

---

---

# Ameliyathane Havalandırma Sistemleri IVF ve Genetik Laboratuvar Havalandırma Sistemleri

Ali SÜNGÜ

VKV Amerikan Hastanesi Teknik Hizmetler Sorumlusu, İSTANBUL

---

---

**A**ntonie Van Leeuwenhoek'un XVII. yüzyıl-da geliştirdiği ilk mikroskoptan 600 yıl önce, ünlü büyük tıp bilgini İbn-i Sina; "Eğer Toz Olmasaydı İnsan Ömrünün 1000 Yıl Olması İçin Hiçbir Sebep Yoktu" sözüyle, tozun insanların sağlığı üzerindeki etkisinin ne kadar önemli olduğunu görmüştü.

Günümüzün endüstriyelleyen dünyasında, havada insan sağlığını olumsuz yönde etkileyen birçok gözle görülür veya görülmez partiküller bulunmaktadır. Kapalı alanlar için de ortam kirliliği pek farklı değildir. Bu alanlarda bulunan partiküller veya mikroorganizmalar, dış ortamdan içeri girmektedir. İnsanların derilerinden kalkan taneciklerden, giysilerden, parfümlerden veya buna benzer birçok sebeplerden de partikül oluşabilir.

## **PARTİKÜL KAVRAMI ve BOYUTLANDIRILMASI**

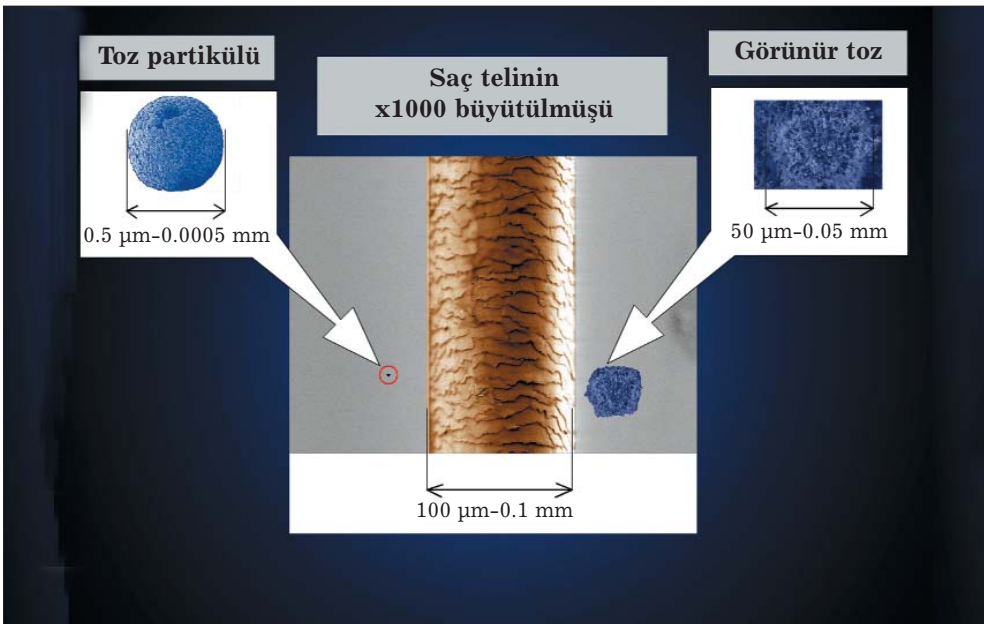
Havada bulunan gözle görülür veya görülmez partiküllerin boyutlandırılmasında kullanılan ölçü birimi mikrondur ( $\mu\text{m}$ ). Bir mikron, ölçü birimi olarak milimetrenin binde birine eşittir ( $1 \mu\text{m} = 0.001 \text{ mm}$ ). Sağlık alanında temiz odala-



rın sınıflandırılmasında başvurulan ana ölçüt, ortam havasındaki taneciklerin büyüklüğü ve miktarıdır. Havada bulunmasına izin verilebilecek tanecik çapı ne kadar küçük ve konsantrasyonu ne kadar az olursa, temiz odanın standardı o derece yüksek olur. Ameliyathane, laboratuvarlar veya buna benzer sağlık açısından temiz olması gereken odaların ölçüm metotlarında,  $0.5 \mu\text{m}$  çapındaki tanecikler kriter alınır ve birim hacimde ( $\text{m}^3$  veya  $\text{ft}^3$ ) bulunan tanecik sayısı temiz odanın standardını belirlemektedir. Şekil 1’de  $0.5 \mu\text{m}$  çapında bir taneciğin 1000 defa büyütülmüş bir saç telinin yanında ne kadar küçük olduğu gösterilmiştir.

Günlük yaşamda insanların soluduğu tozların tane büyüklüğü  $60 \mu\text{m}$ ’nin altındadır. Havada bulunan  $5 \mu\text{m}$ ’nin üstündeki tozlar üst solunum yolları tarafından tutulur, bu değer altındaki tanecikler ise solunum yoluyla akciğerlerdeki alveollere kadar ulaşmaktadır. Şekil 2’de havada bulunan bazı taneciklerin boyutları tasvir edilmiştir.

Mevsim şartlarına ve yaşadığımız yerleşim yerlerine bağlı olarak açık havada bulunan partikül miktarları farklıdır. Örneğin; dış havada, özellikle kış aylarında ve şehir merkezlerinde,  $0.5 \mu\text{m}$  boyutundaki partiküllerin sayıları  $\text{ft}^3$  içinde 2.000.000 adet olabilmektedir. Kapalı alanlarda ise bu değer 500.000 ila 50.000 arasında değişmektedir. Şekil 3’te havası temiz ve kirli olan farklı dış ortamlarda yapılmış ölçümlerin kıyaslaması verilmiştir.



Şekil 1.



## İNSANLARDAN KAYNAKLANAN PARTİKÜL ve MİKROORGANİZMA OLUŞUMU

Kapalı mahallerde oluşan partiküller ve mikroorganizmaların sebebi çok çeşitlidir. Bu partiküller, havalandırma yoluyla dışarıdan içeriye girebildiği gibi, içeride bulunan eşyalardan ve bilhassa insanlardan kaynaklanmaktadır. Örneğin; hareketsiz duran bir insan dakikada 100.000 adet 0.3 µm boyutunda partikül yayarken, normal hareket eden bir insan dakikada 1.000.000'un üzerinde partikül yayabilmektedir. Tablo 1 ve Şekil 4'te bir insanın yaptığı hareketlere bağlı olarak oluşturduğu partikül emisyonu görülmektedir. Yapılan ölçümlerde, sıradan temiz oda koruyucusu kullanan bir çalışanın, yüzünün açık olan kısımlarından ve ayak-kabılarından yayılan taneciklerin sayısının, tulum şeklinde koruyucu, maske ve uzun eldiven gibi koruyucu kullanan kişiden 10 kat fazla olduğu görülmüştür.

İnsanlardan yayılan partiküllerin 1000'de biri, çoğalabilen bakteri veya mikroorganizmalardan oluşmaktadır. Örneğin; hapsiran bir insan 1.000.000 partikül yaymakta, bunun 40.000'i mikrop içermektedir, aynı şekilde yüksek ses ile 100 kelime konuşan bir kişiden 250 partikül yayılmaktadır ve bunun 40 tanesi mikrop içermektedir (Şekil 5).

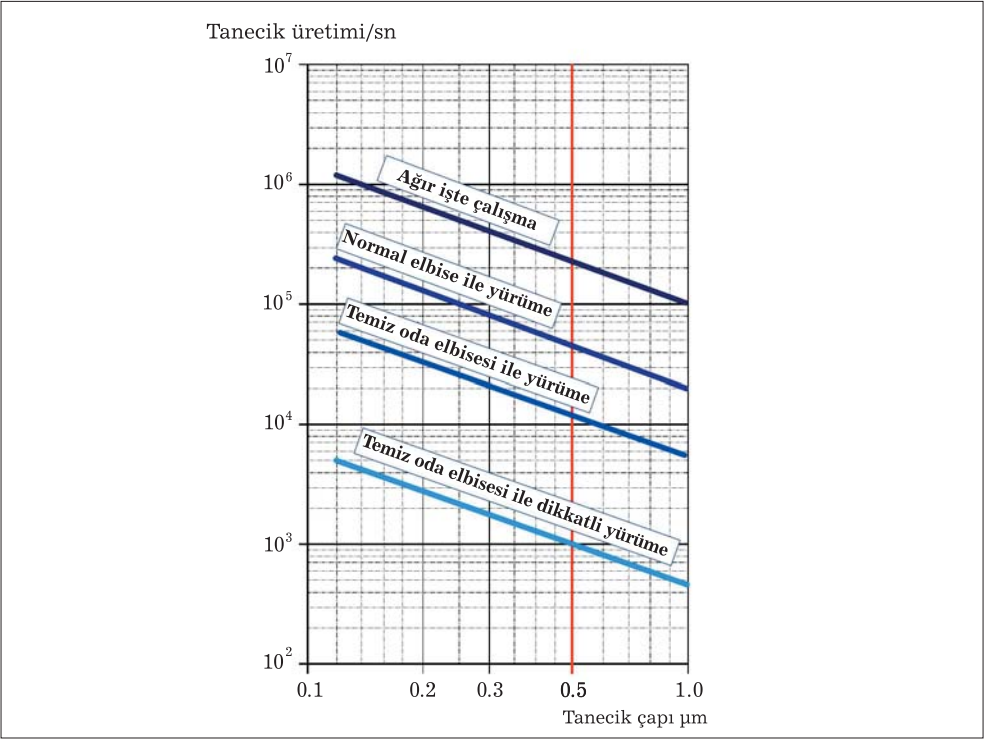
Yapılan diğer bir araştırmada sigara içen insanların, sigara içmeyi bıraktıkları andan itibaren dakikalarca sigara içmeyenlere karşılık 20 kat daha fazla partikül yaydıkları görülmüştür. Şekil 6'da 2.5 cm mesafeden 0.2-0.5 µm boyutundaki ölçülen partiküllerin miktarı görülmektedir.

Havada uçuşan partiküllerin hava kalitesi üzerinde etkisinin yanında bakteri ve mikroorganizmalar; hastaneler, ilaç fabrikaları, biyokimya laboratuvarlarında veya buna benzer sağlık sektörlerinde infeksiyon riski açısından ayrı bir önem kazanmaktadır. Özellikle hastanelerde oluşan infeksiyon riskleri birçok sebepten kaynaklanmaktadır. Bu risklerin başında;

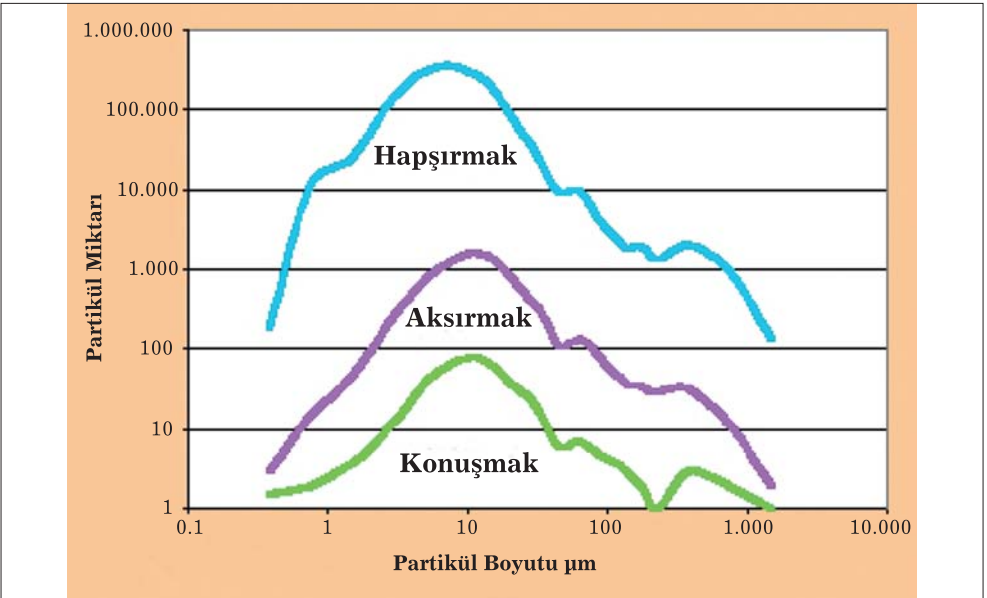
- Havalandırma,
- Havalandırma ve solunum ekipmanları,

**Tablo 1.**

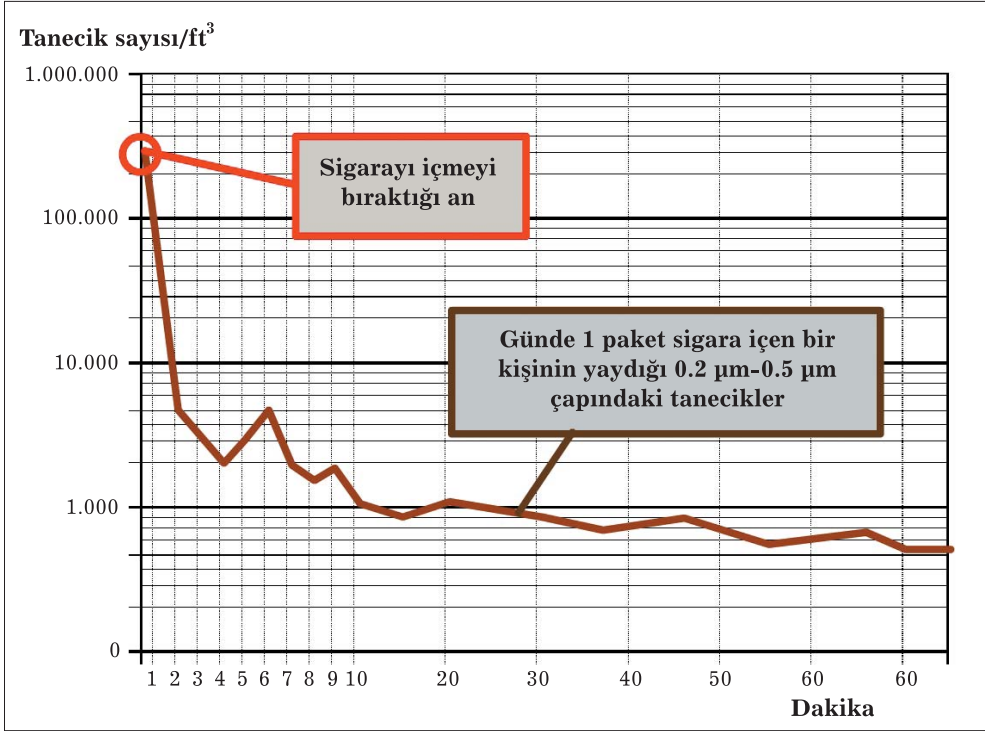
Yapılan hareket türü	Dakikadaki partikül yayılımı (0.3 µm)
Hareketsiz durma	100.000 adet
Ayak, baş, el ve kolu hafifçe oynatma	500.000 adet
Vücut, kolu ve ayakları oynatma	1.000.000 adet
Oturmak, kalkmak	2.000.000 adet
Yavaş yürümek	5.000.000 adet
Hızlı yürümek	7.500.000 adet
Koşmak	10.000.000 adet



Şekil 4.



Şekil 5.



Şekil 6.

- Toz oluşumu,
- Yiyecek ve gıdalar,
- Su ile çalışan veya üreten sistemler,
- Islak hacimler,
- Tıbbi işlemler, malzemelerin kullanımı,
- Yetersiz temizlik hizmetleri.

İnfeksiyon riski, özellikle hijyen ortamlarda, havada bulunan partikül sayısı düşürülerek azaltılabilir. Bu işlem, hijyenik klima ve havalandırma sistemleri kullanarak, ortama partiküllerden arındırılmış hava vererek ve ortamda oluşan partiküllerin tahliyesiyle sağlanır.

### TEMİZ ODA STANDARTLARI

Temiz oda; partikül ve mikroorganizma sayısının, sıcaklığın, nem oranının, taze hava miktarının, ortam hava basıncının, hava hareketlerinin ve buna benzer parametrelerin kontrol altında tutulduğu kapalı ortamlardır. Hastanelerde bulunan ameliyathaneler, yoğun bakım üniteleri, sterilizasyon, IVF üniteleri, genetik laboratuvarlar, tıbbi laboratuvarlar vb. alanlar temiz oda olarak sınıflandırılır.

Temiz odalarla ilgili çeşitli ülkelerce çıkartılmış standartlar bulunmaktadır. Ancak hepsinin temeli 1963 yılında çıkarılmış “U.S. Federal Standart 209”dur. Bu standart, 1988 yılında 209 D standardına yükseltilmiş, teknolojinin ilerlemesine paralel olarak gerek duyulan ultra-temiz odaların standartlarının tanımlanmasına yönelik 1992 yılında metrik (SI) birim sisteminde tanımı genişletilerek 209 E standardı oluşturulmuştur (Tablo 2). Sağlık alanındaki temiz odaların standartlarını belirlemek için yapılan ölçümlerde, birim hacimde ( $\text{ft}^3/\text{m}^3$ ), 0.5 mikron çapında bulunan partiküllerin sayısı baz alınmaktadır.

### **HASTANE ORTAMLARINDA TEMİZ ODALARIN SINIFLANDIRILMASI**

DIN 1946/4 standardına (hastanelerde klima tesisatı ve havalandırma esasları) göre hastane ortamları iki gruba ayrılmıştır. Bunlar;

- Birinci sınıf ortamlar,
- İkinci sınıf ortamlar.

**Birinci sınıf ortamlar:** Yüksek derece şartlar gerektiren mikroorganizmasız bölgeler olarak tanımlanmaktadır. Bu alanlar;

- Ameliyathaneler,
- Ameliyathanelere doğrudan dahil olan odalar (koridorlar, steril malzeme deposu vb.),
- Ameliyat öncesi ve sonrası hazırlık odaları,
- Sterilizasyon,
- Yoğun bakım üniteleri (ICU),
- Yenidoğan bakım odaları vb.

**İkinci sınıf ortamlar:** Normal şartlar gerektiren mikroorganizmasız bölgeler. Bu alanlar;

- Doğum odası,
- Hasta odası,
- Muayenehaneler,
- Radyoloji,
- Laboratuvarlar,
- Eczane,
- Endoskopi vb.

Temiz odalarda kullanılan sistemlerde ortak özellikler olmasına rağmen kullanım amaçlarına göre bu alanların havalandırma sistemleri farklılıklar gösterebilir. Örneğin; klas 100 (M 3.5) olan bir ameliyathanede laminer akım ünitesi kullanılması gerekirken, klas 10.000 (M 5.5) değerini sağlaması gereken bir IVF veya genetik laboratuvarında tavan tipi HEPA filtre sistemi kullanmak yeterlidir. Temiz oda havalandırma sistemlerinde, odanın hava kalitesini etkileyen en önemli unsurlar;

Tablo 2.

## U.S. 209 D STANDARDA GÖRE TEMİZ ODA KLASLARI

Klas	0.1 µm		0.2 µm		0.3 µm		0.5 µm		5.0 µm	
	tanecek adeti/ ft <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	tanecek adeti/ ft <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	tanecek adeti/ ft <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	tanecek adeti/ ft <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	tanecek adeti/ ft <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>
1	35	1.240	7.5	2.65	3	106	1	35		
10	350	12.400	75	2.650	30	1.060	10	353		
100			750	26.500	300	10.600	100	3.530		
1.000							1.000	35.300	7	247
10.000							10.000	353.000	70	2.470
100.000							100.000	3.530.000	700	24.700

## U.S. 209 E STANDARDA GÖRE TEMİZ ODA KLASLARI

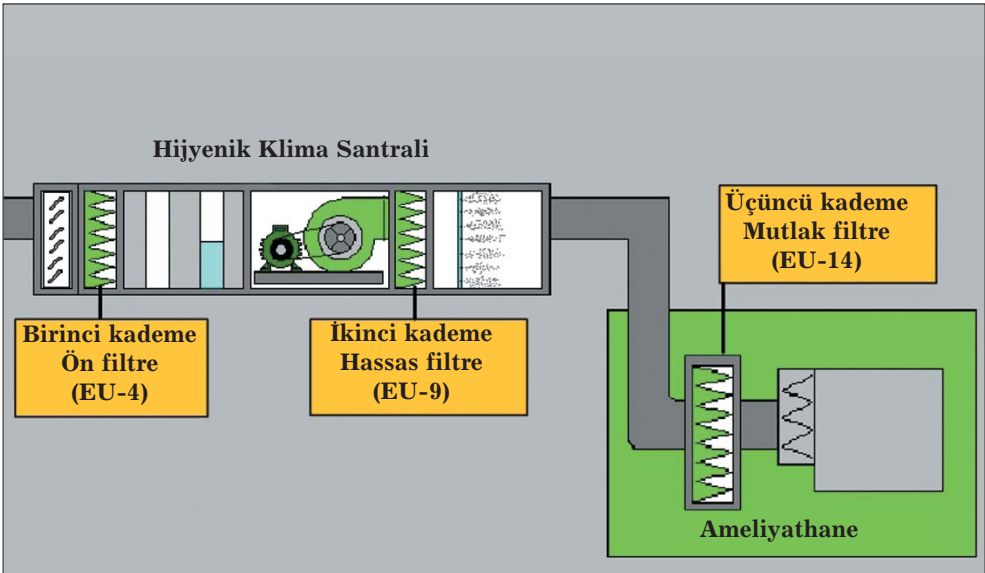
Klas	0.1 µm		0.2 µm		0.3 µm		0.5 µm		5.0 µm	
	tanecek adeti/ m <sup>3</sup>	ft <sup>3</sup>	tanecek adeti/ m <sup>3</sup>	ft <sup>3</sup>	tanecek adeti/ m <sup>3</sup>	ft <sup>3</sup>	tanecek adeti/ m <sup>3</sup>	ft <sup>3</sup>	tanecek adeti/ m <sup>3</sup>	ft <sup>3</sup>
M 1	350	9.91	75.7	2.14	30.9	0.875	10	0.283		
M 1.5	1	1.240	265	7.5	106	3.00	35	1.00		
M 2		3.500	757	21.4	309	8.75	100	2.83		
M 2.5	10	12.400	2.650	75	1.060	30	353	10.0		
M 3		35.000	7.570	21.4	3.090	87.5	1.000	28.3		
M 3.5	100		26.500	750	10.600	300	3.530	100		
M 4			75.700	2.140	30.900	875	10.000	283		
M 4.5	1.000						35.300	1.000	247	7
M 5							100.000	2.830	618	18
M 5.5	10.000						353.000	10.000	2.470	70
M 6							1.000.000	28.300	6.180	175
M 6.5	100.000						3.530.000	100.000	24.700	700
M 7							10.000.000	283.000	61.800	1.750



- Filtreleme sistemi (partikül ve mikroorganizma),
- Hava hareketi (laminer veya türbülanslı hava dağılımı),
- Ortam hava basıncı (mahalin pozitif basınçlandırılması),
- Taze hava miktarı (oda içi hava değişim miktarı).

### TEMİZ ODALAR KLİMA SİSTEMLERİNDE HAVANIN TEMİZLENMESİ

Temiz odalarda kullanılan klima tesisatlarının kalbi filtre sistemidir. Temiz odada sağlanması istenilenlerin başında, mahale sevk edilen havanın partikül ve mikroorganizmalardan arındırılmış olmasıdır. Klasik konfor klima sistemlerinde havanın temizleme işleminde iki kademeli filtreleme oluşmaktadır. Temiz oda klima sistemlerinde ise bu işlem üç kademede gerçekleşmektedir. IVF ve genetik laboratuvarları gibi alanlarda istenmeyen gazların (inkübatör karışım gazları), kokuların giderilmesinde ve korozyon etkisini azaltmaya yönelik kimyasal reaksiyon yoluyla kontamine havayı filtre eden aktif karbon filtreleri veya potasyum permanganat içerikli kimyasal filtreler de dördüncü kademe olarak kullanılmaktadır. Şekil 7'de hijyenik tip bir klima sisteminde birinci kademede ön filtre (elyaf filtre EU-4), ikinci kademede hassas filtre (torba filtre EU-9), üçüncü kademede mutlak filtre (HEPA filtre EU-14) sıralanışı gösterilmiştir. Pratik uygulamalarda edindiğimiz tecrübelerden filtrelerin değişim periyodları dış hava kirliliğine bağlı olarak, ön filtrelerde bir-iki ay, hassas filtrelerde altı-sekiz ay, HEPA filtrelerde üç-beş yıl arasındadır. Burada dikkat edilmesi gereken husus HEPA filtreyi korumaya yönelik, ön ve hassas filtrelerin daha sık olarak değiştirilmesidir.



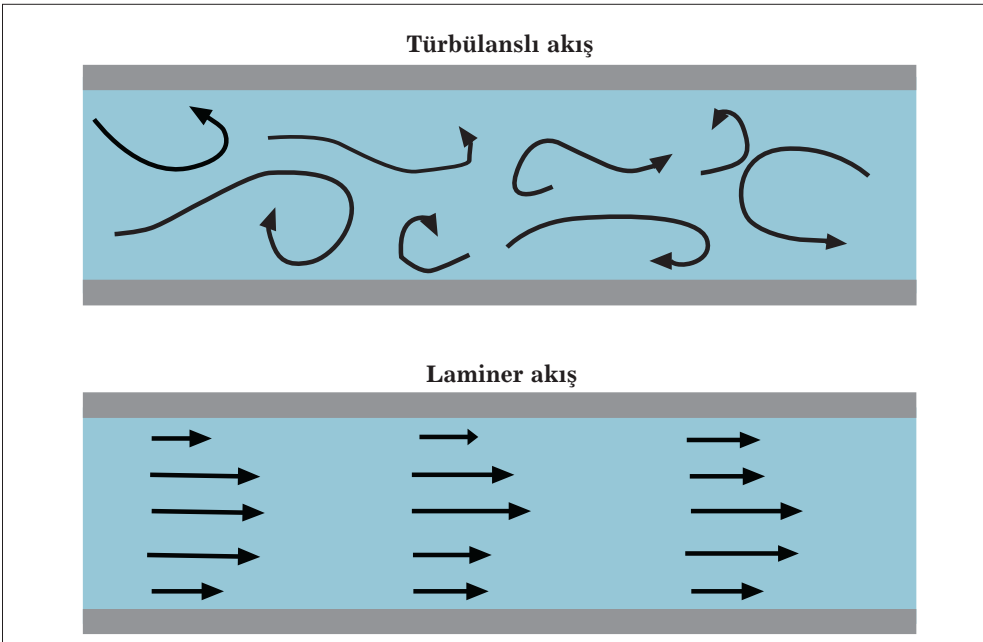
Şekil 7.

## TEMİZ ODALARDA HAVA DAĞILIMI

Temiz odalarda hava dağılımı, laminer hava akışı ve türbülanslı hava akışı sistemler olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Laminer akışlı temiz odalarda (ameliyathaneler) hava akışı, bir çizgi şeklinde akmaktadır. Birbirine paralel olan bu akım çizgilerinin her noktasında, havanın hızı sabittir (masa üstünde 0.22 m/sn-0.28 m/sn). Türbülanslı akışta ise hava akışı düzensiz ve hava akım çizgileri rastgeledir (0.35 m/sn-0.55 m/sn) (Şekil 8). Yapılan bir deneyde aynı kirlilik oranındaki laminer ve türbülanslı akış yönüne konan besi kabında, laminer akışta kaba yapışan mikroorganizmaların sıfır, türbülanslı akışta ise 200 adet olduğu görülmüştür. Buradan çıkan sonuca göre, ameliyathanelerde hiç olmazsa ameliyat masalarının üzerinde mutlaka laminer akış sağlanmalıdır.

## TEMİZ ODALARIN STATİK BASINÇLANDIRILMASI

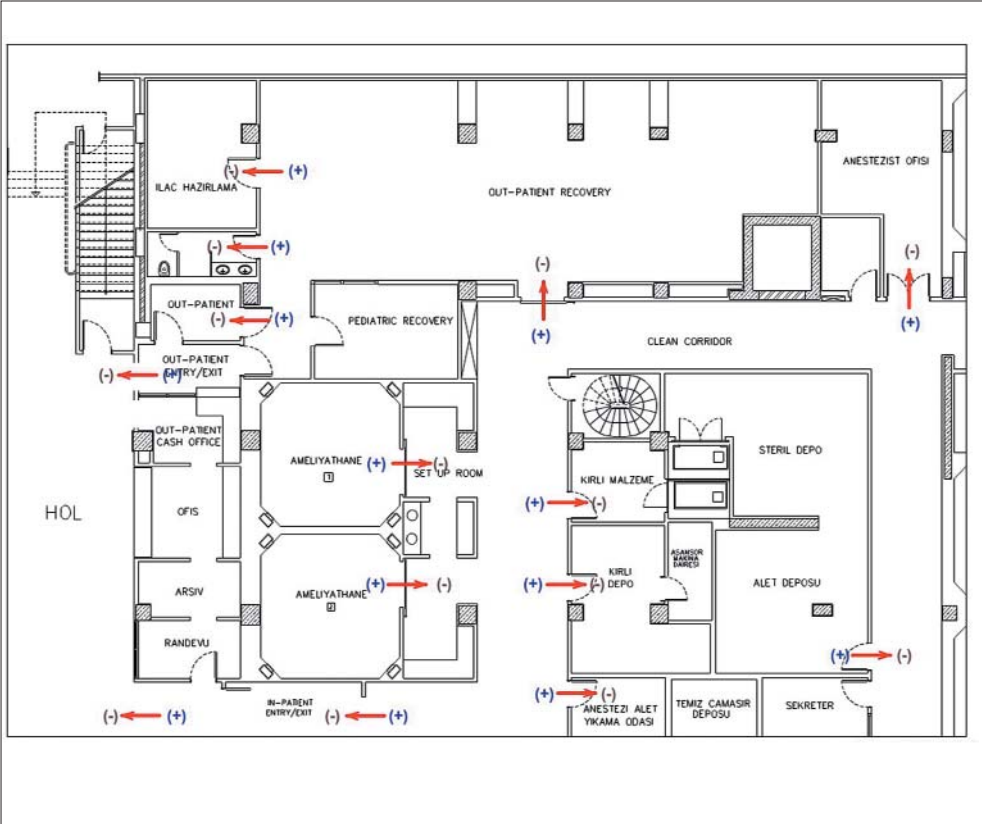
Temiz odaların kirliliğinin kontrol altında tutulmasının önemli etkenlerinin diğer bir parametresi de statik basınçtır. Bu parametre çok steril olan bir odadan daha az steril odaya doğru gittikçe azalacak yönde olmalıdır. Temiz mahaller arası statik basınç, genel olarak 12 paskal seviyesinde tutulmaktadır. Hava debisi olarak düşünüldüğünde ortalama olarak  $m^2$  başına  $20 m^3/saat$  bu basınç farkına tekabül etmektedir. Bu şekilde oluşan mahaller arası basınç farkı ile steril olan mahalden daha az steril olan mahale havanın akışı sağlanmaktadır. Tablo 3'te belirtilen basınç farkları, kapıların boşluklarından veya buna benzer aralıklardan



Şekil 8.

Uygulama	Statik basınç farkı
Genel	Minimum 12 Pa basınç farkı
Temiz oda ile kirlenmemiş bölüm arası	Minimum 12 Pa basınç farkı
Kirlenmemiş bölüm ile az kirlenmemiş bölüm arası	12 Pa basınç farkı
Az kirlenmemiş bölüm ile soyunma odası veya bekleme mahalleri arası	2.5 Pa basınç farkı

havanın kaçmasına izin verilen değerlerdir. Resim 1'de örnek olarak bir ameliyathanede oluşan hava akımı, basınç farklarına göre verilmiştir. Tablo 4'te mahaller arası hava akım tablosu verilmiştir (Amerikan Hastanesi).



Resim 1.

Tablo 4. Ameliyathane hava akım tablosu

Mahalin adı	Havalandırma sistemi	Ortam kalitesi	Basınç değeri	Bitişik mahaller	Havalandırma sistemi	Ortam kalitesi	Basınç değeri
Ameliyathane	Laminer akım	Klas 100	Pozitif	Set-up room Ameliyathane koridoru	HEPA filtre	Klas 1.000	Negatif
Steril depo	HEPA filtre	Klas 1.000	Pozitif	Ameliyathane koridoru	HEPA filtre	Klas 1.000	Negatif
Ameliyathane koridoru	HEPA filtre	Klas 1.000	Pozitif	In-patient recovery Out-patient recovery Doktor odası	HEPA filtre	Klas 10.000	Negatif
Ameliyathane koridoru	HEPA filtre	Klas 1.000	Pozitif	Kirli malzeme deposu Kirli depo Alet yıkama odası	Yalnız emiş menfezi	Klas 100.000	Negatif
Out-patient recovery	HEPA filtre	Klas 10.000	Pozitif	İlaç hazırlama	HEPA filtre	Klas 10.000	Negatif
Out-patient recovery	HEPA filtre	Klas 10.000	Pozitif	Out-patient Giriş/Çıkış holü	HEPA filtre	Klas 10.000	Negatif
Out-patient recovery	HEPA filtre	Klas 10.000	Pozitif	WC	Yalnız emiş menfezi	Klas 100.000	Negatif
Out-patient Giriş/Çıkış holü	HEPA filtre	Klas 10.000	Pozitif	Bekleme holü	Klasik havalandırma sistemi	Klas 100.000	Negatif

## TEMİZ ODALARDA HAVA ÇEVİRİM MİKTARI

Temiz odaların kalitesini belirleyen önemli etkenlerden biri, ortamda bir saat içinde değişen havanın miktarıdır. Hava değişim miktarı ne kadar çok olursa, mahale üflenen filtrelerden geçirilmiş temiz havanın konsantrasyonu o derece artar. Temiz hava konsantrasyonunun yüksek oluşu ise odanın klas değerini yükseltir. DIN 1946/4 standardında hastanede bulunan çeşitli alanlara ait hava çevrim kat sayıları  $m^3/m^2h$  olarak verilmiştir. ISO/14644-4 standardında ise bu değerler ortamın klas değerine göre belirtilmiştir. Örneğin;  $30 m^2$ 'lik birinci sınıf bir ameliyathaneye bir saat içinde  $V= 3.200 m^3$  hava verildiği düşünüldüğünde, hacim olarak ameliyathanenin toplam havası bir saat içinde 36 defa değişmektedir. Diğer bir ifade ile  $m^2$  başına saatte yaklaşık  $110 m^3$  hava verilmektedir. Standartta belirtilen çevrim kat sayıları birinci sınıf odalar için  $30 m^3/m^2h$ , ikinci sınıf odalar için  $15 m^3/m^2h$ 'tir. Fakat bu değerler ortamda yapılan işlemlere bağlı olarak örneğin; narkoz gazları, çeşitli dezenfeksiyon malzemelerinin kullanımı veya laboratuvarlar gibi odalarda hassas işlemler yapılıyorsa daha yüksek olmaktadır.

## TEMİZ ODA HİJYENİK KLİMA UYGULAMALARI

Ameliyathane, IVF ve genetik laboratuvar gibi temiz oda uygulamalarında, temel olarak hijyenik havalandırma ve klima sistemleri aynı prensipte çalışmaktadır. Temiz oda olarak düşünülen mahallerin amacına ve yapılacak işlemlerin özelliğine bağlı olarak odaların standardı belirlenmelidir. Örneğin; birinci sınıf bir ameliyathanenin infeksiyon riskini minimuma indirmeye yönelik klas 100 (M 3.5) standardı kullanılmalıdır. IVF ve genetik laboratuvarlarında kullanılan laminer akım kabini, mikroskop veya ortamda  $CO_2$  veya diğer karışım gazlarının yoğun olduğu düşünüldükçe klas 10.000 (M 5.5) değerindeki bir hava standardının uygun olacağı belirlenmelidir. Temiz odaların başlıca parametreleri;

1. Taze hava ve miktarı,
2. Isı,
3. Nem,
4. Ortam basıncı.

Temiz oda içlerinde belirlenen bu standartları sağlamaya yönelik kurulacak olan sistemin başlıca özellikleri;

1. Mümkünse %100 taze dış hava kullanmak,
2. İçi paslanmaz, çift cidarlı, sızdırmazlığı yüksek, içi pürüzsüz ve fanı frekans kontrollü (hız ayarlı) hijyenik tip klima santrali kullanmak,
3. Uygun filtreleri kullanmak,
4. Kanal imalatlarının sızdırmaz bir şekilde olması,
5. Mümkünse zonların minimum değerinde tutulması (bir santralin birçok odayı beslemesi),

6. Yirmi dört saat durmaksızın çalışacağı düşünülerek, oda kullanılmadığı zaman yarı kapasitede çalışmasını sağlayacak motorlu debi ayar damperleri (klape-lerin) kullanmak,

7. Temiz odaların HEPA filtre değişim işlemlerinde sistemi kapatmadan odanın havasını kesecek sızdırmaz damperler kullanmak,

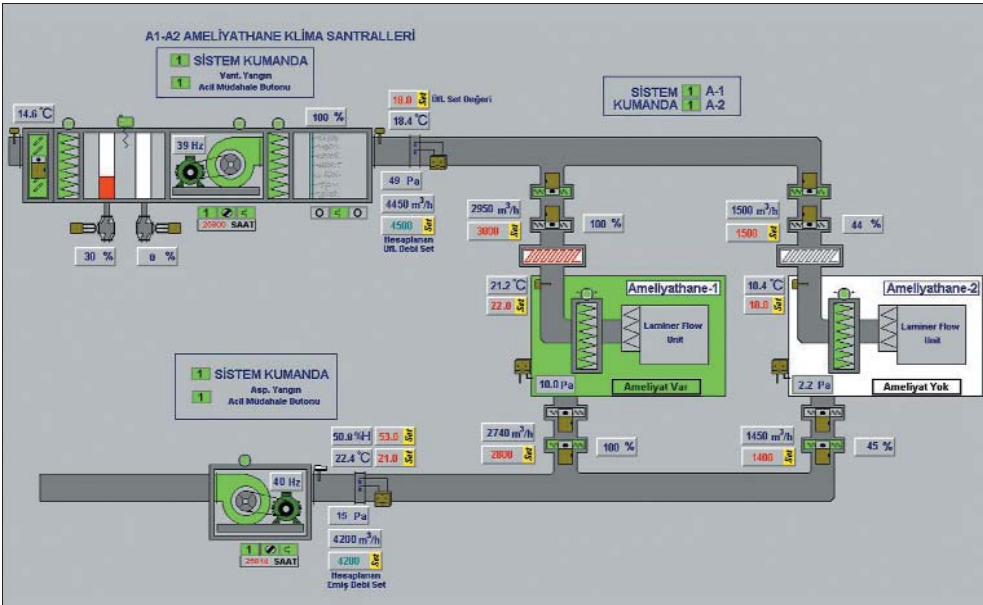
8. Nem oranının kontrol altında tutulmasına yönelik elektrikli ısıtıcılar kullanmak,

9. Temiz odanın gürültü seviyesini 35 Db'nin altında tutmaya yönelik kanal susturucuları kullanmak,

10. Havanın odaya çıkış noktasında ameliyathanelerde laminer akım ünitesi, laboratuvar gibi alanlarda ise sızdırmaz probu olan paslanmaz HEPA filtre kutuları kullanmak,

11. Tüm sistemin kontrol edilebildiği otomasyon sistemi kurmak.

Resim 2'de klas 100 (M 3.5) standardında iki ameliyathaneye (iki zonlu) hizmet eden hijyenik tip klima santralinin otomasyon panelindeki görüntüsü verilmiştir. Görüntüdeki havalandırma sisteminin yaklaşık 50 noktası kontrol edilip izlenmektedir (Amerikan Hastanesi Otomasyon Panosu). Bu sistemde klima santrali 24 saat çalışmaktadır. Ameliyathanelere işlem yapılması durumunda 3.000 m<sup>3</sup>/h hava verilmektedir. İşlemin yapılmadığı zamanlarda ise bu değer 1.500 m<sup>3</sup>/h'e düşmektedir. Klima santralinin frekans konvertörlü fanı, odaların hava debisi ihtiya-

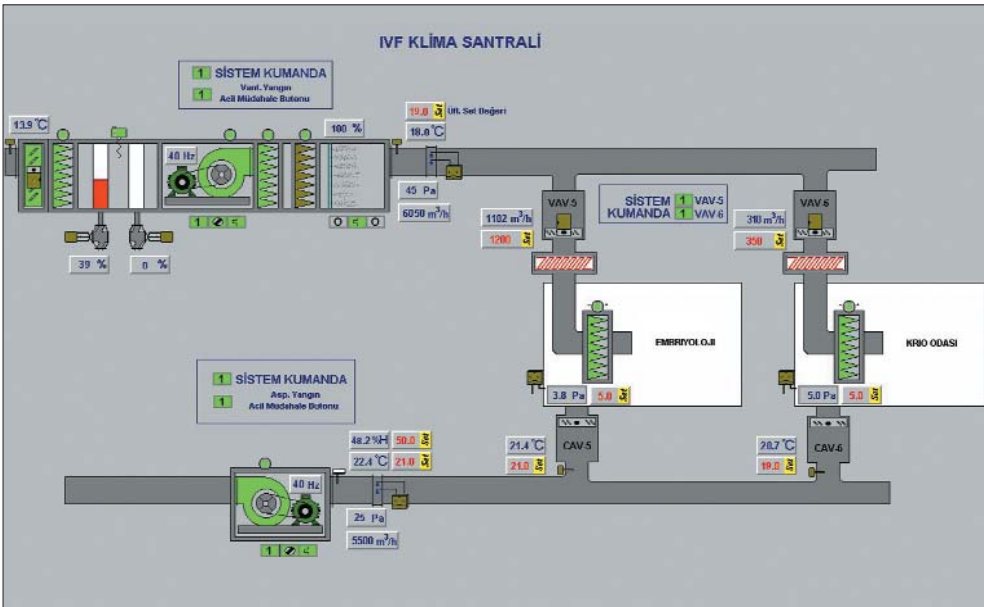


**Resim 2.**

cına göre otomatik olarak gerekli hava debisini ameliyathanelere vermektedir. Emilen hava miktarları üflenenden düşük olduğundan ortamda bir pozitif basınç oluşturmaktadır. Bu değer, koridor ile oda arasına konulan fark sensörü ile panelden sayısal değer olarak izlenmektedir. Panelden izlenebilen diğer önemli hususlar; filtre kirliliği, sistem arıza bilgileri (termik atması, kayış kopması vb.)'dir.

Odaların sıcaklık değerleri yapılacak olan ameliyatın özelliğine bağlı olarak (sezaryen doğumda 22°C, göz ameliyatında 18°C vb.) istenilen sıcaklık set edilir. Sistem bu değere bağlı olarak soğutucu veya ısıtıcı serpantininin istenilen değere ulaşmasını sağlayan su geçişini motorlu vana ile dengeler.

IVF üniteleri veya genetik laboratuvarı gibi alanlarda kullanılan laminer akım kabinleri ve mikroskoplar nedeniyle bu gibi alanlar klas 10.000 (M 5.5) hava kalitesindedir. Havalandırma sistemi HEPA filtrelerle yapılmaktadır. Prensipte olarak klima sisteminin çalışma şekli ameliyathane sistemine benzerdir. Hassas cihazların, çeşitli gazların, kimyasalların kullanıldığı bu alanlarda uzun vadede oluşabilecek çeşitli kimyasal etkilere karşı (ortam gazlarının hassas cihazlarda oluşturduğu korozyon) ve olası havada bulunabilecek çok düşük miktarlardaki zehirli maddelerin (aldehidler, ozon, amonyak, klor, hidrojen sülfür vb.) arındırılmasına yönelik kimyasal filtreler kullanılmıştır. Resim 3'te ameliyathaneden farklı olarak dört kademeli bir filtre sistemi kullanılmıştır. Aynı şekilde panelden filtre kirliliği, sistem arıza bilgileri (termik atması, kayış kopması vb.), odaların sıcaklık değerleri, nemlendirme sisteminin konumu, sistemlerin çalışma konumlarına kumanda edilmekte, set edilmekte ve izlenmektedir.



Resim 3.

## TEMİZ ODALARIN BAKIM UYGULAMALARI

Temiz odaların bakımı genel olarak dört aşamadan oluşmaktadır:

- Hijyenik klima sisteminin bakımı,
- Laminer akım ünitesi ve odanın bakımı, filtre değişimi,
- Hijyenik klima sistemine ait tüm sensör ve prosestatların kalibrasyonu,
- Partikül sayımı, hava hızı ölçümleri, nem, basınç vb. (validasyon).

### Hijyenik Klima Sisteminin Bakımı

Klima santrali üzerinde yapılan bakım işlemleridir. Bakım işleminde dikkat edilecek başlıca hususlar;

1. Santral motor-fan kayışlarının gergi ve kayış ömrünün kontrolü, gerekirse değiştirilmesi,
2. Motor fan kasnak, mil yataklarının ve rulmanlarının yağlanması,
3. Fan kanatlarının kontrolü ve temizliği,
4. Santralin iç temizliği (alkol veya presetli su ile),
5. Klima santrallerinde ısıtma ve soğutma serpantinlerinin kaçak kontrolü,
6. Klima santrallerinde soğutma serpantini ve drenaj tava hattının kontrolü,
7. Klima santrallerinde ön filtrenin değiştirilmesi,
8. Klima santrallerinde torba filtrelerin değiştirilmesi,
9. İki yollu vanaların ve motorların kontrolü,
10. Damper motorlarının kontrolü,
11. Fark basınç, sıcaklık, debi sensörlerin kontrolü,
12. Santral hücre bağlantı contaların sızdırmazlık kontrolü,
13. Nemlendirici ünitesinin kontrolü.

### Laminer Akım Ünitesi ve Odanın Bakımı ve HEPA Filtre Değişimi

Özellikle ameliyathaneler gibi temiz alanlarda bakım işlemi dikkat isteyen bir iştir. Bakım işlemi sırasında yapılacak yanlış bir uygulama temiz alanlara bitişik mahallerin kirlenmesine sebep olacaktır. Ameliyathanede yapılacak bakımda işlem sırası;

1. Ameliyathane ekipmanlarının tamamiyle boşaltılması,
2. Odaya ait sistem kumandasının kapatılması, hava akışının durdurulması (sızdırmaz damper),
3. Odanın temizlenmesi,
4. Laminatörün sökülmesi,
5. Lambaların sökülmesi,
6. HEPA filtrelerin dikkatli bir şekilde sökülmesi,
7. Paslanmaz laminer akım kabininin presetli su ile temizlenmesi ve dezenfekte edilmesi,
8. Lif tutucu emiş menfezlerinin temizlenmesi,



9. Laminatörün temizlenmesi,
  10. Tüm contaların kontrol edilmesi gerektiği takdirde değiştirilmesi,
  11. HEPA filtrelerin takılması,
  12. Filtre sızdırmazlık testinin yapılması,
  13. Lambaların asılması,
  14. Laminatörün montajı,
  15. Odanın genel ince temizliği ve dezenfeksiyonu,
  16. İki gün süreyle havalandırma sisteminin full çalıştırılması,
  17. Partikül ölçümlerinin yapılması,
  18. Otomasyon sisteminden uygun debi, sıcaklık, nem oranı, basınç değerlerinin set edilmesi,
  19. Ameliyathanenin faaliyete alınması.
- Aşağıda yapılan bu işlemler resimlenmiştir;



**1. Laminatörün sökme işlemi**



**2. Lambaların sökme işlemi**



**3. HEPA filtrelerin çıkarılması**



**4. Ünitenin temizlenmesi**



5. Kirlı bir HEPA filtre



6. Laminatörün temizliği (sabunlu su ile)



7. Filtre montajı



8. Contaların kontrolü



9. Sızdırmazlık testi (1000 Pa)



10. Odanın temizliği

### **Hijyenik Klima Sistemine Ait Tüm Sensör ve Prosestatların Kalibrasyonu**

Otomasyon panosu üzerinden kumanda ve kontrol edilen tüm sistemler yılda bir defa kalibre edilir. Kalibrasyonun amacı sistem üzerinde bulunan tüm noktaların çalışma ve kumanda kontrolü, sensörler ile okunan değerlerin izin verilen toleranslar içinde olmasını sağlamaktır.

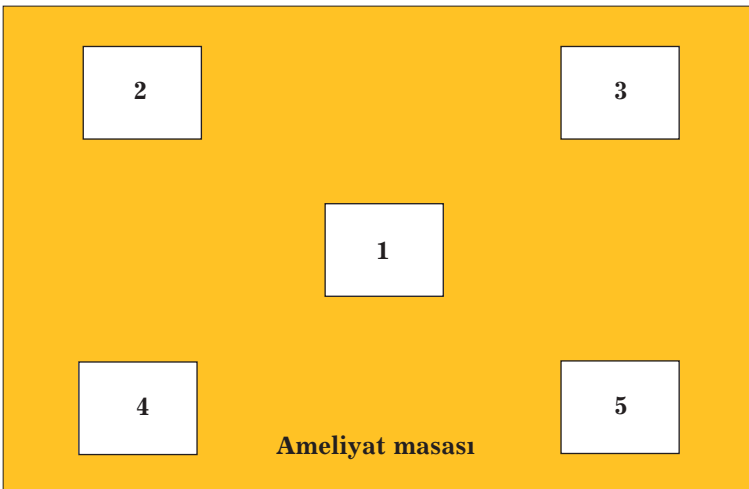
### **Partikül Sayımı, Hava Hızı Ölçümleri, Nem, Basınç vb. (Validasyon)**

Havadaki partikül sayımı, FEDERAL STD 209 E, TS 11605, ISO EN 14644-1'e uygun olarak yapılmaktadır. Temel olarak bu ölçümlerde 1 ft<sup>3</sup> veya m<sup>3</sup> içinde bulunan 0.3, 0.5, 1.0, 5.0 büyüklüğündeki partiküller sayılmaktadır. FEDERAL STD 209 E'ye göre yapılan ölçümler genel olarak daha çabuk sonuç vermektedir. Ameliyathanelerde, IVF veya genetik laboratuvarında işlem yapılan alanın üzerinde ölçümler yapılır. Bir ameliyathanede yapılan ölçümde; ameliyat masası beş bölgeye bölünür (Şekil 9) her noktada üç defa bir dakika süreyle partikül ölçüm cihaz ile değerler alınır (cihazın özelliğine bağlı olarak bu süre uzayabilir). Toplamda alınan 15 ölçümden 0.5 µm çapındaki partikül sayılarının aritmetik ortalaması alınır ve standart ile karşılaştırılır.

### **Validasyon İşlemlerine Yönelik Norm ve Standartların Listesi**

Havalandırma validasyonunu;

- VDI 2167 Hastanelerde Yapılandırma Sistemi Standardı,
- ISO 14644 1-8 Temiz Odalar ve Bu Odalarla Birlikte Kontrol Edilen Ortamlar Standardı,
- DIN EN ISO 14644-1 Standardında Temiz Odalar ve İlgili Bölümlerin -Hava Temizlik Kalifikasyonu,



**Şekil 9.**

- DIN EN ISO 14644-2 Standardında Temiz Odalar ve İlgili Bölümlerin -Ölçüm ve Kontrollerin Saptanması,
- DIN EN ISO 14644-3 Standardında Temiz Odalar ve İlgili Bölümlerin -Ölçüm Tekniği ve Kontrol Prosesi,
- TS EN ISO 14698 Temiz Odalar ve Birlikte Kontrol Edilen Ortamlar- Biyokontaminasyon Kontrolü Standardı,
- DIN 1946-4 Havalandırma ve İklimlendirme-Hastanelerde Havalandırma Sistemleri Standardı,
- TS EN 1822-1 HEPA Filtreleri-Yüksek Verimli (HEPA-ULPA)-bölüm 1: Sınıflandırma, Performans Deneyi ve İşaretleme Kuralları Standardı,
- TS EN 779 Hava Filtreleri-Genel Havalandırmada Parçacık Filtrelemek İçin-Özellikler, Deneyler ve İşaretleme Kuralları Standartlarına Bağlı Kalarak Yapılmaktadır.

### **KAYNAKLAR**

1. Hastanelerde klima tesisatı ve havalandırma esasları (Din 1946 4. kısım).
2. Federal Standart 209 E (rev. 1992).
3. ISO 14644-1 international standart (1999).
4. Camfil clean room filters A guide.
5. Ameliyathane klima tasarımı, uygulanması ve testleri çalıştay 2006 İstanbul.
6. Guidelines for design and construction of hospital and health care facilities.
7. Hastane hijyenik havalandırma ve iklimlendirme sistemleri (Dr. M. Mobedi).
8. Environmental factors and embriyo culture (Jacques Cohen).
9. IVFonline.com
10. European journal of parenteral & pharmaceutical sciences volume 9 number (2004).
11. Purafil kimyasal hava filtrasyon sistemleri.
12. Temiz Oda Tasarımı ve Klima Sistemleri (Prof. Dr. Tamer Özkaynak 1999).