2	Özel bakım					
2.2.1	Yataklı odalar	30	24	26	45-55	35 (4)
2.2.2	Acil servis	30	24	26	45-55	40
2.2.3	Koridor	10	24	26	45-55	40
2.3	Bulaşıcı hastalık bakımı					
2.3.1	Antre dahil yataklı odalar	10	24	26	45-55	35 (4)
2.3.2	Diğer alanlar ve koridorlar	10	24	26	-	40
2.4	Erken bakım					
2.4.1	Yataklı odalar	10	24	26	45-55	35 (4)
2.4.2	Koridor	10	24	26	-	40
2.5	Yeni doğum birimi					
2.5.1	Yataklı odalar	10	24	26	45-55	35 (4)
2.5.2	Koridor	10	24	26	-	40
2.6	Diğer alanlar	10	24	26	-	40
2.6.1	Yataklı odalar	10	24	26	25-55	35 (4)

(1) Özel durumlarda daha yüksek hava akışı gerekebilir

(2) Bu değerler sağlık personelinin takdirine bağlı olarak düşürülebilir.

(3) 28°C'ye kadar; oda, hava sıcaklığından 2-4°C düşük olacaktır. 28°C'nin üzerinde aynı olmalıdır.

(4) Maksimum değerler 5 dB daha düşük olacaktır, hava akışı asla kişi başına 15 l/s (54 m^3/h)'den az olmayacaktır.

(5) Ameliyathane alanına aitse, ameliyathane için gerekli olan şartların aynıları sağlanır.

(6) Sterilizasyon için kimyasal ürünlerin kullanılması durumunda, kirletici maddelerin tahliyesi için uygun önlemler alınır.

(7) Dış hava akışı, kirletici maddelerin miktarının bir fonksiyonudur.

(8) Sağlık personeli farklı değerler ayarlayabilir

(9) Misafir bulunmayan diğer alanlarda, tesisler her tür bina için yürürlükte olan yönetmelikleri karşılar.

(10) Hava çıkışı Sınıf I olarak kabul edilir ve mutlak filtre odanın hava giriş ünitesinde olmalıdır.

2.1.4. Brezilya Standardı NBR 7256

Bu standart, sağlık tesislerinde iklimlendirme sistemi tasarımı ve uygulaması için minimum gereksinimleri belirlemektedir. Bu standart, değiştirilecek, modernize edilecek veya mevcut sağlık tesislerinden genişletilecek alanlardaki yeni sağlık tesisi kurulumları için geçerlidir [34].

2.1.4.1. Ortamların Özellikleri

Hastane birimlerinin iklimlendirme parametrelerine ait değerler Tablo 2.5'te gösterilmiştir.

Tablo 2.5. Hastane Birimleri İklimlendirme Parametreleri [34]

Ortam	Basınç seviyesi	Min. dış hava akışı (saat)	Min. besleme havası (saat)	Besleme havası filtre sınıfı	Sıcaklık (°C KT)	Bağıl nem (%)
Acil Bakım Birimi						
Acil bakım / bekleme odası	Negatif	12	12	G4+F8	20-24	Mak.60
Triyaj odası	Negatif	12	12	G4+F8	20-24	Mak.60
Acil servis	Pozitif	2	6	G4+F8	20-24	Mak.60
Enfeksiyon riskli müşahade odası ve koridor	Negatif	2	6	G4+F8	20-24	Mak.60
İnhalasyon odası	Negatif	10	10	G4+F8	20-24	Mak.60
İnvaziv prosedür odası	Pozitif	3	15	G4+F8	20-24	Mak.60
Acil bakım odası (Kırmızı oda)	Pozitif	5	25	G4+F8	20-24	Mak.60
Saniyasyon odası /Dekontaminasyon	Negatif	12	12	G4+F8	20-24	Mak.60
Genel resepsiyon	Pozitif	2	6	G4+F8	20-24	Mak.60
Odalara giriş koridoru	Pozitif	2	12	G4+F8	20-24	Mak.60
Yüksek riskli hasta odaları	Pozitif	2	12	G4+F8+ ISO 35H	20-24	Mak.60
Hava sirkülasyonu olmayan odalar, antreli	Negatif	12	12	G4+F8	20-24	Mak.60
Hava sirkülasyonu olan odalar, antreli	Negatif	2	12	G4+F8+ ISO 35H	20-24	Mak.60
Yoğun bakım üniteleri	Negatif	6	6	G4+F8	20-24	Mak.60
Yenidoğan birimi	Pozitif	2	6	G4+F8	22-26	Mak.60
Tek kişilik odalar	Pozitif	2	6	M5	22-26	Mak.60
Toplu tedavi alanı	Pozitif	2	6	G4+F8	22-26	Mak.60
Fizyoterapi odası	Negatif	2	6	G4+F8	22-27	Mak.60
Yanık hastalarının odalarına erişim koridoru	Pozitif	2	6	G4+F8	20-24	Mak.60
Yanık hastalarının odası	Pozitif	6	6	G4+F8+ ISO 35H	24-32	40-60
Balneoterapi odası	Negatif	2	6	G4+F8	22-27	Mak.60
Yanık muayene odası	Pozitif	2	6	G4+F8	22-26	40-60

Tablo 2.5. Hastane Birimleri İklimlendirme Parametreleri (devamı)

Cerrahi Merkezi						
Koridor/ Ameliyathane sirkülasyonu	Pozitif	2	6	G4+F8	20-24	Mak.60
Anestezi odası	Doğal	2	6	G4+F8	20-24	Mak.60
Ameliyathane girişi	Pozitif	5	25	G4+F8+ ISO 35H	20-24	Mak.60
Ameliyathane	Pozitif	5	25	G4+F8+ ISO 35H	20-24	Mak.60
İşlem odası	Pozitif	3	15	G4+F8	20-24	Mak.60
Özel ameliyatlar için destek odası	Doğal	5	25	G4+F8+ ISO 35H	20-24	Mak.60
Anestezik derlenme alanı	Doğal	2	6	G4+F8	20-24	Mak.60
Anestezik saklama ve hazırlık odası (cerrahi merkezi)	Negatif	8	8	G4+F8	20-24	Mak.60
Sterilize Malzeme Merkezi						
Malzemelerin yıkanması ve ayrılması için alan	Negatif	2	6	G4+F8	20-24	-
Sıvı kimyasal dezenfeksiyon alanı	Negatif	2	10	G4+F8	18-22	-
Sterilize edilmiş malzemeler ve giysiler için depolama ve dağıtım odası	Pozitif	2	12	G4+F8	20-24	Mak.60
Fiziksel sterilizasyon için malzeme ve temiz giysi hazırlama alanı	Pozitif	2	12	G4+F8	20-24	N/R
Kimyasal gaz sterilizasyon ve havalandırma odası	Negatif	25	25	G4+F8	20-24	-
Özel ameliyatlar için destek odası	Doğal	5	25	G4+F8+ ISO 35H	20-24	Mak.60
Anestezik derlenme alanı	Negatif	2	6	G4+F8	20-24	Mak.60
Anestezik saklama ve hazırlık odası (cerrahi merkezi)	Negatif	8	8	G4+F8	20-24	Mak.60

Tablo 2.5. Hastane Birimleri İklimlendirme Parametreleri (devamı)

Hemodiyaliz tedavi odası	Doğal	2	6	G4+F8	22-26	Mak.60
Diyalizör yeniden işleme odası	Negatif	2	10	G4+F8	22-26	Mak.60
Nükleer Tıp Uygulama	Negatif	2	6	G4+F8	20-24	Mak.60
Radyoloji ışını laboratuvarı	Negatif	2	6	G4+F8	20-24	Mak.60
Muayene/tedavi odası	Negatif	2	6	G4+F8	20-24	Mak.60
Radyoloji						
Bekleme odası	Negatif	2	12	G4+F8	20-24	Mak.60
Röntgen odası	Negatif	2	6	G4+F8	22-26	Mak.60
Röntgen odası (cerrahi, yoğun bakım ve kateterizasyon)	Pozitif	3	15	G4+F8	22-26	Mak.60
Diğer Mahaller						
Doğal doğum odası	Pozitif	3	15	G4+F8	20-24	Max 60
Muayene odası (teşhis ve tedavi birimleri)	Doğal	2	6	G4+F8	20-24	Max 60
Simülasyon/terapi odaları	Pozitif	2	6	G4+F8	20-24	Max 60
Fizik tedavi egzersiz alanı	Negatif	2	6	M5	22-27	Max 60
Soyunma odaları	Negatif	2	10	G4+F8	20-24	-
Ofis odası	Pozitif	2	6	G4+F8	20-24	Max 60

Tablo 2.5 Notları;

Not 1: Bakım istasyonlarında, yerleştirildiği ortamın parametreleri kullanılmalıdır.

Not 2: Radyasyon kaynağı ekipmanı bulunan odalar için, bu ekipmanın üretici tavsiyeleri kullanılmalıdır.

Not 3: Tomografi, ultrason, manyetik rezonans görüntüleme ve PET-CT gibi bu tabloda belirtilmeyen teşhis/tedavi üniteleri ve ortamları için, bu cihazların çalışma koşullarına göre ekipman üreticileri tarafından tanımlanan tasarım parametrelerinin kullanılması tavsiye edilmektedir.

Not 4: Maksimum %60 bağıl nem belirtildiğinde, 4 kg'a kadar 10,6 g/kg mutlak nem aralığı önerilmektedir.

Not 5: Sıcaklıklar referans değerlerdir, tıbbi ekibin ihtiyacına veya sürece bağlı olarak değiştirilebilir.

2.1.4.2. Filtre Derecelendirmesi ve Filtreleme Verimliliği

Şu anda Brezilya'da bir arada bulunan ABNT NBR 16101 ve ABNT NBR ISO 16890-1, aşağıda açıklanan kriterlere göre kaba, orta ve hassas genel amaçlı filtreleri ve ABNT NBR ISO 29463-1, yüksek verimli filtreleri HEPA ve ULPA'ya göre sınıflandırmaktadır.

Kaba, orta ve hassas filtreler için sınıflandırma kriterleri Tablo 2.6'da sunulmuştur ve 0,4 µm'lik bir partikül boyutu için filtreleme verimi dikkate alınmaktadır.

Tablo 2. 6. Filtre Sınıfları [34]

Grup	Sınıf	Basınç Kaybı	Ortalama Aralık % (a)	0,4 µm parçacıklar için ortalama verimlilik %	0,4 µm parçacıklar için minimum verimlilik % (b)
Kaba	G1	250	$50 \leq Eg < 65$	-	
	G2	250	$65 \leq Eg < 80$	-	
	G3	250	$80 \leq Eg < 90$	-	
	G4	250	$90 \leq Eg$	-	
Orta	M5	450	-	$40 \leq Ef < 60$	
	M6	450	-	$60 \leq Ef < 80$	
Hassas	F7	450	-	$80 \leq Ef < 90$	≥ 35
	F8	450	-	$90 \leq Ef < 95$	≥ 55
	F9	450	-	$95 \leq Ef$	≥ 70

(a) Atmosferik tozun özellikleri, testlerde kullanılan yükleme tipinin özellikleriyle karşılaştırıldığında büyük farklılıklar göstermektedir. Bu nedenle, test sonuçları hem operasyonel performansı hem de hizmet ömrünü tahmin etmek için bir netlik

sağlamamaktadır. Filtre ortamının statik yükünün azaltılması veya partiküllerin ve liflerin ayrılması da verimliliği olumsuz etkileyebilmektedir.

(b) 0,4 μm partiküller için minimum verimlilik, test prosedürü adımlarından herhangi biri sırasında doğrulanan en düşük verimliliktir.

2.1.5. ISO 14644 Temiz Odalar ve Bunlarla İlgili Kontrollü Ortamlar

Temiz odalar ve bunlarla ilgili kontrollü ortamlar kirliliğe duyarlı faaliyetleri tanımlamak için uygun seviyelerde havadaki kirlilik parçacıklarının kontrolünü sağlamaktadır. Bu standart, temiz oda birimlerinin tasarımı ve imalatı için şartları belirlemektedir. ISO 14644, Temiz odalar ve ilgili kontrollü ortamlar genel başlığı altında aşağıdaki bölümlerden oluşmaktadır [30]:

- Bölüm 1 : Hava temizliğinin partikül konsantrasyonu bakımından sınıflandırılması.
- Bölüm 2 : Temizoda hava temizliğinin partikül konsantrasyonu bakımından uygunluğunun ispatı için performansın izlenmesi.
- Bölüm 3 : Test yöntemleri.
- Bölüm 4 : Tasarım, inşaat ve ilk çalıştırma.
- Bölüm 5 : İşletme.
- Bölüm 7 : Ayırıcı cihazlar (temiz hava davlumbazları, eldivenli kutular, yalıtıcılar ve mini ortamlar).
- Bölüm 8 : Kimyasal konsantrasyon (ACC) ile hava temizliğinin sınıflandırılması.
- Bölüm 9 : Partikül konsantrasyonu ile yüzey temizliğinin sınıflandırılması.
- Bölüm 10 : Kimyasal konsantrasyon ile yüzey temizliğinin sınıflandırılması.

2.1.6. VDI 2167 Standardı

Ameliyathanelerde; konum, mimari yapı, ameliyathane alanı, tavan yüksekliği gibi özellikler partikül ve mikroorganizma kontrolünde önemli rol oynamaktadır. Hastaların ve doktorların harcadıkları enerjiye göre, ihtiyaç duyacakları taze hava miktarı

değişkenlik göstermekte ve bu havayı istenilen konfor şartlarına getirmek için iklimlendirme ekipmanları kullanılmaktadır [31].

2.1.6.1. Ameliyathane Konfor ve Tasarım Parametreleri

- Laminer hava akımı vasıtasıyla korumalı alan, dışarıdan girebilecek partiküllere karşı korunması sağlanmalıdır. Personelin, steril ameliyat aletlerini kapsayacak şekilde oluşacak korumalı alan en az 9,0 m² olmalıdır.
- Hava akış şekli : Laminer tek yönlü akış olmalıdır.
- Sıcaklık : 17 – 23 °C aralığında ameliyat ekibinin konforunu ve ameliyat için uygun sıcaklığı sağlayabilecek şekilde ayarlanabilir olmalıdır.
- Hava hızı: HEPA filtre yüzeyi üzerindeki laminer akış en az 0.20 m/s sağlayacak şekilde hava hızı ortalaması 0.24 m/s olmalıdır.
- Hava Temizlemesi için Filtre Kademeleri **:** En az 3 kademeli filtreleme yapılmalıdır. Bu filtreler sırasıyla F7, F9 ve H13 şeklinde olmalıdır.

Filtre alanına bağlı önerilen toplam hava besleme miktarına ait Tablo 2.7'de gösterilmektedir.

Tablo 2.7. Filtre Alanına Bağlı Toplam Hava Besleme Miktarı [31]

Toplam Filtre Yüzeyi (mm x mm)	**Önerilen Hava Besleme Miktarı (m^3/h)**
1200 x 2400	2400
1400 x 2400	3000
1600 x 3000	4400
1600 x 2400	3400
1800 x 2400	3750
2400 x 2400	5000
3000 x 3000	7800
Maksimum Gürültü Seviyesi: 48 dB maks. (Zeminden 1.75m yükseklikte ölçüm yapılacak)	

2.1.6.2. Hastane Odalarının Kullanımı ve Koruma Ölçütü:

Hastane odalarınnın kullanımına ve hava koruma ölçütlerine ilişkin Tablo 2.8'de gösterilmektedir.

Tablo 2.8. Oda ve Hava Koruma Ölçütlerinin Kullanımı [31]

Kullanılan Oda	Açıklamalar / Gereksinimler	Koruma Ölçütü
Steril koruma odaları	• Bu odalar bağışıklığı düşük olan hastaların korunması için kullanılır. • Hava yolu ile bulaşan virüs ve mantarlar başlıca risk oluşturmaktadır. Bu riskin düşürülmesi için HEPA filtrelerin kullanımı olumlu bir etki sağlamaktadır.	• Komşu mahallere göre pozitif olarak basınçlandırılmalıdır. • Besleme havası minimum 100 (m^3/h x kişi) olmalıdır. • En az H13 sınıfı HEPA filtre bulunmalıdır.
Steril koridor (ameliyat haneye bağlı)	• Ameliyat ekipmanlarından kaynaklı kirliliği engellemek için mahaldeki partikül ve mikroorganizma yükü azaltılmalıdır. • Ameliyat aletleri ve ekipmanı her zaman operasyona hazır tutulmalıdır.	• Komşu mahallere göre pozitif olarak basınçlandırılmalıdır. • Besleme havası minimum 100 (m^3/h x kişi) olmalıdır. • En az H13 sınıfı HEPA filtre bulunmalıdır.
Steril depo (Ameliyat haneden bağımsız)	• Ameliyat ekipmanlarından kaynaklı kirliliği engellemek için mahaldeki partikül ve mikroorganizma yükü azaltılmalıdır. • Ameliyat aletleri ve ekipmanı her zaman operasyona hazır tutulmalıdır.	• Komşu mahallere göre pozitif olarak basınçlandırılmalıdır. • Besleme havası minimum 100 (m^3/h x kişi) olmalıdır. • En az F9 sınıfı hassas filtre bulunmalıdır.
Organ nakil hastaları ameliyat sonrası odaları	Hastaların korunması önceliklidir. Oda girişinde bir hava kilidi olması tavsiye edilmektedir. Ayrıca günlük servis sırasında kullanılmak üzere, havadaki aspergillus bakterilerinin mevsimsel değişimleri nedeniyle korumalı alan gerekmektedir.	• Komşu mahallere göre pozitif olarak basınçlandırılmalıdır. • Besleme havası minimum 100 (m^3/h x kişi) olmalıdır. • En az F9 sınıfı hassas filtre bulunmalıdır.
Yoğun bakım odaları	Odada hava yolu enfeksiyonu taşıyan hasta olması halinde aerosol damlacıkların bulaşması haricinde yoğun bakım odalarında hava yolu ile enfeksiyon kapma tehlikesi azdır. Ancak tüberküloz ve varicella hastalıklarında yoğun bakım odalarında hastanın karantinaya alınması önerilmektedir.	• Komşu mahallere göre pozitif olarak basınçlandırılmalıdır. • En az F9 sınıfı hassas filtre, özel koruma durumunda ise H13 sınıfı HEPA filtre bulunmalıdır.

Tablo 2.8. Oda ve Hava Koruma Ölçütlerinin Kullanımı (devamı)

Kullanılan Oda	Açıklamalar / Gereksinimler	Koruma Ölçütü
Enfeksiyon hastaları için izolasyon odası	• Diğer mahallerdeki hasta ve personelin korunması önceliklidir. • Oda havası, partikül ve mikroorganizma konsantrasyonunu düşürebilecek temizlikte olmalıdır.	• Komşu mahallere göre negatif olarak basınçlandırılmalıdır. • Egzoz kanalında H13 sınıfı HEPA filtre bulunmalıdır. • Besleme havası girişinde en az F9 sınıfı hassas filtre bulunmalıdır.
Hasta odaları	• Normal hasta odaları doğal havalandırma veya mekanik havalandırma sistemleri ile iklimlendirilebilir.	• Taze hava gereksinimi minimum; Genel odalarda : 36 m³/(h.kişi), Sigara alanlarında : 72 m³/(h.kişi) olmalıdır.
Toparlanma odası	Bu odalarda iklimlendirme sistemleri hijyen bakımında yüksek gereksinimlere ihtiyaç duymamaktadır.	Yüksek miktarda anestezik gaz solunması durumunda taze hava miktarı: 150 (m³/h.yatak)'dan fazla olmalıdır.
Doğum odaları	• Normal doğum yapılan odalarda standart bir iklimlendirme sistemi yeterlidir. • Doğum sırasında oluşabilecek kötü kokuların yayılmaması açısından negatif basınç sağlanmalıdır. • Sezaryen doğum ameliyatlarında Sınıf 1b odaların iklimlendirme özelliklerine sahip olmalıdır.	Komşu mahallere göre negatif olarak basınçlandırılmalıdır.

2.1.7. Amerikan Mimarlar Enstitüsü (AIA) "Hastane ve Sağlık Tesislerinde Tasarım ve Yapı Kılavuzu"

Bakım ortamı, kaliteli sağlık bakımını desteklemek için oluşturulan, yapılandırılan ve sürdürülen yerleşik bir sağlık hizmeti varlığındaki özelliklerden oluşmaktadır. Hastalar ve aileleri bakım sürecine daha fazla dahil olmaya başladıkça, tesislerin konaklama için

değişen gereksinimlere yanıt vermesi gerekmektedir. Bu kılavuz, yeni sağlık tesisi projelerinin inşası ve donatılması için asgari standartlar olarak tasarlanan bilgileri içermektedir. Bu kılavuzda belirtilen gereklilikler asgari ihtiyaç olarak kabul edilmektedir [32].

2.1.7.1. İklimlendirme Sistemleri

Tesiste hasta bakımı için kullanılan tüm oda ve alanlarda iklimlendirme için belirli gereksinimler bulunmalıdır. Tablo 2.9'da gösterilen havalandırma oranları yalnızca minimum gereklilikler olarak kullanılmalı; daha yüksek, daha uygun oranlar kullanılabilir.

Tablo 2.9. Hastane İklimlendirme Gereklilikleri [32]

Alan tanımı	**Mahalin bileşik odalar ile hareketi**	**Saatteki Min. Dış Hava / Toplam Hava Değişim Miktarı**	**Tüm hava doğrudan dışarıya atılır**	**Bağıl nem (%)**	**Dizayn Sıcaklığı (°C KT)**
AMELİYATHANE VE YOĞUN BAKIM					
Ameliyathane	Pozitif	3 / 15	-	30-60	20-23
Doğumhane	Pozitif	3 / 15	-	30-60	20-23
Bakım odası	-	2 / 6	-	30-60	21-24
Yoğun Bakım	-	2 / 6	-	30-60	21-24
Yenidoğan Birimi	-	2 / 6	-	30-60	22-26
Tedavi Odası	-	- / 6	-	-	24
Travma Odası	Pozitif	3 / 15	-	30-60	21-24
Anestezi Odası	Negatif	- / 8	Evet	-	-
Endoskopi	Negatif	2 / 6	-	30-60	20-23
Bronkoskopi	Negatif	2 / 12	Evet	30-60	20-23
Bekleme odası	Negatif	2 / 12	Evet	-	21-24
Triyaj	Negatif	2 / 12	Evet	-	21-24
Radioloji	Negatif	2 / 12	Evet	-	21-24
Muayene odası	Pozitif	3 / 15	-	30-60	21-24

Tablo 2.9. Hastane İklimlendirme Gereklilikleri (devamı)

Alan tanımı	Mahalin bileşik odalar ile hareketi	Saatteki Min. Dış Hava / Toplam Hava Değişim Miktarı	Tüm hava doğrudan dışarıya atılır	Bağıl nem (%)	Dizayn Sıcaklığı (°C KT)
BAKIM ODALARI					
Hasta odası	-	2 / 6	-	-	21-24
Tuvalet	-	- / 10	Evet	-	-
Yenidoğan odası	-	2 / 6	-	30-60	22-26
Koruma alanı	Pozitif	2 / 12	-	-	24
Havayolu enfeksiyon izolasyon odası	Negatif	2 / 12	Evet	-	24
İzolasyon antre	Nötr	- / 10	Evet	-	-
Doğum/doğumsonrası	-	2 / 6	-	-	21-24
Hasta koridoru	-	- / 2	-	-	-
YARDIMCI BİRİMLER					
Radyoloji					
X-ray	Pozitif	3 / 15	-	30-60	21-24
Karanlık oda	Negatif	- / 10	Evet	-	-
Laboratuvar					
Genel	-	- / 6	-	-	24
Biokimya	Pozitif	- / 6	-	-	24
Sitoloji	Negatif	- / 6	Evet	-	24
Glass washing	Negatif	- / 10	Evet	-	-
Histoloji	Negatif	- / 6	Evet	-	24
Mikrobiyoloji	Negatif	- / 6	Evet	-	24
Nükleer tıp	Negatif	- / 6	Evet	-	24
Patoloji	Negatif	- / 6	Evet	-	24
Seroloji	Pozitif	- / 6	-	-	24
Sterilizasyon	Negatif	- / 10	Evet	-	-
Otopsi odası	Negatif	- / 12	Evet	-	-
Morg	Negatif	- / 10	Evet	-	21
Eczane	Pozitif	- / 4	-	-	-

Tablo 2.9. Hastane İklimlendirme Gereklilikleri (devamı)

Alan tanımı	Mahalin bileşik odalar ile hareketi	Saatteki Min. Dış Hava / Toplam Hava Değişim Miktarı	Tüm hava doğrudan dışarıya atılır	Bağıl nem (%)	Dizayn Sıcaklığı (°C KT)
TANI VE TEDAVİ					
Muayene odası	-	- / 6	-	-	24
Medikasyon odası	Pozitif	- / 4	-	-	-
Tedavi odası	-	- / 6	-	-	24
Fizyoterapi ve Hidroterapi	Negatif	- / 6	-	-	24
Kirli çalışma odası	Negatif	- / 10	Evet	-	-
Temiz çalışma odası	Pozitif	- / 4	-	-	-
STERİLİZASYON VE MEDİKAL CİHAZLAR					
Sterilizasyon odası	Negatif	- / 10	Evet	30-60	24
Sterilizasyon cihazları odası	Negatif	- / 10	Evet	-	-
Arınma odası	Negatif	- / 6	Evet	-	20-23
Temiz oda	Pozitif	- / 4	-	30-60	24
Steril depo	Pozitif	- / 4	-	Mak.70	-
SERVİS					
Yemek hazırlama odası	-	- / 10	-	-	-
Çamaşırhane	Negatif	- / 10	Evet	-	-
Yemek deposu	Negatif	- / 2	-	-	-
Kirli çamaşır deposu	Negatif	- / 10	Evet	-	-
Temiz çamaşır deposu	Pozitif	- / 2	-	-	-
Tuvalet	Negatif	- / 10	-	-	24
Hizmetli odası	Negatif	- / 10	Evet	-	-

2.1.8. CDC ve HICPAC Kuruluşları Tarafından Hazırlanan "Sağlık Yapılarında Çevresel Enfeksiyon Kontrolü Kılavuzu"

Sağlık tesislerinde ısıtma, havalandırma ve iklimlendirme (HVAC) sistemleri, iç ortam hava sıcaklığını ve nemini personel, hastalar ve ziyaretçiler için konforlu seviyelerde tutmak ve kokuları kontrol etmek için tasarlanmaktadır. Kirlenmiş havayı çıkarıp, duyarlı

personeli ve hastaları hava yoluyla bulaşan sağlık bakımıyla ilişkili patojenlerden korumak için hava işleme gerekliliklerini kolaylaştırmak ve enfekte hastalardan hava yoluyla bulaşan patojenlerin bulaşma riskini en aza indirmektedir [19].

Bir iklimlendirme sistemi; dış hava girişi, filtreler, nem değiştirme mekanizmaları (yani yazın nem kontrolü, kışın nemlendirme), ısıtma ve soğutma ekipmanları, kanal sistemi, hava egzozu veya çıkışları ve havanın düzgün dağılımı için ızgaralar, difüzörler veya menfezler içermektedir. Sağlık tesisi iklimlendirme sisteminin düşük performansı, filtre verimsizlikleri, yanlış kurulum ve yetersiz bakımı, hava yoluyla bulaşan enfeksiyonların yayılmasına neden olabilmektedir [19].

2.1.8.1. Yaşanılan Mahallerde İklimlendirme Parametreleri

Sağlık tesislerinde özel havalandırma gerektiren alanlar şunları içermektedir:

a. Ameliyathaneler,

b. Yüksek riskli, bağışıklığı düşük hastalar tarafından kullanılan PE odaları; ve

c. Hava yoluyla bulaşan enfeksiyonları olan hastaların izolasyonu için tüm odalar.

Bu kılavuzda, özel odalar için iklimlendirme gereksinimleri Tablo 2.10'da gösterilmektedir.

Tablo 2.10. Sağlık Tesislerinin Seçili Alanlarındaki Havalandırma Spesifikasyonları [19]

Özellikler	AII odaları (bronkoskopi odası dahil)	PE odaları	Acil bakım odaları	İzolasyonlu antre	Ameliyat hane
Hava basıncı	Negatif	Pozitif	Pozitif, negatif veya nötr	Pozitif veya negatif	Pozitif
Hava değişim sayısı	≥ 6 ACH (mevcut odalarda); ≥ 12 ACH (yeni inşa ve yenilenen odalarda)	≥ 12 ACH	≥ 6ACH	≥10 ACH	≥15 ACH
Sızdırmazlık	Evet	Evet	Hayır	Evet	Evet

Tablo 2.10. Sağlık Tesislerinin Seçili Alanlarındaki Havalandırma Spesifikasyonları (devamı)

Özellikler	AII odaları (bronkoskopi odası dahil)	PE odaları	Acil bakım odaları	İzolasyonlu antre	Ameliyat hane
Filtreleme kaynağı	90% (ASHRAE 52.1)	99,97% (0,3 μm partiküllerde 99,97% HEPA)	>90%	>90%	90%
Resirkülasyon havası	Hayır (Egzoz havası önce bir HEPA filtresinden işlenirse, sirkülasyon havası kullanılabilir.)	Evet	Evet	Hayır	Evet

2.2. SARS-CoV-2 Pandemisinde Hastanelerde Alınması Gereken Önlemler

Dünyada inşa edilen yeni hastanelere bakıldığında izolasyon odaları toplam oda sayısının ancak %2'lik kısmını oluşturmaktadır. Böylece COVID-19 gibi hava yolu ile bulaşan endemik bir hastalık tehdidi ile karşılaşıldığında izolasyon odaları yetersiz kalmaktadır. Bu yüzden, pandemi sürecinde negatif basınçlı izolasyon odası ihtiyacını karşılamak için sağlık tesislerindeki hasta odalarının bir bölümünün izolasyon odasına dönüştürülmesi gerekmektedir [12].

İzolasyon odaları gibi özel hasta odalarında kullanılan iklimlendirme sistemleri, hava yolu ile hastalık bulaşmasının kontrolünü sağlamak için geliştirilmelidir. Bu odalarda genel olarak iki prensip uygulanmaktadır:

- Bitişik mahallere hava yolu ile mikropların taşınmasını ve yayılmasını engellemek,
- İzolasyon odasında istenen hava gereksinimlerini sürekli olarak sağlamak ve etkili bir iklimlendirme sistemi yardımıyla mahalde istenmeyen mikroorganizmaların miktarını azaltmak.

Bulaşıcı hastalığı olmayan normal hasta odalarında, saatte en az 4 hava değişimine ihtiyaç duyulmaktadır. Hava yoluyla hastalık bulaşmasını engellemek için kullanılan bir odada ise saatte en az 6 hava değişimi yeterli görülmektedir [39].

İzolasyon odasında, besleme havası girişi ile egzoz çıkışları birbirine yakın ise temiz hava ile kirli havanın karışmaması adına HEPA filtreler kullanılarak egzoz havası doğrudan dışarıya egzoz edilmelidir.

Yeni sağlık yapılarının izolasyon odalarında besleme hava debisi ideal olarak saatte 12 hava değişimine sahip olmalıdır. Havanın koridordan izolasyon odasına doğru akışını sağlamak için ise 5 Pa negatif oda basıncı olması önerilmektedir. Oda mümkün olduğunca hava geçirmez olmalıdır. Mümkünse, izolasyon odasının kapısı açıldığında dışarıya hava sızmasını engellemek için hava kilidi kullanılmalıdır [39].

Modern iklimlendirme sistemlerinde, hava klima santraline girdikten sonra dış hava filtrelerinden geçirilmelidir. Hava temizliğinin etkili olabilmesi için mahal girişinde HEPA filtresine sahip olması gerekmektedir. Ayrıca virüs ve bakterileri etkisiz hale getirebilmek için hava kanallarına UVGI sistemi yerleştirilebilir.

Pandemi döneminde;

- Mahaldeki mevcut havayı ile devirdaim ederek çalışan iklimlendirme ekipmanları zorunlu olmadıkça çalıştırılmamalıdır.
- Klima santralleri olabildiğince %100 taze hava ile çalıştırılmalıdır. Dışarıdan alınan taze hava şartlandırıldıktan sonra mahale gönderilmelidir. Mahaldeki hava ayrı bir egzoz kanal sistemi ile dışarı atılarak ortamdaki partikül yoğunluğu azaltılmalıdır.
- %40'tan düşük bağıl nem oranları kuru hava olarak değerlendirilmekte ve kuru hava enfeksiyon riskini artırmaktadır. Bu nedenle odaların nemi %40'ın altına düşmemelidir.
- İklimlendirme sistemlerinde havanın yukarıdan beslenip yine yukarıdan egzoz edilmesi durumunda zemine yakın partiküllerin tekrar havaya karışmasına neden olacağından gönderilen hava yukarıdan üflenip zemine yakın yerlerden egzozu sağlanmalıdır.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

İklimlendirme sisteminde, tasarım parametrelerini sıcaklık, bağıl nem, filtreleme, basınçlandırma, saatlik hava değişim miktarı, oda içi hava akışları, egzoz havası çıkışları ve hava hızı olarak sayabiliriz.

Sağlık yapıları iklimlendirme sistemlerinin görevleri genel olarak şu şekilde sıralanmaktadır:

- Temiz odalara mikroorganizma ve partiküllerin girmesini önlemek ve istenilen temiz havayı tüm mahalde homojen bir şekilde sağlamalıdır.
- Personel ve hasta konforu için gerekli olan sıcaklık ve bağıl nem oranını sağlamak ve gerektiğinde sıcaklık, bağıl nem değerlerini istenilen aralıklarda tutmak.
- Mahalde kapıların açılması veya aralıklı olarak proses havası atılmasına ragmen oda gereksinimine göre mahaldeki pozitif veya negatif basıncın istenilen değerler içerisinde kalmasını sağlamalıdır.
- Oda kullanılmadığı süre içinde de mahale mikroorganizma veya toz girmesini önlemek.
- Yüksek hava değişim sayılarına rağmen personelin ve hastaların konforunu sağlamak.
- Ameliyathanede çalışan personelin konsantrasyonunun bozulmaması için gürültü seviyesinin en düşük seviyede olmasını sağlamak.

3.1. Sıcaklık

Sağlık tesislerinde HVAC sistemleri genellikle tek kanallı veya çift kanallı sistemlerdir. Tek kanallı bir sistem, soğutulmuş havayı (12,8°C) binaya dağıtır ve havayı bireysel veya birden fazla odayı ısıtmak için terminal kanal sisteminde bulunan termostatik kontrollü yeniden ısıtma kutularını kullanır. Çift kanallı sistem, biri soğuk hava akışına ve diğeri sıcak hava akışına sahip paralel kanallardan oluşur. Her oda veya oda grubundaki bir karıştırma kutusu, istenen sıcaklığa ulaşmak için iki hava akışını karıştırır. Sıcaklık standartları, belirli sağlık bölgesine bağlı olarak tek bir sıcaklık veya bir aralık olarak verilir. Ameliyathanelerde genellikle daha düşük sıcaklık aralıkları (18-23°C), daha

yüksek derecede hasta konforu gerektiren mahallerde ise yüksek bir sıcaklığa (24°C) ihtiyaç vardır. Diğer mahallerde çoğunlukla 21-26°C sıcaklık aralığı kullanılmaktadır. Bu aralıkların dışındaki sıcaklıklara, hasta bakımı sırasında bireysel koşullara bağlı olarak bazen sınırlı alanlarda ihtiyaç duyulabilmektedir (örneğin, özel operasyonlar sırasında ameliyathanelerde daha düşük sıcaklıklar).

Sağlık personelinin konforu kadar ameliyatın türü de ameliyathane sıcaklığının belirlenmesinde önemli bir etkendir. Örneğin uzun süren kalp ameliyatlarında, ameliyat 15-16°C'de başlamakta ancak ameliyat esnasında oda sıcaklığı 25°C'ye kadar yükseltilmektedir. Organ nakli ameliyatlarında ise ameliyathane sıcaklığı ortalama 16°C olarak belirlenmektedir. Ancak pediatri ameliyatlarında çocukların düşük sıcaklıklardan daha çok etkilenmesi nedeniyle ameliyathane sıcaklığı 30°C civarında olabilmektedir. Düşük sıcaklıktan dolayı hastanın hipotermiye girmesini engellemek için ameliyat personeli tarafından ameliyathane sıcaklığı uygun seviyede ayarlanmalıdır. Araştırmalara göre ameliyat esnasında 21°C'den düşük sıcaklıklarda hastanın hipotermiye girme riskinin arttığı görülmektedir [35].

Ameliyahanelerin sıcaklığı için standart ve kılavuzlara bakıldığında; ASHRAE yönergesi ve NBR 7256'da 20-24°C, AIA, CDC ve HICPAC yönergelerinde 20-23°C, DIN 1946/4 ve NF S90 standartlarında 19-26°C, VDI 2167 kılavuzunda 18-24°C ve UNE 100713 standardında 22-26°C sıcaklık aralıkları önerilmektedir.

3.2. Bağıl Nem

Virüslerin bulaşımında nem ve sıcaklığın etkisi üzerine yapılan araştırmalarda, % 40'tan düşük ve %80'den yüksek bağıl nem değerinde virüsün bulaşma riskinin orta bağıl nem değerine kıyasla daha yüksek olduğu belirtilmektedir.

%23 oranında düşük bağıl nemde influenza virüsü, maksimum verimliliğini (%71 - %77) sağlamakta ve virüs %43 bağıl nemde öksürükten 60 dakika sonra hızla inaktive olarak %16 - %22 verimlilik değerlerine düştüğü gösterilmektedir [45].

Hava nemi mekan hijyeni ve termal konfor koşulları ile yakından ilgili olduğu için kabul edilebilir seviyelerde tutulmalıdır. Nem kontrolü çoğunlukla, uygun ekipman ve kontroller kullanılarak havalandırılan havanın su içeriğini azaltmak (nem giderme) veya

artırmak (nemlendirme) için arıtılmasıyla gerçekleştirilmektedir. Yüksek nem seviyeleri, su molekülleri üzerinde kolayca havayla taşınabilen bakterilerin büyümesini ve transferini kolaylaştırmaktadır.

Yüksek nem seviyeleri termal rahatsızlığa neden olmaktadır. Havalandırma gereksinimleri nem kontrolünü etkilemektedir. Düşük nem seviyeleri (kuru hava), ameliyat sırasında istenmeyen bir durum olan kan pıhtılaşmasını kolaylaştırmaktadır. Ameliyathanede elektrikli ekipmanın yoğun kullanımı ile düşük nem seviyeleri, tıbbi ekipman ve yüzeylerde statik elektrikle ilgili sorunlara neden olabilmektedir. Ayrıca, ortamda yanıcı gazlar bulunabileceğinden, bu durum yangın tehlikesi bile oluşturabilmektedir. Uluslararası yönetmeliklere ve standartlara göre önerilen iç ortam bağıl nem seviyeleri ortalama %30-60 aralığındadır. Çoğu düzenleme, yanıcı anestezik gazların kullanımının mümkün olduğu ameliyathanelerde, uçucu sıvıların sıklıkla kullanıldığını ve statik elektrik birikimini önlemek için nem oranını yaklaşık %60'da tutması gerektiğini belirtmektedir. Ameliyathanelerde yüksek bağıl nem oranı, hava kuruluğu olmasının istenmediği göz hastalıkları ve yanık tedavisi gibi ameliyatlarda tercih edilmektedir.

3.3. Filtrelendirme

Hastane iklimlendirme sistemlerinin temel olarak sağlaması gereken özellik, mahale gelen havanın partikül ve mikroorganizmalardan arınmış olarak ulaşmasıdır. Bu durum da ancak hava mahale girmeden çeşitli kademelerde filtrelerden geçirilerek sağlanmaktadır. Bu yüzden gerekli hava kalitesini elde etmek için filtre seçimini iyi yapmak gerekmektedir [36].

Hastanelerde kullanılan filtreler genellikle üç kademeden oluşmaktadır; Birinci kademede ön filtreler, ikinci kademede hassas filtreler ve üçüncü kademede yüksek verimli HEPA filtreler kullanılmaktadır. UVGI kullanımı ise filtreleme işleminde sonra kabul edilmektedir. Ancak UVGI kullanımının tek başına hava temizliği için bir çözüm olmadığı, filtrelemeye yardımcı olarak kullanılması gerektiği vurgulanmaktadır.

Dünyada kullanılan standart ve kılavuzlara bakıldığında;

- ASHRAE standartlarında; ameliyathane, tedavi, izolasyon odaları gibi hijyen gereksinimi yüksek mahallerde MERV (Minimum Efficiency Reporting Value) 7 (min.

%50 verimlilik) ve MERV 14 (min. %95 verimlilik) filtre sınıfları ile 2 kademe olarak filtre önermektedir.

- DIN 1946-4 standardı, hijyen ihtiyacı yüksek odalarda 3 kademeli filtre; 1. kademe ISO ePM1 ≥%50, 2. kademede ISO ePM1 ≥%80 ve 3. kademede en az H13 sınıfı HEPA filtre, 2. Sınıf odalarda ise 2 kademeli filtre kullanılmasını önermektedir.

- VDI 2167 standardı, ameliyathanelerde 3 kademeli; 1. kademe F7, 2. kademe F9 ve 3. kademede H13 sınıfı HEPA filtre kullanılmasını önermektedir.

- NF S90 standardı ise ameliyathanelerde 4 kademeli; 1. kademe G4, 2. kademe F6, 3. kademe F7 ve 4. kademede H13 sınıfı HEPA filtre kullanılmasını önermektedir.

3.4. Basınçlandırma

Basınçlı bölge özelliklerini; hava debisi, havanın akış yönü ve basıncı, sızdırma boşlukları oluşturmaktadır. Farklı basınç bölgeleri belirlenirken, odalar arası hava akışı "yüksek temizlik ihtiyacı gerektiren mahallerden, normal temizlik ihtiyacı olan mahallere doğru olabilir" prensibinden dolayı, hijyenik odalarda pozitif (+) basınç, kirli odalarda ise negatif (-) basınç bölgeleri oluşturulmaktadır. Ameliyathaneler de aynı şekilde enfeksiyonel durum söz konusu olduğunda negatif basınç, ameliyathane aseptik durumda ise pozitif basınç altında olması gerekmektedir.

Ameliyathaneler hastanelerdeki en temiz ortamların başında gelmektedir. Havayı daima temiz ortamdan daha az temiz ortama akışını sağlamak için ameliyathaneler pozitif basınçta tutulmalıdır. Ameliyatın gerçekleştirildiği ameliyathaneye yalnızca ameliyathane ile bağlantısı bulunan steril malzeme odalarından hava akışına izin verilmektedir. Çünkü steril malzeme odaları da en az ameliyathaneler kadar steril bir şekilde muhafaza edilmektedir.

Mahaller arası basınç farkı için standart ve kılavuzlara bakıldığında; ASHRAE, AIA, CDC ve HICPAC yönergelerinde min. 2,5 Pa, DIN standardında 2,5-12 Pa, NF S90 standardında 15 ± 5 Pa, NBR 7256 standardı 5 Pa basınç farkı olması gerektiğini söylemektedir. DIN 1946-4 standardında mahaller arasındaki olması gereken basınç farkları [29];

- Oda Sınıfı Ia operasyon odalarında 2,5 – 7,5 Pa aralığında,

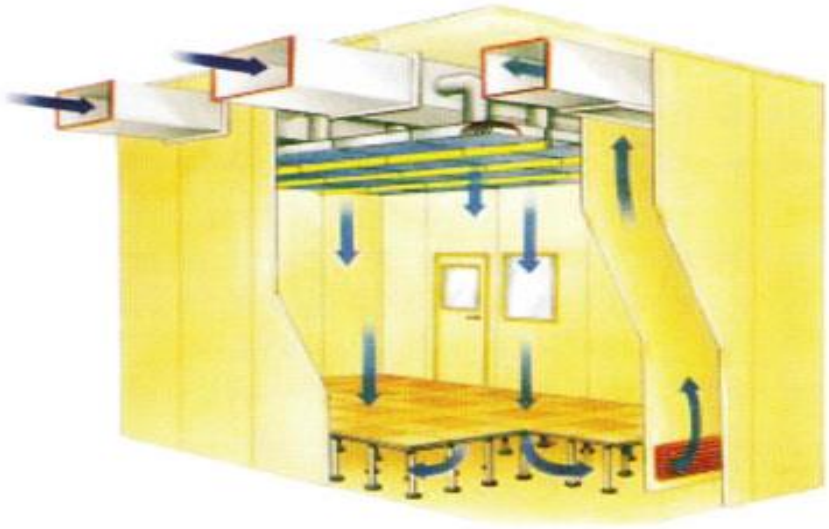
- Oda Sınıf Ib operasyon odalarında minimum 6 Pa basıncında,
- Yoğun bakım odalarında minimum 6 Pa basıncında,
- İzolasyon odalarında ise maksimum -6 Pa basıncında tutulmalıdır.

3.5. Hava Akışı

3.5.1. Hava akış modelleri [30]

1. Temiz odalarda hava akış modeli, tek yönlü hava akışı ve tek yönlü olmayan hava akışı olarak sınıflara ayrılmaktadır. Bu iki şekildeki hava akışının beraber kullanılması durumunda ise karışık hava akışı olarak adlandırılmaktadır. ISO Sınıf 5'in temiz odalar için hava akış modelleri ve işletmedeki temizleyicileri genellikle tek yönlüdür. Tek yönlü olmayan ve karışık akış ISO Sınıf 6 ve daha az temiz odalar için tipik akıştır ve daha düşük temizlikte çalışmaktadır.

2. Tek yönlü hava akışı dikey veya yatay olabilir. Tek yönlü hava akışının iki tipi de son filtre edilmiş hava kaynağına bağlıdır. Karşılıklı hava dönüş girişleri mümkün olduğunca doğrusal akış düzeninde hava akımı sağlamaktadır. İki tasarımda da önemli olan tasarım özelliği, hava akış düzeninin mümkün olduğunca az bozulma kabiliyeti olmasıdır.



Şekil 3.1. Laminer akışlı temiz oda [46]

3. Tek yönlü olmayan hava akışlı temiz odalarda, hava, giriş düzleminde çoklu dağıtım pozisyonunda yer alan filtre çıkışlarından girmekte ve uzak bölgelerden geri dönmektedir. Tek yönlü olmayan hava akış sistemlerinde dönüş havası konumları tek

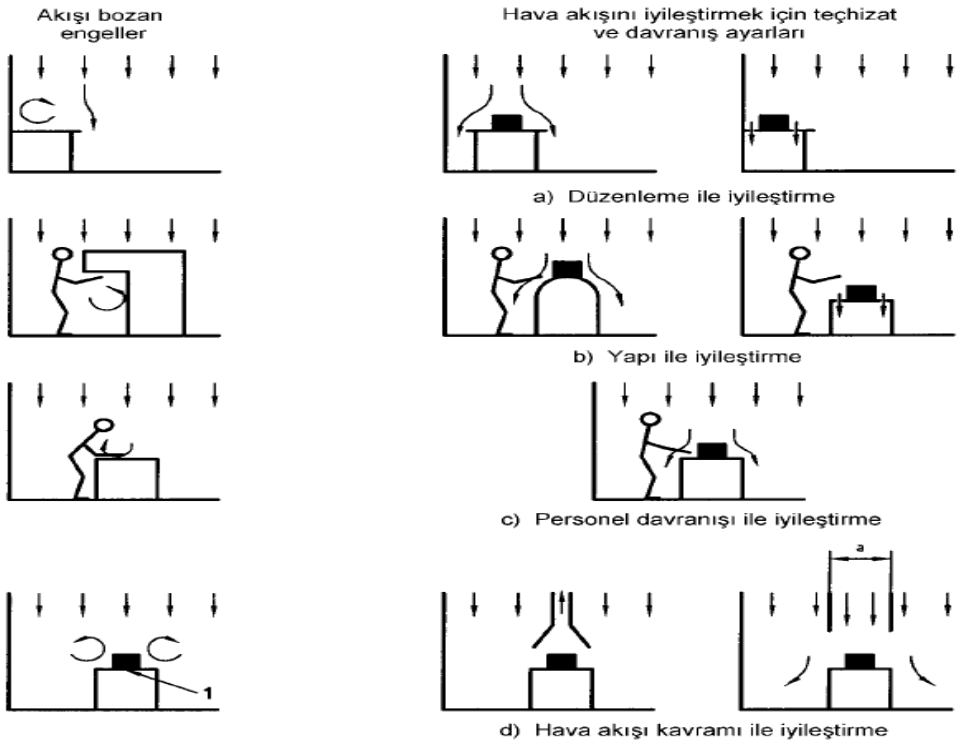
yönlü hava akış uygulamalarındaki kadar kritik değildir. Temiz odalarda ölü bölgeleri asgariye indirmek için dönüşlerin dağıtılmasına dikkat edilmelidir.



Şekil 3.2. Türbülans akışlı temiz oda [46]

3.5.2. Tek yönlü hava akışını bozan unsurlar

Tek yönlü hava akışlı temiz odalarda, kirliliğe karşı hassas faaliyetlerin çevresinde ciddi türbülansın önlenmesi için proses cihazları, işletme prosedürleri, personel hareketleri ve ürün taşıma gibi fiziksel engellere dikkat edilmelidir. Akışı bozan unsurlardan ve farklı çalışma istasyonları arasında kirlenme geçişlerinden sakınmak için uygun tedbirler alınmalıdır. Şekil 3.3'te fiziksel engellerin etkileri (solda), ve bu etkileri asgari seviyeye indirmek için alınabilecek uygun tedbirler (sağda) gösterilmiştir [30].



Şekil 3.3. Tek yönlü hava akışında personelin ve malzemelerin etkisi [30]

3.5.3. Egzoz Havası Çıkışları

Hava yolu enfeksiyon izolasyon odaları, bronkoskopi, pentamidin uygulama odaları, acil servis halka açık bekleme alanları, nükleer tıp sıcak laboratuvarları, akciğer grafisi bekleyen hastaların tanı için programlanmış radyoloji bekleme odaları, solunum yolu hastalıkları, eczane tehlikeli-ilaç egzoz muhafazaları ve laboratuvar çalışma alanından hava tahliyesi yapan egzoz çıkışları;

a. Bina içindeki tüm kanallar negatif basınç altında olacak şekilde tasarlanmalıdır.

b. Egzoz havasının binaya geri sirkülasyon potansiyelini azaltacak şekilde yerleştirilmelidir.

Laboratuvar çalışma alanı kimyasal davlumbazlarından egzoz tahliye çıkışları, en az 1.180 L/s hızla tahliye olacaktır. Gerekli basınç ilişkilerine sahip mahallere, tamamen kanallı geri dönüş sistemleri veya tamamen kanallı egzoz sistemleri kullanılmalıdır. İnvaziv prosedürler için kullanılan odaların egzoz havası menfezleri zemin seviyesine yakın olmalıdır. Anestezi tahliyesi ve diğer özel uygulamalar için egzoz menfezlerinin tavana monte edilmesi uygun olmaktadır.

3.6. Hava Değişim Sayıları ve Hava Hızı

3.6.1. Hava Değişim Sayısı

Hastane odalarında istenen hava kalitesini sağlamak için mahale taze dış hava sağlanmalıdır. Bu taze hava sayesinde mahaldeki kimyasal gaz ve aseptik organizmaların oranı da düşürülmektedir. Bu nedenle hava değişim sayısı ve dış hava değişim oranı istenen hava kalitesini sağlamak için çok önemlidir. Yüksek hijyen gerektiren hastane odalarında %100 taze hava ile çalışan iklimlendirme sistemleri kullanılmaktadır.

Havadaki mikrop konsantrasyonu açısından bir ameliyathanenin gereksinimlerinin belirlenmesi, müdahalelerin türüne, sürelerine, günlük programa, mevcut kişi sayısına ve hasta koşullarına bağlı olarak hesaplanmaktadır.

Ameliyathanelerde saatteki minimum hava değişim sayıları; ASHRAE ve DIN standartlarında 20, AIA, CDC-HICPAC ve UNE100713 yönergelerinde 15, NBR 7256 standardında 25 ve NF S90 standardı için 50 olarak belirlenmiştir. VDI 2167 standardına göre taze hava miktarı minimum 100 (m^3/h x kişi), UNE 100713 standardına göre ise minimum 1.200 m^3/h olmalıdır.

3.6.2. Hava Hızı

Ameliyathanelerde yüksek hızlarda hava beslemesi yapıldığında kuruluğa neden olmakta ve istenmeyen sonuçlar ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle hava hızı iklimlendirme parametrelerinde önemli bir faktördür.

Yapılan deneylere göre, yüksek hijyen gereksinimi olan ameliyathaneler için, bir hava karışımı difüzyon sistemi ile donatıldığında minimum 2.400 m^3/saat (667 l/s) hava akışını sağlamak gerekmektedir [33].

Bu sözde referans akış hızı, havadaki k_R* ortalama mikrop konsantrasyonuna tekabül eder, yalnızca ameliyathanede üretilir ve içindeki farklı noktalar arasında büyük bir fark yoktur. Kullanılan hava difüzyon sistemine bağlı olarak, koruma bölgesinde μ_s kirlilik derecesi ile havadaki k_R* ortalama mikrop konsantrasyonuna ulaşılabilir [33].

Kirlenme derecesi μ_s, $\frac{k_S}{k_R}$ bağıntısı ile tanımlanır:

k_S : koruma bölgesindeki (operasyon alanı) havadaki ortalama mikrop konsantrasyonudur.

k_R : hava akışı C_1 ile ameliyathane havasındaki ortalama mikrop konsantrasyonudur.

Farklı hava difüzyon sistemleri arasında bir karşılaştırma yapmak için, aşağıdaki denklemle tanımlanan bağıl mikrop konsantrasyonu olarak adlandırılan sistemin bağımsız bir büyüklüğü dikkate alınmaktadır:

$$\varepsilon_S = \frac{k_S}{k_{R*}} = \mu_S \frac{k_R}{k_{R*}} = \mu_S \frac{{C_1}^*}{C_1}$$

k_R* : 2400 m^3/h (667 l/s) hava akışı ile ameliyathanedeki ortalama mikrop referans konsantrasyonudur.

${C_1}^*$: tahrik edilen referans hava akımı 2.400 m^3/h (667 l/s)

C_1 : gerçek hava akışıdır.

Koruma bölgesindeki kirlilik derecesi μ_s, önceden belirlenmiş çalışma koşulları için, sadece difüzyon sistemine değil, aynı zamanda diğer parametrelere, özellikle hava akış hızının kendisine bağlıdır. Bu nedenle minimum hava akış hızı sadece deneysel olarak belirlenebilmektedir.

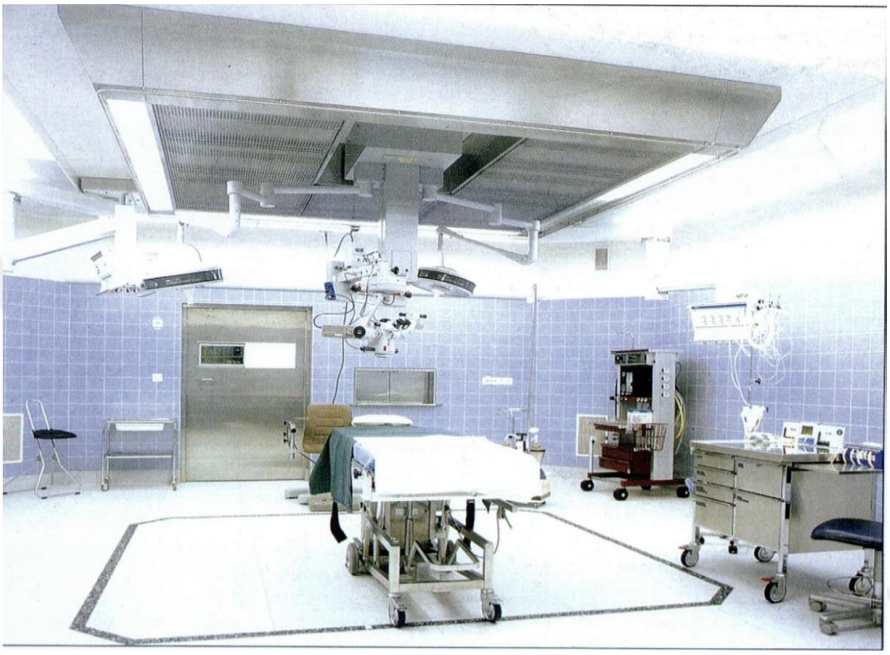
Bir hava karışımlı difüzyon sistemi için ispata gerek kalmadan μ_s = 1 olduğu varsayılır; μ_s < 1 valonları tahlille kontrol edilmelidir. Koruma alanı içindeki bağıl mikrop konsantrasyonundaki izin verilen maksimum değerler ε_{SI} için önceden tanımlanmıştır:

- A tipi ameliyathaneler (örneğin organ nakilleri, açık kalp ameliyatları, eklem replasmanı): ε_{SI} = 2/3.
- B tipi ameliyathaneler : ε_{SI} = 1.

Göreceli mikrop konsantrasyonu, koruma bölgesindeki havanın hijyenik kalitesinin bir indeksi olarak düşünülmektedir. Bu değerler yukarıda belirtildiği gibi önceden tanımlanmaktadır. Bu nedenle ve yukarıda belirtilenlere dayanarak, besleme yapılacak minimum hava akışı şu ifadeyle elde edilebilir:

$$C_{I,min} = {C_I}^* \frac{\mu_S}{\varepsilon_{SI}} = 2400 \frac{\mu_S}{\varepsilon_{SI}} \ [m^3/\text{h}]$$

Dünyada kullanılan bütün hastane standartları tarafından ameliyathanelerde, laminer ve dikey hava akış sistemi önerilmektedir. Hava hızları ise; VDI 2167 standardında 0,20-0,24 m/s, ASHRAE standartında 0,13-0,18 m/s, NFS90 standartında 0,25–0,35 m/s, DIN 1946-4 standardında 0,25-0,275 m/s, ISO ve CDC-HICPAC yönergelerinde 0,3-0,5 m/s hızı tavsiye etmektedir. Bu laminer hava akışını sağlayan sistem Şekil 3.4'te gösterilmektedir.



Şekil 3.4. Laminer Akış Ünitesi ve Ameliyathane Ortamı [11]

3.7. Ses Basıncı

Ameliyathanelerde kullanılan laminer hava cihazları yüksek kapasitelerde çalıştığından yüksek ses seviyelerinde çalışabilmektedir. Normal koşullarda insanlar için gürültü konfor şartlarını sağlamak için ses basınç seviyesi 65 dB değerini aşmamalıdır. Ameliyathanelerde; DIN 1946-4, VDI 2167 ve NF S90 standartlarına göre ses seviyesi 48 dB, ASHRAE standartına göre 40-50 dB, ISO standardı 55-65 dB, UNE 100713 standardına göre ise 40 dB değerini aşmamalıdır.

3.8. Parametrelerin Standartlara Göre Karşılaştırılması

3.8.1. Ameliyathane

Hastanelerde, hijyen açısından en önemli mahallerin başında ameliyathaneler gelmektedir. Ameliyathane havası mikroorganizmalar, toz, aerosol, cilt yassı epitel hücreleri ve solunum damlacıkları içerebilir. Ameliyathane havasındaki mikrobiyal seviye, odada hareket eden kişi sayısı ile doğru orantılıdır. Ameliyathanede uygun havalandırma, nem ve sıcaklık kontrolü, sadece cerrahi personelin ve hastaların konforu için değil, aynı zamanda mikroorganizmaların üremesini ve bulaşmasını teşvik eden çevresel koşulların önlenmesi bakımından önem arz etmektedir. Özellikle uzun süren ameliyatlar göz önüne alındığında ameliyatı yapan sağlık çalışanlarının konforu büyük önem kazanmaktadır.

Ameliyathanede yapılan tüm işlemler için aseptik alan gerekmektedir. Anestezi, ortamda anestezik gazların uygulanması için yeterli cihazların bulunması ve fazla anestezik gazların çıkarılması ve ortadan kaldırılması için bir sistemin mevcut olması koşuluyla ameliyathanede uygulanabilir. Ortamın aseptik koşullarını korumak için, klima ekipmanı kullanılmadığı zaman bile kapatılamamaktadır. Dönüş havası, odanın çevresinin dört köşesinde, bu mümkün değilse en azından karşılıklı köşelerde bulunan menfezler tarafından sağlanmalıdır. Egzoz edilen havanın yaklaşık %70'i, alt kenarları zeminden 20 cm yukarıda olacak şekilde, geri kalanı ise üst kenarı tavandan 10 cm aşağıda veya tavanda köşelere yakın olacak şekilde menfezler tarafından sağlanmalıdır.

Dünyada yaygın olarak kullanılan iklimlendirme standart ve kılavuzlarının ameliyathaneler için geçerli olan parametre değerleri Tablo 3.1'de gösterilmektedir.

Standartlardaki parametre değerleri karşılaştırıldığında; sıcaklıkların ortalama 20-24 °C aralıklarında olduğu, bağıl nemin çoğunlukla %30 - %60 aralığında istendiği ancak İspanya ve Fransa standartlarında %45 - %55 ve %45 - %65 gibi daha dar aralıklarda istendiği, filtre kademelerinin genellikle 3 kademeden oluşması gerektiği, laminer akış hızının ASHRAE standardında 0,20 m/s'den düşük diğer standartlarda 0,2-0,3 m/s aralıklarında istendiği, her standartta ameliyathanenin minimum 2,5 Pa (+) basınçta olması gerektiği ve saatteki hava değişim sayısının 15 – 20 kez gerektiği görülmektedir.

Tablo 3.1. Ameliyathane Parametrelerinin Standartlara Göre Karşılaştırılması

Standart	Sıcaklık (°C KT)	Bağıl Nem (%)	Filtre Kademeleri	Hava Hızı (m/s)	Hava Dağılımı	Basınç / Mak. Ses basıncı (dB)	Minimum Hava Değişim Sayısı (saatte)
ASHRAE	20-24	20-60	2 kademeli; MERV 7, MERV 14	0,13-0,18	Laminer/ Dikey	Min 2,5 Pa (+)	20
DIN	19-26	30-65	3 kademeli; ISO ePM1 ≥ 50 %, ISO ePM1 ≥ 80 %, H13	0,225 - 0,275	Laminer/ Dikey	2,5-7,5 Pa (+) / 48 dB	20
ISO	-	30-65	3 kademeli	0,3-0,5	Laminer/ Dikey	(+) / 55-65	-
AIA	20-23	30-60	2 kademeli; >%30, %99.97	-	Laminer/ Dikey	Min. 2,5 Pa (+)	15
NBR 7256	20-24	Mak. 60	3 kademeli; G4, F8, ISO35H	0,2 – 0,3	Laminer/ Dikey	5 Pa (+)	25
VDI 2167	18-24	30-50	3 kademeli; F7, F9, H13	0,20-0,24	Laminer/ Dikey	(+) / 48	>100(m^3/h . kişi)
CDC - HICPAC	20-23	30-60	3 kademeli; >%30, >%90, >%99.97	0,30-0,50	Laminer/ Dikey	Min 2,5 Pa (+)	15
NF S90	19-26	45-65	4 kademeli; G4, F6, F7, H13	0,25-0,35	Laminer/ Diker	15 ± 5 Pa (+) / 48 dB	25
UNE 100713	22-26	45-55	3 kademeli; F5, F9, H13	-	Laminer/ Dikey	(+) / 40	1.200 m^3/h

3.8.2. İzolasyon Odaları (AIIR)

Yataklı sağlık tesisleri, hava yoluyla bulaşan bulaşıcı hastalığı olan hastaları barındırmak için donatılmış en az bir odaya ihtiyaç duymaktadır. Bu odalar bireysel bakım üniteleri içinde yer alabilir ve izolasyon gereksinimi olmadığında normal hasta odası olarak kullanılabilir. Her izolasyon odasında yalnız bir yatak bulunmalı ve ayrıca aşağıdaki maddelere uygun olmalıdır:

- Her hava yoluyla bulaşan enfeksiyon izolasyon odasında, odanın giriş kapısının hemen dışında veya hemen içinde, el yıkama, giyinme, temiz ve kirli malzemelerin saklanması için bir alan olmalıdır.
- İzolasyon odalarındaki bütün hava doğrudan dışarıya egzoz edilmelidir. Egzoz kanalında HEPA filtre kullanılması durumunda hava sirkülasyonu yapılabilir.
- İzolasyon odalarından egzoz çıkışları çatı seviyesinden en az 3 metre yukarıda egzoz edilecektir.
- İzolasyon odası çevre duvarları, tavanı ve geçişler dahil zeminler, havanın çevreye dışarıdan veya diğer mahallerden sızmaması için sıkıca kapatılmalıdır.
- Tüm oda çıkış kapıları kendiliğinden kapanan cihazlara sahip olmalıdır.
- Odalarda, hava yoluyla bulaşan bulaşıcı hastalığı olan hastalar tarafından işgal edildiğinde, odanın basınç durumunu sürekli olarak izlemek için kalıcı olarak yerleştirilmiş bir görsel mekanizma bulunmalıdır. Mekanizma, hava akışının yönünü sürekli olarak izlemelidir.

Dünyada yaygın olarak kullanılan iklimlendirme standart ve kılavuzlarının izolasyon odaları için geçerli olan iklimlendirme parametre değerleri Tablo 3.2'de gösterilmektedir.

İzolasyon odaları için dünya standartları karşılaştırıldığında; sıcaklıkların genellikle 21-24°C veya 22–26°C aralığında istendiği, bağıl nem oranının sadece İspanya standardında %45-%55 aralığında diğer standartlarda %30-%60 aralığında uygun görüldüğü, filtre kadeBir hastalmelerinin çoğunlukla 2 kademeden oluştuğu ancak İspanya ve Brezilya standartlarında 3 kademeli filtreleme talep edildiği, mahal basıncının negatif ve (-2,5) – (-6) Pa aralığında olması ve saatteki minimum hava değişim sayısının ise 12 olması gerektiği görülmektedir.

Tablo 3.2. İzolasyon Odası Parametrelerinin Standartlara Göre Karşılaştırılması

Standart	Sıcaklık (°C KT)	Bağıl Nem (%)	Filtre Kademeleri	Hava Dağılımı	Basınç / Mak. Ses basıncı (dB)	Minimum Hava Değişim Sayısı (saatte)
ASHRAE	21-24	Mak.60	2 kademe; MERV 7, MERV 14	Karışık akışlı	2,5 Pa (-)	12
DIN	22-26	30-65	2 kademeli; ISO ePM1 ≥ 50 %, ISO ePM1 ≥ 80 %	Karışık akışlı	6 Pa (-) / 48 dB	≥ 100 m³ / (kişi x saat)
AIA	24	-	2 kademeli; >%30, >%90	Karışık akışlı	2,5 Pa (-)	12
NBR 7256	20-24	Mak.60	Sirkülasyon olmazsa kademeli; G4, F8. Sirkülasyon olursa 3 kademeli; G4, F8, ISO35H	Karışık akışlı	5 Pa (-)	12
VDI 2167	22-26	30-60	2 kademeli, G4+F7, F9	Karışık akışlı	6 Pa (-)	12
CDC - HICPAC	21-24	30-60	2 kademeli; >%30, >%90	Karışık akışlı	2,5 Pa (-)	12
UNE 100713	24-26	45-55	3 kademe; F5, F9, H13	Karışık akışlı	P (-)	1.200 m³/h

3.8.3. Yoğun Bakım Odaları

Yoğun bakım odası, ciddi hayati risk taşıyan hastaların iyileştirilmesini amaçlayan, ileri teknolojiye sahip cihazlarla donatılmış, yaşamsal fonksiyonların izlendiği, hasta takip ve

tedavisinin 24 saat esasına dayalı olarak kesintisiz sağlandığı birimlerdir [38]. Yoğun bakım birimi aşağıdaki maddelere uygun olarak dizayn edilmelidir:

- Acil bakım, solunum tedavisi, laboratuvar, radyoloji, cerrahi ve diğer temel bölümlerden kolay erişim sağlamalıdır. Acil tıbbi resüsitasyon ekipleri, acil çağrılara minimum sürede ulaşacak şekilde yerleştirilmelidir.
- Her bir hasta alanı, minimum 3,96 metre baş duvar genişliği ile en az 18,58 m^2 temiz zemin alanına sahip olmalıdır..
- Her birimde, yatak başında ve hemşire istasyonunda her hasta için görsel ekranlar ile sürekli izleme için ekipman içermelidir. Monitörler, kolay görüntüleme ve erişime izin verecek, ancak hastaya erişimi engellemeyecek şekilde yerleştirilmelidir.

Genel yoğun bakım ünitelerinde önerilen sıcaklıkta 20°C ile 26°C arasında geniş bir değişiklik vardır. ASHRAE, AIA ve CDC-HICPAC standartlarının tavsiyeleri 21–24°C aralığını, DIN ve VDI standartları 22-26°C aralığını, Brezilya NBR standardı 20–24°C aralığını tavsiye ederken, İspanya UNE standardı 24-26°C gibi dar bir aralık tavsiye etmektedir. Özel bir durum olan yanık tedavilerinde ise daha geniş bir sıcaklık aralığı (21–32°C) önerilmektedir. Bağıl nem değerlerinde ise çoğunlukla %30 - %60 aralığı tavsiye edilmekte ancak İspanya UNE standardında %45 - %55 aralığı uygun görülmektedir. Filtreleme işleminde İspanya standardında F5-F9 ve H13 olmak üzere 3 kademeli olarak kullanılması diğer standartlarda ise 2 kademeli hassas filtrelerden oluşması önerilmektedir. Standartlarda, mahalin pozitif olarak 2,5 – 6 Pa aralığında basınçlandırılması gerektiği ve saatlik hava değişim sayısının ise minimum 6 olacak şekilde hava beslemesinin yapılması uygun görülmektedir.

Dünyada yaygın olarak kullanılan iklimlendirme standart ve kılavuzlarının yoğun bakım odaları için geçerli olan iklimlendirme parametre değerleri Tablo 3.3'te gösterilmektedir.

Tablo 3.3. Yoğun Bakım Parametrelerinin Standartlara Göre Karşılaştırılması

Standart	Sıcaklık (°C KT)	Bağıl Nem (%)	Filtre Kademeleri	Hava Dağılımı	Basınç	Minimum Hava Değişim Sayısı (saatte)
ASHRAE	21-24	30-60	2 kademe; MERV 7, MERV 14	Karışık akışlı	P (+), P(-) veya nötr	6
DIN	22-26	30-65	2 kademeli; ISO ePM1 ≥ 50 %, ISO ePM1 ≥ 80 %	Karışık akışlı	6 Pa (+)	≥ 100 m³ / (hasta x saat)
AIA	21-24	30-60	2 kademeli; >%30, >%90	Karışık akışlı	P (+), P(-) veya nötr	6
NBR 7256	20-24	Mak.60	2 kademeli; G4, F8	Karışık akışlı	5 Pa (+)	6
VDI 2167	22-26	30-60	2 kademeli, G4+F7, F9 (özel koruma durumunda H13)	Karışık akışlı	5 Pa (+)	6
CDC - HICPAC	21-24	30-60	2 kademeli; >%30, >%90	Karışık akışlı	2,5 Pa (+)	6
UNE 100713	24-26	45-55	3 kademe; F5, F9, H13.	Karışık akışlı	P (+)	1.200 m³/h

3.8.4. Hasta Yatak Odaları

Her hasta odası aşağıdaki standartları karşılamalıdır:

- Azami oda kapasitesi iki hasta olacaktır. Tadilat çalışması yapılacak ve mevcut kapasite iki hastadan fazla ise azami oda kapasitesi mevcut azami dört hasta kapasitesinden fazla olmayacaktır. Yeni inşaatta; hasta odaları fonksiyonel programın ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde inşa edilecek ve çok yataklı odalarda yatak başına

minimum 9,29 m^2 boş alan ve tek yataklı odalar için taban alanı, tuvalet odaları, dolaplar, kilitli dolaplar, gardıroplar ve antre hariç 10,8 m^2 boş alan olmalıdır.

- Her hasta odasına hizmet verecek el yıkama istasyonları sağlanmalıdır. El yıkama istasyonu tuvalette bulunmalıdır. Yeni yapılarda, tuvalete ek olarak hasta odasında da el yıkama istasyonu bulunmalı ve hasta kabini perdesinin dışına, personelin erişebileceği şekilde yerleştirilmelidir.
- Yanık tedavisi hastalarının kaldığı odalar normal hasta odalarına göre yüksek risk seviyesindedir. Bu odalarda oda girişinden önce HEPA filtre kullanılmalıdır.

Hasta odaları; ameliyathane, yoğun bakım ve izolasyon odalarının aksine oda sınıfı 2'ye göre iklimlendirilmektedir. Temiz oda şartları aranmamaktadır.

Birçok hastanede, iyileşmekte olan hastaların kendi ortamlarını kontrol etmelerini sağlamak için VRF sistemleri kullanılmaktadır. VRF sistemi, soğutucu akışkanın çok sayıda ayrı ısıtma ve soğutma ünitelerine, ihtiyaç duyulduğu seviyede gönderilmesini sağlamaktadır. Bu, hasta odalarında sağlık ve konforu sağlamakta ve iyileşmeye katkıda bulunmaktadır. VRF sistemlerinin bir başka güzel yanı ise enerji tüketimini azaltmasıdır. VRF sistemi her bölge veya odada ihtiyaç duyulan yüke göre doğru seviyede çalışmaktadır. Bunun sayesinde sistem ihtiyaç duyulmayan yerlerde enerji israfı yapmamaktadır.

Dünya standartları hasta odaları için karşılaştırıldığında; oda sıcaklığının 21-24°C veya 22–26°C aralığında istendiği, bağıl nem oranının sadece İspanya standardında %45-%55 aralığında diğer standartlarda %30-%60 aralığında uygun görüldüğü, filtrelemenin her standartta 2 kademeli yapılmasının yeterli olduğu, odanın basınçlandırılmasının DIN, Brezilya NBR ve CDC-HICPAC standartlarında pozitif olarak basınçlandırılması gerektiği diğer standartlarda pozitif, negatif veya nötr olabileceği, saatteki hava değişim sayılarının ise ASHRAE standardında minimum 4, AIA ve NBR standartlarında minimum 6 olarak yapılması gerektiği değerlendirilmektedir.

Dünyada yaygın olarak kullanılan iklimlendirme standart ve kılavuzlarının hasta yatak odaları için geçerli olan iklimlendirme parametre değerleri Tablo 3.4'te gösterilmektedir.

Tablo 3.4. Hasta Odaları Parametrelerinin Standartlara Göre Karşılaştırılması

Standart	Sıcaklık (°C KT)	Bağıl Nem (%)	Filtre Kademeleri	Hava debisi (m^3/saat)	Hava Dağılımı	Basınç	Min. Hava Değişim Sayısı
ASHRAE	21-24	Mak.60	2 kademe; MERV 7, MERV 14	-	Karışık akışlı	P (+), P(-) veya nötr	4
DIN	24-26	30-60	2 kademeli; ISO ePM1 ≥ 50 %, ≥ 80 %	Min 40	Karışık akışlı	P (+)	-
AIA	21-24	-	2 kademeli; >%30, >%90	-	Karışık akışlı	P (+), P(-) veya nötr	6
NBR 7256	22-26	Mak.60	2 kademeli; G4, F8	-	Karışık akışlı	5 Pa (+)	6
VDI 2167	22-26	30-60	2 kademeli; G4+F7, F9	Min. 36	Karışık akışlı	P (+), P(-) veya nötr	-
CDC - HICPAC	21-24	-	2 kademeli; >%30, >%90	-	Karışık akışlı	5,8 Pa (+)	12
UNE 100713	24-26	45-55	2 kademeli; F5, F9	Min. 54	Karışık akışlı	P (+), P(-) veya nötr	-

3.8.5. Tanı / Tedavi (Görüntüleme) Odaları

Teşhis/Tanı birimleri; anjiyografi, MRI, kardiyak kateterizasyon laboratuvarı, nükleer tıp, radyasyon terapisi, PET, CT, radyoloji, floroskopi, mamografi ve benzer cihazlar, hastaların tanı, tedavi takibinde kullanılmaktadır. Tanı odalarının büyüklüğü, medikal cihazların imalatçı firmalarının isterlerine göre belirlenmelidir. Örnek alanlar [37] :

- Radyografi ve stereotaktik mamografi odaları en az 16 m^2,
- Tomografi ve Radyografi/Floroskopi odaları en az 23 m^2,
- Simülatör odası en az 24 m^2, Akseleratör odaları için asgari büyüklük, bölmeler dahil 60 m^2, kobalt odaları için ise 40 m^2 olmalıdır. Birden fazla yatağın bulunduğu tedavi odalarında bölme başına asgari 7 m^2 alan temin edilmelidir.

Dünya standartları tanı/tedavi odaları için karşılaştırıldığında; oda sıcaklığının ASHRAE ve CDC-HICPAC standartlarında 21-24°C, DIN ve Brezilya NBR standartlarında 22–26°C aralığında istendiği, bağıl nem oranının ASHRAE standardında %20 - %60 aralığında olması, Brezilya NBR standardında maksimum %60 bağıl nem olması gerektiği belirtilmiş diğer standartlarda ise belli bir oran belirtilmemektedir. Filtrelemenin her standartta 2 kademeli yapılmasının yeterli olduğu, odanın basınçlandırılmasının Brezilya NBR ve CDC-HICPAC standartlarında pozitif olarak basınçlandırılması gerektiği diğer standartlarda pozitif, negatif veya nötr olabileceği, saatteki hava değişim sayılarının ise ASHRAE, AIA ve NBR standartlarında minimum 6, CDC-HICPAC kılavuzunda ise minimum 12 olarak yapılması gerektiği değerlendirilmektedir.

Dünyada yaygın olarak kullanılan iklimlendirme standart ve kılavuzlarının tanı / tedavi odaları için geçerli olan iklimlendirme parametre değerleri Tablo 3.5'de gösterilmektedir.

Tablo 3.5. Tedavi Odaları Parametrelerinin Standartlara Göre Karşılaştırılması

Standart	**Sıcaklık (°C KT)**	**Bağıl Nem (%)**	**Filtre Kademeleri**	**Hava akışı (m^3/ kişi x saat)**	**Hava Dağılımı**	**Basınç**	**Minimum Hava Değişim Sayısı**
ASHRAE	21-24	20-60	2 kademeli; MERV 7, MERV 14	-	Karışık akışlı	P (+), P(-) veya nötr	6
DIN	22-26	-	2 kademeli; ISO ePM1 ≥ 50 %, ISO ePM1 ≥ 80 %	Min. 40	Karışık akışlı	P (+), P(-) veya nötr	-
AIA	24	-	2 kademeli; >%30, >%90	-	Karışık akışlı	P (+), P(-) veya nötr	6
NBR 7256	22-26	Mak.60	2 kademeli; G4, F8	-	Karışık akışlı	5 Pa (+)	6
CDC - HICPAC	21-24	-	2 kademeli; >%30, >%90	-	Karışık akışlı	5,8 Pa (+)	12
UNE 100713	24-26	-	2 kademeli; F5, F9	Min. 10	Karışık akışlı	P (+), P(-) veya nötr	-

4. SONUÇLAR

2019 yılında ortaya çıkan SARS-CoV-2 virüsünün etkileri günümüze kadar devam etmiş olup bu süreçte tüm dünyayı negatif olarak etkilemiştir. COVID-19 virüsünün yayılmasına karşı; maske takmak, sosyal mesafe, kapalı alanların sık olarak havalandırılması, yer ve yüzeylerin dezenfekte edilmesi, ellerin sık sık yıkanması gibi önlemler uygulanmaktadır. Ancak COVID-19 virüsü hem havadan hem de temas yoluyla bulaşabildiği için bu önlemler kapalı alanlarda yayılımı engellemek için kesin çözüm olamamaktadır. Hastanelerde bulunan pozitif vakalı hastalar, havalandırma sisteminde yeterli önlemler alınmadığında hastane içindeki virüs yayılımını kolaylaştırmaktadır. Özellikle yüksek hijyen gerektiren ve enfeksiyona karşı bağışıklığı düşük hastaların bulunduğu mahallerde havalandırma sistemine özen gösterilmelidir.

COVID-19 gibi hava yolu ile bulaşabilen virüslerin yaygın olduğu dönemlerde hastane mahallerinin %100 dış taze hava ile beslenmesi önerilmektedir. Ayrıca pandemi dönemi izolasyon odalarındaki havanın %100'ü doğrudan dışarıya egzoz edilmesi tavsiye edilmektedir.

Hastaneler, pandemi zamanlarında yüksek risk taşıdığından iklimlendirme sistemlerinin önemi de bir kat daha artmaktadır. Çoğu iklimlendirme sisteminde sıcaklık ve bağıl nem kriterlerine göre dizayn yapılırken, hastanelerde uygulanan iklimlendirme sistemlerinde; sıcaklık, bağıl nem, filtreleme, basınçlandırma, hava akışı, hava değişim sayısı ve hava hızı gibi parametreler ön plana çıkmaktadır. Bu parametreler her mahal için ayrı olarak değerlendirilmeli personel konforu ve hasta sağlığına uygun değerler belirlenmelidir.

Hastanelerde ameliyathaneler enfeksiyon kapma riskinin yüksek olduğu bölümlerdir. Bu yüzden hijyen gereksinimi en yüksek ve iklimlendirmesi en karmaşık odalardan birisi ameliyathanelerdir. Ameliyathanelerde uzun süren operasyonlar göz önüne alındığında sıcaklığın diğer odalara göre düşük tutulması gerekmektedir. Dünya çapında geçerli standart ve kılavuzlara bakıldığında ameliyatın türüne ve ihtiyaca bağlı olarak 18 - 24 °C değerleri arasında ayarlanabilmesinin uygun olduğu değerlendirilmektedir. Sıcaklığın yanında gerekli bağıl nemin sağlanması da önemlidir. Bağıl nem %40 - %60 arasında değişmekte olup çoğunlukla %40'ta tutulması uygun görülmektedir. Bir diğer gereklilik ise ameliyathanenin pozitif basınçta tutulmasıdır. Bu pozitif basınç en az 2,5 - 5 Pa arasında olmalıdır. Ameliyathane besleme havasının mikrop ve partikül temizliğini

sağlamak için en az 3 kademeli hava filtresi kullanılmalıdır. İlk 2 filtre kademesi klima santrali çıkışında sırasıyla F7 ve F9 filtre sınıflarında, 3. filtrenin ise ameliyathane girişine yakın en az H13 sınıfı HEPA filtre ile sağlanması gerekmektedir. Aynı zamanda UVGI sisteminin de havayı temizlemeye yardımcı olduğu ancak tek başına kullanılmasının yeterli olmadığı değerlendirilmektedir. Bu temizliği sağlamak için diğer bir önlem ise özel olarak ameliyathanelerde kullanılan laminer akış sistemleridir. Laminer akış cihazı içerdiği hepa filtrelerle mikrop, virüs ve partikülleri tutarak ameliyat bölgesine girmesini engeller. Bu cihaz ile sağlanan hava hızının dikey 0,20 - 0,30 m/s aralığında olması önerilmektedir. Ameliyathanelerde saatteki taze/dış hava değişimi en az 4, toplam hava değişimi ise en az 20 olacak şekilde hava beslemesi yapılmalıdır.

Pandemi sürecinde hastanelerde en kritik mahallerden birisi de izolasyon odalarıdır. Hava yolu enfeksiyonu hastaları bu odalarda tedavi edilir. İzolasyon odalarındaki hastaların virüsleri diğer mahallere yayılmaması için bu odaların negatif basınçla tutulması gerekmektedir. Bu basınç (-2,5) - (-6) Pa aralığında olmalıdır. Oda sıcaklıkları 21 - 26 °C aralığında, bağıl nem ise %30-%60 aralığında ayarlanabilir olmalıdır. İzolasyon odalarından egzoz edilen hava direkt olarak dışarı egzoz edilmelidir. Egzoz havası sirkülasyon havası olarak kullanılırsa F7 - F9 ve H13 sınıfı 3 kademeli hava filtresi kullanılmalı, hava doğrudan dışarı egzoz edildiği taktirde F7 ve F9 sınıfı 2 kademeli hava filtresi yeterli olacağı değerlendirilmektedir. İzolasyon odasında egzoz menfezleri doğrudan hasta yatağının üzerine, tavana veya yatağın başucuna yakın duvara yerleştirilmelidir. Taze hava değişimi saatte minimum 3, toplam hava değişimi ise saatte minimum 12 kez olacak şekilde hava beslemesi sağlanmalıdır.

Hastanelerde hijyen açısında kritik öneme sahip diğer bir mahal yoğun bakımlardır. Her ne kadar ameliyat başarılı geçse de hastanın ameliyat sonrası enfeksiyon kapmaması büyük önem taşımaktadır. Bu odaların basınç farkı komşu mahale göre minimum 2,5 - 6 Pa aralığında olmalıdır. Oda sıcaklıkları 22-26 °C, bağıl nem ise %30 - %60 aralığında ayarlanabilir olmalıdır. Hava temizliğinin sağlanabilmesi için minimum F7-F9 sınıfı 2 kademeli hava filtresi kullanılmalıdır. Pandemi dönemlerinde nihai filtre olarak H13 sınıfı HEPA filtre de kullanılabilir. Pandemi sürecinde temiz havanın tek yönlü akış ile hasta ayağından üflenerek, zemine yakın bir yerden egzoz edilmesi önerilmektedir. Taze hava değişimi saatte minimum 2, toplam hava değişimi ise saatte minimum 6 kez olacak şekilde hava beslemesi sağlanmalıdır.

Standart hasta odalarında; odada bulaşıcı, enfeksiyona yatkın veya enfeksiyöz hasta bulunması durumunda odanın negatif hava basıncında tutulması gerekmektedir. Bu odaların %100 taze hava ile çalışan VAV sistemi ile havalandırılması klimalardan kaynaklanan bulaşma riskini en aza indirecektir. Hasta odaları 22 - 26 °C, bağıl nem ise %30 - %60 aralığında ayarlanabilir olmalıdır. Gerekli temiz havanın sağlanabilmesi için minimum F7-F9 sınıfı 2 kademeli hava filtresi kullanılmalıdır. Hasta odasındaki egzoz menfezeri, doğrudan hasta yatağının üzerine, tavana veya yatağın başucuna yakın duvara yerleştirilmelidir. Taze hava değişimi saatte minimum 2, toplam hava değişimi ise saatte minimum 6 kez olacak şekilde hava beslemesi sağlanmalıdır.

Tanı/Tedavi odaları, hasta odalarından farklı olarak 21-24 °C aralığında ayarlanabilir olmalı, diğer parametreler ise hasta odalarındaki parametre değerlerine benzer olarak tasarlanmalıdır.

Ülkemizde birçok şehirde yeni hastaneler inşa edilmektedir. Bu hastaneler, Türkiye'de hastane havalandırma ve iklimlendirme sistemlerine ait bir standart olmadığı için DIN, VDI ve ASHRAE standartları kullanılmaktadır. Ülkemize ait bir hastane standardı oluşturulması, konu ile ilgili çalışan mühendis ve mimarların bu konuda bilgilerinin geliştirilmesi hastane tasarımında eksik ve yanlışların önüne geçecektir. Ameliyatlarda en büyük sorumluluk doktorlardan sonra o ameliyathanenin tasarımını yapan mühendis ve mimarlarındır.

KAYNAKLAR

[1] Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Yapı İşleri Genel Müdürlüğü,"Koronavirüs hastalığı (COVID-19) virüsünün Kamu Binalarında yayılmasını önlemek için havalandırma ve klima sistemlerinde (HVAC) alınması gereken tedbirler kılavuzu", 2020.

[2] ALAN, S., "Hastane Enfeksiyonlarından Korunmada Birimlerin Yapılanma, Havalandırma, Temizleme Ve Dezenfeksiyon Esasları", 2008, Sayfa 225-231.

[3] SÜNGÜ, A., "Ameliyathane Havalandırma Sistemleri IVF ve Genetik Laboratuvar Havalandırma Sistemleri", 2007.

[4] G. GERELİ ve M. AKDAŞ, "Hastanelerde Elektromanyetik Kirlilik ve Yalıtımı", 2018.

[5] KAVAS, S., "Temiz Odalarda ve Ameliyathanelerde Kullanılan Laminar Akış Üniteleri", 2018.

[6] KAYACAN, A., "Hastane Hijyenik Alanı Proje ve Uygulama Pratik Notları", Soğutma Dünyası 82. Sayı Hastaneler Eki, Sayfa 21, 2018.

[7] BÜYÜKYILDIZ, A., "Temiz Oda Tanımı", 2018.

[8] GÜRSON, O., ve TÜRKDOĞAN, Ü., "Hastane Binalarında Mekanik Sistem Tasarımı", 2018.

[9] Makine Mühendisleri Odası, "Hastane Hijyenik Alanlarının Klima ve Havalandırma Proje Hazırlama Esasları", Yayın no: 495/2, İzmir, 2009.

[10] Makine Mühendisleri Odası, "Hastane İklimlendirme Tesisatı ve Denetim Esasları", Yayın no: 481, İstanbul, 2008.

[11] Soğutma Dünyası 82. Sayı Hastaneler Eki, G. GACANER ERMİN, "Hastane Hijyenik Alanlar İklimlendirme Sistem Tasarımı ve Projelendirmesi", Sayfa 58, 2018.

[12] Hastaneler Komisyonu Raporu, "Pandemi ile Mücadelede Hastanelerde İklimlendirme ve Havalandırma Tesisatında Alınacak Önlemler".

[13] Tesisat Mühendisliği Dergisi, "Hastanelerde İklimlendirme Sistemleri", Sayfa 27-42, 2005.

[14] T.C. Sağlık Bakanlığı COVID-19 Bilgilendirme Platformu, covid19.saglik.gov.tr

[15] COVID-19 Salgın Yönetimi ve Çalışma Rehberi Bilimsel Danışma Kurulu Çalışması, 2020.

[16] M.A. SHEEREN, S. KHAN, A. KAZMİ, N. BASHİR, R. SİDDİQUE. "COVID-19 infection: Origin, transmission, and characteristics of human coronaviruses", 2020.

[17] TEKOL, S.D., "SARS-CoV-2: Virolojisi ve Tanıda Kullanılan Mikrobiyolojik Testler", 2020.

[18] ÖZÇELEBİ, S., "Hastane İklimlendirme Sistemlerine Genel Bir Bakış", 6. Ulusal Sterilizasyon Dezenfeksiyon Kongresi, 2009.

[19] CDC ve HICPAC, Guidelines for Environmental Infection Control in Health-Care Facilities, 2019.

[20] TS EN ISO 14644 1-4, "Temiz Odalar ve Bunlarla İlgili Kontrollü Ortamlar", 2006.

[21] BULGURCU, H., "Havalandırma Tekniği Bölüm-3", 2015.

[22] ISO 16890-1 "Air filters for general ventilation - Part 1: Technical specifications, requirements and classification system upon particulate matter efficiency (ePM)", 2016

[23] https://www.emw.de/en/filter-campus/iso29463.html, 13 Nisan 2022

[24] https://www.ulpatek.com/tr/urunler/urunler/mutlak-filtrasyon-hepa, 22 Nisan 2022

[25] https://www.australianuv.com.au/commercial-series-uvgi, 25 Nisan 2022

[26] Department of Health and Human Services, "Centres for Disease Control and Prevention National Institute for Occupational Safety and Health, Environmental control for tuberculosis: Basic upper- room ultraviolet germicidal irradiation guidelines for healthcare settings", 2009.

[27] Kowalski, W., "Ultraviolet Germicidal Irradiation Handbook, UVGI for Air and Surface Disinfection", Berlin, 2009.

[28] ANSI/ASHRAE/ASHE Standard 170-2017.

[29] DIN 1946-4, ''Ventilation and Air Conditioning - Part 4: Ventilation in buildings and rooms of health care'', 2018.

[30] EN ISO 14644 1-4, "Cleanrooms and Associated Controlled Environments".

[31] VDI 2167, “Building Services in Hospital - Heating, Ventilation and Air-Conditioning”, 2007.

[32] American Institute of Architects, “Guidelines for Design and Construction of Health Care Facilities”, 2006.

[33] İspanya Standardı UNE 100713, “Instalaciones de acondicionamiento de aire en hospitales”, 2005.

[34] Brezilya Standardı ABNT NBR 7256, “Air treatment in health care facilities - Requirements for design and construction of facilities”, 2021.

[35] DİVARCI, H.Ö., "Hastane Temiz Odalarının Tasarım Esasları Yüksek Lisans Tezi", 2018.

[36] Tesisat Mühendisliği Dergisi, Sayı 98, 2007.

[37] Türkiye Sağlık Yapıları Asgari Tasarım Standartları 2010 Yılı Kılavuzu.

[38] Sağlık Bakanlığı, "Yataklı Sağlık Tesislerinde Yoğun Bakım Hizmetlerinin Uygulama Usul ve Esasları Hakkında Tebliğ", 28000 Sayılı Resmi Gazete, 2011.

[39] REHVA COVID-19 Kılavuz Belgesi, "Koronavirüs (SARS-CoV-2) hastalığının (COVID-19) işyerlerinde yayılmasını önlemek için HVAC ve tesisat sistemleri nasıl çalıştırılır ve kullanılır?", 2020.

[40] SÖZEN, A., “İklimlendirme Sistemlerinde Hastane Uygulamaları ve Örnek Uygulama Yüksek Lisans Tezi”, Munzur Üniversitesi, 2018.

[41] http://www.fsmmekanik.com/klima-santrali, 31 Mayıs 2022.

[42] https://www.alarko-carrier.com.tr/tr/urun, 31 Mayıs 2022.

[43] YILMAZOĞLU, M.Z., Türk Tesisatlar Mühendisleri Derneği, “UVGI Dezenfeksiyon Teknolojisi”, Temmuz 2021.

[44] ONAT, A., “Filtreler Ders Notları”, 2022.

[45] NOTİ, J.D ve diğ., “High Humidity Leads to Loss of Infectious Influenza Virus from Simulated Coughs”, 2013.

[46] http://www.air-tek.com.tr, 01 Haziran 2022.

ÖZGEÇMİŞ

Buğra BAYRAM, ilkokul ve ortaokul eğitimini Hacı Mustafa Tarman İlköğretim Okulu'nda, lise eğitimini Ankara Anadolu Lisesi'nde tamamlamıştır. Gazi Üniversitesi Makine Mühendisliği bölümünden 2016 yılında lisans derecesinde mezun olmuştur. 2019 yılında Marmara Üniversitesi'nde Makine Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans eğitimine başlamıştır. 2017 yılında Deniz Kuvvetleri Komutanlığı'nda Mühendis sınıfı Subay olarak görev yapmaya başlamıştır. 2017-2020 yılları arasında İstanbul Tersanesi Komutanlığı Dizayn Proje Ofisi'nde Ana Tahrik Sistem Mühendisi olarak görev yapmıştır. 2020 yılında Milli Savunma Bakanlığı Ankara İnşaat Emlak Bölge Başkanlığı'nda Makine İnceleme ve Kontrol Subayı olarak görev yapmaya başlamıştır.