

TEMİZ ODA KLİMA SİSTEMLERİNDE DEVREYE ALMA, DENGELEME, IQ VE OQ TESTLERİ, ÖLÇÜM VE BELGELENDİRME

Hasan HEPERKAN

ÖZET

Bu çalışmada temiz oda standartları hakkında genel anlamda bilgi verilmiş, temiz oda klima sistemleri tanıtıldıktan sonra validasyon kapsamında yer alan dokümantasyon yeterlilik testleri ve ölçümler hakkında detaylı bilgi verilmiştir.

1. GİRİŞ

Temiz oda klima sistemleri değerlendirilirken sürecin en başından başlamak gerekir, çünkü yapılacak testler ile temiz odada olmasını istediğimiz özelliklerin birebir ilgisi bulunmaktadır. Bu iş doğal olarak standartlar referans alınarak sürdürülür, ancak konuyla ilgili Türk standartları olmadığı için mecburen yabancı standartlar adapte edilmiştir. Bir teste başladığınız zaman elimizde bazı verilerin olması gerekir. Öncelikle ölçümlerin neye göre yapılacağı ve ne ile karşılaştırılacağı bilinmesi çok önemlidir ve bu nedenle ilk başta onların hatırlanması yararlıdır.. Konuyla ilgili birçok standart bulunmaktadır, ancak en çok kabul görenleri, 2 grupta incelemek mümkündür. Bir tarafta Amerikan standartları, 209 dediğimiz federal standart, diğer tarafta da Alman standartları, DIN 1946/4, VDI 2167, 2080, 2083 ve diğer yönergeler ve bunların yeni, birleştirilmiş Avrupa standardı, ISO 14644. Tablo 1, 2 ve 3 de temiz oda standartlarının bir karşılaştırmasını görüyoruz. Burada parçacık sayısına göre odaların klasları verilmektedir. Alışık olduğumuz 1, 10, 100, 1000 sistemi yerine, daha sonra M li sistem ve en son olarak da ISO sınıflandırması adapte edilmiştir. Tablolarda, belirli bir hacim içerisinde hangi tanecik büyüklüğünden ne kadar olması gerektiği hakkında bilgiler verilmektedir.

Tablo 1. Federal Standart 209 E ye göre Temiz Oda Sınıfları

Federal Standard 209E Airborne Particulate Cleanliness Classes										
Class Limits										
Class Name	0.1µm	0.2µm	0.3µm	0.5µm	5µm					
SI	English	Volume units m ³	Volume units ft ³	Volume units m ³	Volume units ft ³	Volume units m ³	Volume units ft ³	Volume units m ³	Volume units ft ³	Volume units m ³
M1		350	9.91	75.7	2.14	30.9	0.875	10.0	0.283	---
M1.5	1	1,240	35.0	265	7.50	106	3.00	35.3	1.00	---
M2		3,500	99.1	757	21.4	309	8.75	100	2.83	---
M2.5	10	12,400	350	2,650	75.0	1,060	30.0	353	10.0	---
M3		35,000	991	7,570	214	3,090	87.5	1,000	28.3	---
M3.5	100	---	---	26,500	750	10,600	300	3,530	100	---
M4		---	---	75,500	2,140	30,900	875	10,000	283	---
M4.5	1,000	---	---	---	---	---	---	35,300	1,000	347
M5		---	---	---	---	---	---	100,000	2,830	618
M5.5	10,000	---	---	---	---	---	---	353,000	10,000	2,470
M6		---	---	---	---	---	---	1,000,000	28,300	6,180
M6.5	100,000	---	---	---	---	---	---	3,530,000	100,000	24,700
M7		---	---	---	---	---	---	10,000,000	283,000	61,800

Tablo 2. ISO 14644 e göre Temiz Oda Sınıfları

ISO/TC289 14644-1 Airborne Particulate Cleanliness Classes						
	Concentration Limits (particles/m ³)					
	0.1µm	0.2µm	0.3µm	0.5µm	1µm	5µm
ISO Class 1	10	2				
ISO Class 2	100	24	10	4		
ISO Class 3	1.000	237	102	36	8	
ISO Class 4	10.000	2.370	1.020	362	83	
ISO Class 5	100.000	23.700	10.200	3.520	832	29
ISO Class 6	1.000.000	237.000	102.000	35.200	8.320	293
ISO Class 7				352.000	83.200	2.930
ISO Class 8				3.520.000	832.000	29.300
ISO Class 9				35.200.000	8.320.000	293.000

Tablo 3. Temiz Oda Standartlarının Karşılaştırılması

Fed. Standart 2009'de göre	100.000	10.000	1.000	100	10	1
VDI 2083'e göre	6	5	4	3	2	1
Temiz odalarda	5,0 mic.	30.000	3.000	300	0	0
beher m ³ havada	0,5 mic.	4.000.000	400.000	40.000	4.000	400
müsaade edilen	0,3 mic.				12.000	1.200
maksimum	0,2 mic.				30.000	3.000
partikül sayısı	0,1 mic.				120.000	12.000
Hava akım şekli	türbülanslı	türbülanslı	karşık	laminer	laminer	laminer
Saatte oda hava değişimi m ³ /h	20-25	40-60	120-300	360-500	500-600	500-600
Hava debisi (m ³ /h m ²)	60-75	120-180	360-900	1000-1600	1600-1800	1600-1800
Ortalama Hava Hızı (m/s)	NA	NA	0,1-0,25	0,3-0,45	0,45-0,50	0,50-0,60
Hava egzozlarının konumu	yan duvar	alt yan duvar	alt yan duvar	alt yan duvar	dişleme	dişleme
Hava temizleniş konumu	spiral üflemeli difüzör veya perfore tavan	spiral üflemeli difüzör	filtreli tavan	filtreli tavan	filtreli tavan	filtreli tavan
Filtre alanının oda alanına oranı (%)	5-10	15-20	30-50	75'den büyük	90'dan büyük	90'dan büyük
Ön filtre	1 kademe	G4	G4	F5	F5	F5
Torba filtre	2 kademe	F7	F7	F8	F9	H10
Son filtre	3 kademe	H10	H13	H14	H14	U15
Ön filtre ve torba filtresinin bakım periyodu	Otomatik ikaza göre					
Son filtresinin bakım periyodu	Otomatik ikaza göre					
Partikül sayım ve kontrolü	yıllık	aylık	2 haftalık	haftalık	günlük	devamsı
Pozitif basınçlandırma minimum (Pa)	5	10	10	12	15	15
Maksimum darbe geçirimsizliği (% olarak)	50	75	100	150	200-300	200-400

Parçacık büyüklüklerini karşılaştırırsak, örneğin, HEPA filtreler için söylediğimiz 0,3-0,5 mikron görüldüğü gibi oldukça küçük bir büyüklüktür, hatta bazı büyük bakterileri bile tutabilecek filtreleme özelliğine sahiptir, tabii virüsleri ve küçük bakterileri tutamaz. Tablolarda ayrıca standartlara göre, klas odalar, hava değişim miktarları, hava hızları gibi bilgiler de yer almaktadır.

2. TEMİZ ODA HAVA TARAFI TEST VE DENGELEME SÜRECİ

Temiz odada ortamının nasıl olması istenir, konuya bununla başlamamız gerekir. Aşağıda istenilen özelliklerden önemli olanları sıralanmıştır.

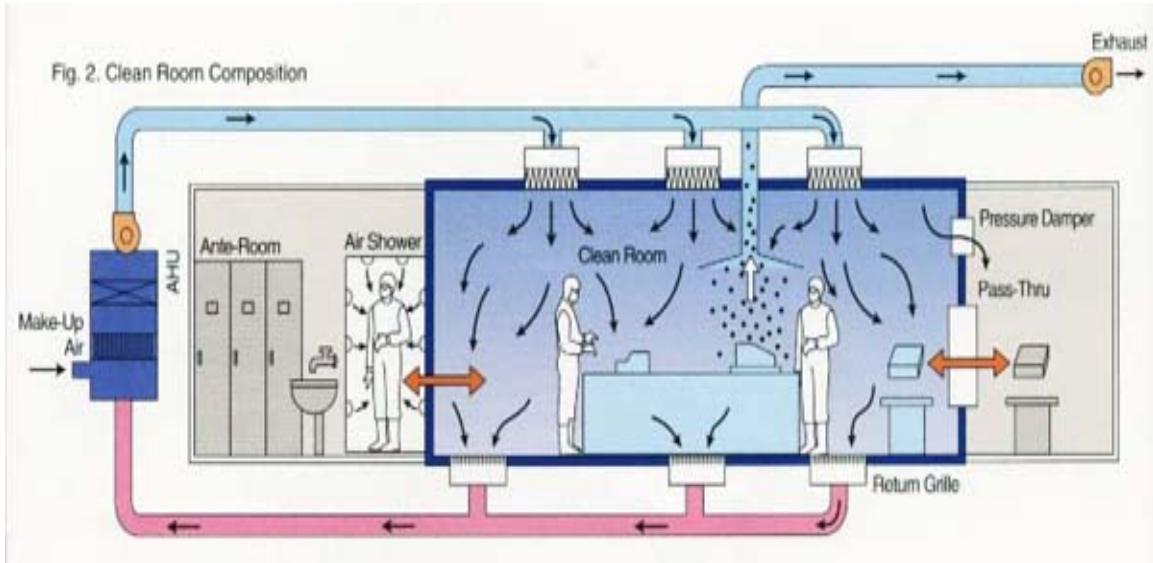
- Sıcaklık 20°C ile 24°C arasında ayarlanabilmeli
- Bağıl nem %50 - %60 arasında olmalı (özel şartlar belirtilmediği durumlarda)
- Laminer akışta HEPA filtre üzerindeki hava hızı 0,45m/s ±%20 olmalı
- Mahal içine %10-%15 fazla hava vererek pozitif basınç sağlanmalı
- Kapı, duvar ve tavanlarda sızdırmazlık sağlanmalı

Sıcaklığın, nemin, akış hızlarının, toleranslarıyla birlikte belirli sınırlar içinde kalması istenir; mahallerde pozitif basınç gerekebilir ve kapı duvar tabanlarının sızdırmaz olması istenir. Genel bilgiler P&ID dediğimiz diyagramlardan alınır. Bu diyagramlar çok önemlidir, çünkü devreye alma, test ve dengeleme sürecinde bizim kılavuzumuz bu bilgilerdir. Sistemden ne beklediğimizi, neye göre kontrol etmemiz gerektiğini buradan öğreniriz. Kontrollere başlamadan önce P&ID diyagramlarının mutlaka olması gerekir.

Bu süreçte kontrol edilen parametreler şunlardır:

- Sıcaklık
- Bağıl nem (% RH)
- Saatteki hava değişim sayısı
- Basınç farkları
- Hava hızı (laminar air flow)
- Canlı ve cansız parçacık sayısı
- Ses ve gürültü

Şekil 1 de örnek bir temiz oda görülüyor. Ortama şartlandırılmış havayı değişik şekillerde gönderebiliriz, laminar, türbülanslı yada karışık şekilde olabilir. Laminar akış düzenli bir akıştır ve genellikle imalat yapılan tezgah veya ameliyat masasının üzerine yönlendirilir. Akış türbülanslı olursa hava yönü değişebilir, temiz ve kirli hava karışarak risk oluşturabilir. Laminar akışlı sistemler pahalı ve zor sistemlerdir, bu nedenle bütün hacmi bu şekilde tutmak yerine, belirli kısmını bu şartlarda tutarız. Yani sadece çalışma masasının veya ameliyat masasının üstünü laminar tutup diğer kısımlarda türbülanslı akışa izin veririz. Bu tip sistemlere karışık havalı sistemler denir.

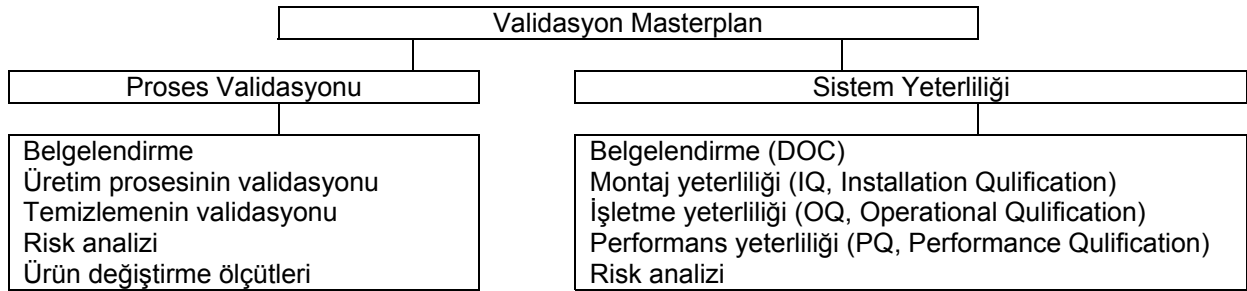


Şekil 1. Temiz Odada Hava Akış Şekilleri

Bahsedilen klastaki ortamları sağlamak için değişik filtreler kullanılır. Filtrelerle ilgili 2 tip test vardır, parafin yağıyla yapılan, tutma deneyleri ve sodyum alevi testleri. Sodyum alevi dediğimiz teste bir kimyasal verilir, bu HEPA filtre çıkışında bir ışıldama, parlaklık yaratır. Buradan penetrasyon derinliğini ve ne kadar parçacık geçtiğini görebiliriz. İkinci bir yöntem ise, belirli büyüklükte parçacıkların sisteme gönderilmesi ve ne kadarının geçip geçmediğini ölçmesidir. Bu parçacıklar, gaz, sıvı veya katı parçacıklar olabilir.

Validasyon sürecinde (Şekil 2) ilk başta kullanıcı istekleri söz konusudur. Kullanıcı istekleri çok iyi tanımlanmalıdır. Daha doğrusu burada aslında kullanıcı bilinçli olmalıdır, yani ne istediğini ve sistemin hangi özelliklere sahip olması gerektiğini bilmelidir. Ne istediğimizi biliyorsak, onu yerine getirmek için ne yapmamız gerektiğini de daha rahat sağlayabiliriz. Gerekli bilgileri de P&ID diyagramlarından öğreniriz. Bundan sonraki çalışmalar birkaç aşamadan oluşur.

- URS Kullanıcı istekleri
- FS Fonksiyonel özellik
- DQ Tasarım yeterliliği
- IQ Montaj yeterliliği
- OQ Çalışma yeterliliği
- PQ Performans yeterliliği



Şekil 2. Validasyon Masterplanı

Fonksiyonel özellik, kullanıcı istekleri geldikten sonra bunların hangi fonksiyonlarla, nasıl sağlanacağını belirlemesidir. Sonra tasarıma geçilir, tasarım denildiği zaman içine hem mimari, hem inşaat, hem mekanik, hem elektrik, hem de kontrol, kısaca her şey girer (seçilen cihazlar, santralin hijyenik olması, kanalların doğru malzemeden yapılması gibi hususlar). Bütün bu çalışmaların denetlenmesine kısaca “design qualification” tasarımın yeterliliği denilir. Bir sonraki adım tasarımın sahada nasıl uygulandığı, sistemin nasıl monte edildiğinin incelenmesidir. Bunların hepsinin tek tek kontrol edilmesi ve belgelendirilmesi gerekir. Validasyon işleminde belgelendirme çok önemli bir konudur. Belgelendirme olmadan validasyonun bir değeri yoktur. Bir fikir vermesi açısından, bu tip çalışmalarda eğer zamanınızın yarısını ölçümlere ayırıyorsanız, yarısını da raporu hazırlamaya ve dokümantasyonu tamamlamaya ayırırsınız. Klasörlerle belgenin düzenlenmesi gerekir. Türkiye’de ilaç firmaları, bu konuları çok iyi bilir ve uygular, dolaplar dolusu klasörleri vardır. İşin bu kısmına da kısaca “installation qualification” montajın yeterliliği denilir.

Daha sonra çalışma yeterliliği kontrol edilir, yani montaj düzgün yapılmış mı, acaba sistem doğru çalışıyor mu? Ölçümler, çalışma ve performans yeterliliği aslında birbiriyle iç içedir, ölçümler burada devreye girer. Genelde iki tip kontrol yapılır.

- Fiziksel kontroller
- Mikrobiyolojik kontroller

Fiziksel kontrollerde odanın sıcaklık ve nem testleri yapılır. Bunun için uygun hassasiyete sahip, sertifikalı sıcaklık ve nem ölçme cihazlarının olması gerekir. Yine uygun sistemlerle parçacık tayini, hassas manometre ile fark basınç tespiti, daha sonra mahalde hava hareketlerinin kontrolü, hava akış testleri yapılır. Örneğin mahal içi hava akış testleri genellikle duman kullanılarak yapılır, havanın nereye gittiği tespit edilir. Laminar akım istiyoruz, ancak hakikaten hava düzgün bir şekilde akıyor mu, ameliyat masasının üzerini süpürüyor mu, yada köşelerde bir yerde türbülans oluşuyor mu? Bunları görmek, sadece görmek değil, bunların bir de belgelendirilmesi, bazı durumlarda videoya çekilmesi, tabii kayıtların da belgeler arasına eklenmesi gerekir. Bu kayıtlar parçacık temizleme hızının teyidinde kullanılır.

3.1 IQ, OQ VE PQ TESTLERİ

Temiz odalardaki IQ,OQ,PQ ye yönelik test çalışmaları üç farklı aşamada gerçekleştirilebilir, bunlar aşağıda açıklanmıştır.

- As-Built
- As-Rest
- Operation

As-built aşamasında yani tesiste tüm inşai ve elektro-mekanik işler tamamlanmış, tüm servisler ve fonksiyonlar için alt yapı işleri hazır hale getirilmiş ama odadaki üretim ekipmanları henüz monte edilmemiş ve personelin olmadığı durumda yapılan test çalışmalarıdır. Bu aşamada yapılan ön testlerin ortaya çıkabilecek olası problemlerin belirlenmesi anlamında faydası vardır.

At-rest aşamasında ise temiz oda içersinde tüm üretim cihazlarının son bağlantılarının yapıldığı ve devreye alındıktan sonra odada insan olmadan yapılan testlerdir.

Operation veya uygulama yeterlilik testleri şeklinde de tanımlanabilir temiz odada normal işletme koşullarında yani temiz odada ekipmanlar ve insanlar çalışırken yapılan testlerdir.

Temiz oda hava tarafı test ve balans işlemlerini üç grupta toplamak mümkündür bunlar;

- Check List veya snaging list (işletmeye almadan önce yapılan son kontroller)
- Start up (Devreye alma)
- Kontrol, ölçüm, testler ve balans

3.1.1 Kontrol Listesi (Check List)

Check list çalışmaları devreye alma işlemlerinden önce yapılması zorunlu çalışmalardır Tablo 4de böyle bir çalışmanın nasıl yapılacağı ve belgelendirileceği gösterilmiştir. Bu çalışmanın başlayabilmesi için tüm mekanik ve elektrik tesisatı işlerin bitirilmesi gerekmektedir.

3.1.2 Devreye Alma (Start Up)

Hava tarafının ana ekipmanları olan klima santralı hava kanalları ve hepa filtreden oluşan sistemin hareketli elamanı fanlardır bu nedenle devreye alma çalışmasında fan örneklenmiştir.

Start up çalışmalarına başlamadan önce hava debisini etkileyen faktörler kontrol edilmelidir,

- Hava kanalı sistemi devreye almaya uygun olup olmadığı kontrol edilmelidir(son bağlantılar yapılmış mı ayar damperleri tümü açık mı terminal ünitelerin damperleri açık mı, yangın damperleri açık mı bakım kapakları kapalı mı)
- Asma tavan üzerinde açık yerler veya açık bakım kapakları olmadığı kontrol edilmelidir
- Tüm kapı ve pencereler kapalı olmalıdır.
- Otomatik kontrol sistemi sistemin devreye alınmasını olumsuz etkilememelidir.
- Daha sonra fan devreye alma çalışmaları başlatılmalıdır.
- Sistemdeki her bir fanın tasarım değerinde döndüğü kontrol edilmelidir.
- Fan motorunun çektiği amper ölçülerek kontrol edilmeli eğer bu değer motor etiket değeri üzerinde ise sistem durdurularak gerekli önlem alınmalıdır.

3.1.3 Kontrol, Test, Ölçümler Ve Dengeleme

Bu bölümdeki çalışmaları uygulama, işletme ve performans yeterlilik (IQ,OQ,PQ) çalışmaları şeklinde de tanımlayabiliriz.

Genellikle iç içe geçmiş ve sürekli karıştırılan uygulama yeterlilik(IQ) ve işletme yeterlilik (OQ) test ve kontrolleri aşağıdaki örnekle açıklanmıştır.

Bir temiz oda uygulamasında kullanılan fanın tipinin ve markasının, kasnak çapının, motor gücü ve markasının tasarıma veya şartnamelere uygunluğunun belgelendirilmesi IQ çalışmasıdır Bu fanın devrinin, debisinin, statik basıncının ve çektiği amperin ölçülmesi ve bu değerlerin tasarım değerlerine uygunluğunun belgelendirilmesi ise OQ çalışmasıdır.

Özet olarak IQ, uygulamanın tasarıma ve teknik şartnamelere uygulamasını denetlerken, OQ çalışmaları KLİMA SİSTEMİNDEKİ HER BİR EKİPMANIN TASARIMDA TANIMLANAN FONKSİYONLARI YERİNE GETİRDİĞİNİ BELGELENDİRİR.

Aşağıdaki listede test ve ölçüm yapılacak bazı hava tarafı ekipmanları tanımlanmıştır

Fan	IQ,OQ
Hepa Filtre	IQ,OQ
Filtreler	IQ,OQ
Klima Santralı Basınç testi	IQ
Hava Debisi Ölçümü	OQ
Hava Debisi Ölçü İstasyonu	IQ,OQ
Batarya	IQ,OQ
Kanal sızdırmazlık Testi	IQ
Son Kontrol Çalışmaları(check list)	IQ
Kimyasal Nem Alıcı	IQ,OQ



TABLO-4		KONTROL LİSTESİ HVAC SİSTEM		
Şantiye	Açıklama.			
Proje	Çizim No			
	Şematik çizim No.			
Proje No.	Tesis No.			
Ref No.	Sistem No.			
Kontrol listesi		IQ		
1. Binanın ve Sistemin Durumu		Evet	Hayır	Tarih
Kontrol.				
1.1. Binadaki tüm pencere ve kapılar kapalıdır ve binanın temizliği yapılmıştır.				
1.2. Kanal sistemi tasarıma uygun olarak uygulanmış ve kanal sızdırmazlık testi yapılmıştır.				
1.3. Klima santaralı tasarımdaki çizimlere uygun olarak monte edilmiş ve santral basınç testleri yapılmıştır.				
1.4. Kanal üzerinde ölçümler için gerekli test noktaları hazırlanmıştır				
1.5. Kanallar sağlam şekilde asılmışlardır				
1.6. Yangın damperleri takılı ve açık pozisyonundadır				
1.7. Isıtıcı ve soğutucu bataryaları boru bağlantıları doğru şekilde yapılmıştır. Kontrol damperleri açık pozisyona getirilmiştir.				
1.8. Fan kanatları serbest ve temizdir				
1.9. Kayış gerilimi uygundur.				
1.10. Fan dönme yönü uygundur				
Yorumlar				
DEKLERASYON		İmza : Tarih:		

Performans yeterlilik çalışmaları ise doğrudan temiz oda ile ilgili ve onun performansını denetleyen ölçüm çalışmalarıdır.

Temiz Oda Partikül ölçümü	PQ
Temiz Oda Hava Debisi (difüzör) Ölçümü ve Hava Değişim Sayısı	PQ
Temiz Oda Fark Basınç Ölçümü	PQ
Temiz Oda Toz Toplama Sistemi Ölçümleri	PQ
Temiz Odaya Açılan Boşluklarda Hava Hızı Ölçümü	PQ

Hava tarafı test ve ölçüm çalışmalarına başlamadan önce emiş ve üfleme kanallarındaki olası kirliliklere karşı sadece ön filtre monte edilmiş halde (ara, son veya terminal hepa filtreler monte edilmeden) klima santralı bir müddet çalıştırılmalı daha sonra tüm filtreler takılarak ölçüm çalışmaları başlatılmalıdır.

Test ve ölçüm cihazlarının tümü temiz oda test prosedürlerine uygun olarak kalibre edilmiş olmaları zorunludur.

Aşağıda temiz oda klima sisteminde yapılması zorunlu bazı ölçüm ve testler hakkında daha detaylı bilgi verilmiştir.

3.1.4 Fan İşletim Testi

Dizayn aşamasında fan statik basıncı; filtrelerin kirli veya kirliliğe yakın durumundaki basınç kaybı esas alınarak hesaplanması zorunludur. Ancak sistemin devreye alınması sırasında filtrelerin temiz olması nedeniyle sistem basınç kaybı tasarım basınç kaybı değerinin çok altında olması nedeniyle fan çalışma noktası aynı fan eğrisi üzerinde farklı bir noktaya oturacaktır. Sonuçta fan debisi tasarım hava debisinin üzerinde olacaktır. Bu nedenle sistemde hava debisi ölçü cihazı ve motor hız kontrol cihazı veya benzeri sistemler kullanarak hava debisini sabitlemek zorunludur.

- Öncelikli olarak sabitlenen hava debisi ölçülmelidir. Klima santralı çıkışında mümkün olduğu kadar düz bir kanal hattında pitot tüpü kullanılarak havanın dinamik basıncı okunur.
- Okunan dinamik basıncı yardımıyla önce kanal içerisindeki havanın hızı sonrada hava debisi hesaplanır.
- Hesaplanan hava debisi tasarım değerinin üzerinde ise fan motor devri düşürülerek veya fan emiş ağzındaki giriş ayar damperlerine müdahale edilerek hava debisi ayarlanır.(kanaldaki kaçaklar ve dengelemede kolaylık sağlaması anlamında dizayn değerinin yüzde 10 üzerinde ayar yapılması tavsiye edilir)
- Fan devri; stroboskop veya takometre cihazı kullanarak ölçülür.
- Fanın emiş ve basma tarafındaki statik basınçlar ölçülür.
- Elektrik motorunun çektiği amper okunarak motorun çektiği güç hesaplanır.
- Ölçülen veya hesaplanan bu değerler yardımı ile fan performansı ve fan eğrisi kontrol edilir.

3.1.5 Filtre İşletme Testi

- Filtre yüzeyindeki hava hızı anemometre ile ölçülür bu değer hesaplanan fan hava debisi yardımı ile hesaplanan filtre yüzey hızı ile kontrol edilir.
- Eğik veya U manometre yardımı ile filtre basınç kaybı ölçülür.
- Ölçülen hava hızında okunan basınç kaybı değeri imalatçı firma basınç kaybı değerleri ile mukayese edilir.
- Ölçülen basınç kaybı değeri firma değerlerinin altında ise filtre çerçevesi ile filtre kasası arasındaki sızdırmazlık kontrol edilmelidir.

3.1.6 Rezerv Santral Kapasitesi Ölçüm Ve Hesabı

- Fan statik basıncı; filtrelerin kirli veya kirliliğe yakın haldeki basınç kayıpları esas alınarak seçilir. Bu değere ancak(yani filtrelerin tamamıyla kirlendiği durum) fan maksimum hızda dönerken elde edilir. Fan başlangıç da yani filtreler temizken minimum hızda dönecektir.
- Filtreler temizken ve fan tasarım hava debisinde hava üflerken ölçülen fan statik basıncı ile fan eğrisinde fanın maksimum devirde döndüğü şartlarda ve aynı hava debisinde okunan statik basınç santralin rezerv kapasitesini gösterir.

3.1.7 Batarya İşletme Testi

- Bataryaya giren ve çıkan havanın kuru ve yaş termometre sıcaklıkları ölçülür.
- Batarya yüzeyin deki ortalama hava hızı ölçülür.
- Hava debisi hesaplanır
- Havanın özgül yoğunluğu belirlenir.
- Havanın kütleli debisi hesaplanır.
- Batarya kapasitesi bulunur.
- Batarya hava tarafı basınç kaybı ölçülür.
- Bulunan sonuçlar tasarım değerleri ile kontrol edilir.

YIU MAKİNA FAKÜLTESİ Makina Mühendisliği Bölümü		TEST RAPORU TEST REPORT	KUVA SANTRALİ DEBİSİ AIR HANDLING UNIT FLOW RATE
MÜŞTERİ / CLIENT: _____		SÖZLEŞME No. / CONTRACT No. _____	
PROJE / PROJECT: _____			
SİSTEM / SYSTEM: _____			
KAYNAKLAR / REF. DOCUMENTS: _____			
ÖLÇÜM / UNIT	TEST TANIMI TEST DESCRIPTION	TASARIM DEĞERİ DESIGN VALUE	ÖLÇÜLEN DEĞER ACTUAL VALUE
MARKA MARK	TOPLAM DEBİ TOTAL FLOW RATE(m ³ /s)		
MODEL MODEL	SERİ DÖNÜŞ DEBİSİ RETURN FLOW RATE (m ³ /s)		
SERİ No. SERIAL No.	TOPLU HAVA DEBİSİ TOTAL FLOW RATE(m ³ /s)		
SERIAL No. SERIAL No.	ÖLÇÜM DEBİSİ MEASURED FLOW RATE(m ³ /s)		
	ÖLÇÜM PLEKUMUNDAN BASINÇ (Pa) PRESSURE ON SUPPLY BLEND (Pa)		
	ÖN FİLTRELERDE FARK BASINÇ (Pa) DIFFERENTIAL PRESSURE BEFORE (Pa)		
	FARK FİLTRELERDE FARK BASINÇ (Pa) DIFF. PRESSURE HIGH EFFICIENCY (Pa)		
	HEPA FİLTRELERDE FARK BASINÇ (Pa) DIFF. PRESSURE HEPA FILTERS (Pa)		
Ölçüm İşlevindeki Hz profile velocity profile inside unit	YERLEŞİM / LAY-OUT C-D-Z		
Serbest kesit alanı Free area ()			
design: tasarım			
aktüel: öçülen			
Hız Face velocity:			
design: tasarım			
aktüel: öçülen			
Hava debisi Air flow rate:			
design: tasarım			
aktüel: öçülen			
NOTLAR / NOTES: _____			
KULLANILAN CİHAZ: Employed instruments:			
HAZIRLAYAN: YIU MAKİNA FAKÜLTESİ DÖNE BY: YIU/MACHANICAL ENG. FAC	KONTROL CHECKED BY:	ONAYLAYAN APPROVED BY:	
FİRMA/ İMZA / SIGNATURE	FİRMA/ İMZA / SIGNATURE	FİRMA/ İMZA / SIGNATURE	
TARİH / DATE	TARİH / DATE	TARİH / DATE	

Şekil 3. Örnek Test Raporu Formu

3.1.8 Santral Basınç Testi

- Bu test fabrikada veya şantiyede yapılabilir. Klima Santrali giriş ve çıkış ağızları kapatılarak santral belirli bir basınç altında iken santral gövdesinden kaçan hava miktarı okunur.
- Bulunan hava miktarı santral yüzey alanına bölünür.
- Bulunan bu değer tasarımda tanımlanan (EN 1886 B sızdırmazlık sınıfı gibi) hava sızdırma miktarı ile kontrol edilir

3.1.9 Kanal Sızdırmazlık Testi

Bu iş için en başından başlamak gerekir. Her ne kadar adına performans testi diyorsak da aslında validasyon işleminin daha montaj aşamasında başlaması lazım, çünkü kanal sızdırmazlık testleri, çok güzel bir örnek, montaj tamamlandıktan sonra yapılamaz. Eğer hava kanallarına sızdırmazlık testi yapmamışsanız ve montajlarını tamamlamışsanız, bunu son aşamadan sonra yapmanız mümkün değildir. Hava sızdırmazlık testi daha yalıtım yapılmadan, menfezler bağlanmadan yapılır. Sonradan yapmak zor değil, neredeyse imkânsızdır. Kısacası cihazlar monte edildikten sonra, menfezler takıldıktan sonra sızdırmazlık testini yapmak mümkün değildir. Bütün bu işlerin bilinçli bir şekilde ve sırayla yapılması şarttır.

Konuyla ilgili SMACNA, HVCA, Heating and Ventilating Contractors Association tarafından yayınlanmış olan DW143 ve DW142, EUROVENT, ASHRAE gibi bazı standartlar vardır. Testlerin nasıl yapılacağı son derece net bir şekilde açıklanmıştır. Testler sırasında kanalların hangi basınçta tutulması gerektiği, hangi sınıf için ne kadar hava kaçacağına izin verildiği belirlidir. Burada tanımlanan süreç sadece hava kanalları içindir ve hava santralleri, plenum kutuları, susturucular, ısı değiştiriciler, son kullanım noktası bağlantıları gibi sistem parçalarını içermez. Kaçak testlerini büyük sistemlerde yapmak zordur, kanalların bölünmesi, kısımlara ayrılması, testlerin parça parça yapılması gerekir, çünkü ölçebileceğiniz hassasiyet sınırları, o kanalın içinde bulunan hacimle doğrudan doğruya orantılıdır. Testler en sonunda belgelendirilir. Şekil 3 de örnek bir test raporu görülmektedir. Buna benzer formlar diğer sistem elemanları için de ayrıntılı olarak tek tek düzenlenir ve doldurulur. Ölçümleri kim yaptıysa imzasını atar, firmanın yetkilisi imzasını atar, yani testleri yaparken başında duran kişi, arkasından da bir onaylayan merci. Şekilde en altta görülen üçüncü yer bütün bu olaydan sorumlu olan kişiye ait imza yeridir.

3.1.10 Dengeleme

İkinci önemli konu sistemin dengelemesidir. Bunu yapmadan sistemin performansını tayin etmek mümkün değildir. Dengeleme hazırlık aşamalarından biridir, çünkü projede verilmiş olan debilerin ve hava miktarlarının gerçekten istenilen miktarda mahallere gidip gitmediğini ölçeriz.

Şekil 4 de su tesisatıyla ilgili bir dengeleme vanası ve ölçüm cihazı görülüyor. Sistem, daha başında istenen ayarların yapılması için uygun tasarlanmamışsa çok büyük sorunlar çıkar. Eğer sonunda bu tip işleri yaptırmak istiyorsak, bunu daha başından dikkate almamız ve bu işi bilen bilinçli kişileri mutlaka o projeye dahil etmemiz gerekir. Dengelemenin düzgün olmadığını anlayınca oraya bir kumanda vanası veya klape takmak istenir, ancak sistem bitmiş, tavan kapatılmışsa bunu yapamayız.

Şekil 5 de hız ölçümüyle ilgili bir cihaz, kanatlı bir anemometre görülüyor. Bu cihazların düzenli aralıklarla kalibre edilmesi gerekir. Esas temel cihaz ise, aslında pitot tüpü ve bir eğik manometredir. Belirli yerlere takabilmemiz için pitot tüpünün değişik boylarda ve çaplarda olması gerekir, yanında da çok hassas bir fark basınç manometresi. Bunun da en iyi şekli bir eğik manometredir, çünkü kalibrasyonu yoktur, düzgün yapılmışsa, sürekli kalibre etmek gerekmez. Şekil 6 da menfez debilerini ölçmek için kullandığımız balometre denilen cihazı görüyoruz. Menfezler büyük bir alana sahiplerse ortalama hızı okumamız gerekir. Ortalamayı hesaplamak çok zordur, bu nedenle bu tip cihazlar büyük kolaylık sağlar.

3.1.11 Hepa Filtre İşletim Testi

- Terminal hepa filtre hava debisi ölçülür.
- Ortalama hava debisi ölçülür.
- Filtre temiz haldeki basınç kaybı ölçülür.
- Kirli haldeki basınç kaybı simülasyon yapılarak bulunur.
- DOP testi yapılarak filtre verimliliği ve filtre ile kasa arasındaki sızdırmazlık kontrol edilir.

3.1.12 Partikül Ölçümü Ve Duman Testi

Şekil 7 de bir parçacık sayma cihaz, Şekil 8 de ise duman üretici görülmektedir. Drager tüpü dediğimiz, daha basit duman üreticiler de vardır. Tüp kırıldıktan sonra bir el pompasıyla duman üflenebilir ve hava akışının nereye gittiği görülebilir. Bunlar, özellikle dengeleme sırasında ve hava akımlarının tespitinde çok yararlıdır.

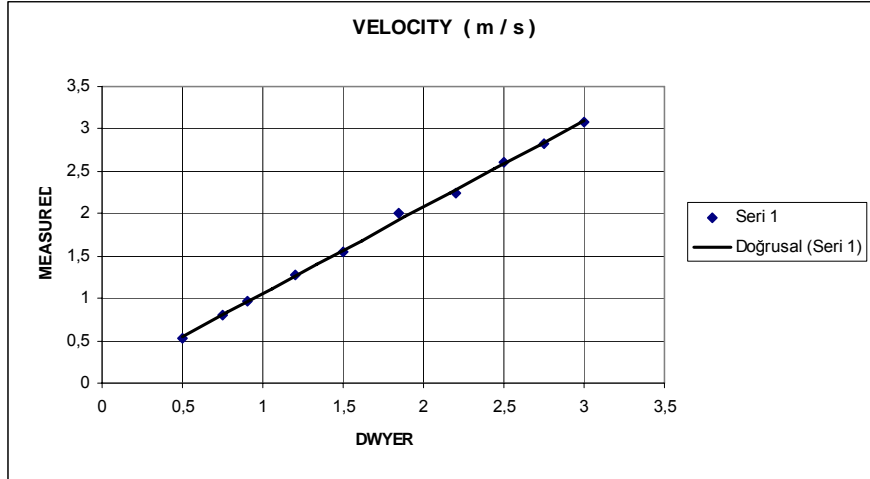
Duman testleri bize bir bilgi verir, ancak önemli olan testleri yaparken gerçek işletme şartlarını dikkate alıp almadığımızdır. Ameliyathane olsun, temiz oda olsun, insanlar girip, çıkar, kapısı açılıp, kapanır, dolayısıyla basınç yada akışların kapı açıldığında da devam etmesi gerekir. Siz normalde kapı kapalıyken ortamı basınçlandırmayı sağlıyorsanız ama kapıyı açtığımızda bozuluyorsa, bu kabul edilebilir bir durum olmaz, çünkü kapının açıldığı süre içerisinde kirlenmeye neden olabilirsiniz.

3.2 Mikrobiyolojik Testler

Bunların uzman bir mikrobiyolog tarafından yapılması gerekir. Fikir vermesi ve konuyu tamamlaması açısından bazı hususları özetlemekte yarar var. Mahallin büyüklüğüne göre tespit edilen belirli yerlere, bunlar da yine standartlarda tanımlanmıştır, içinde özel besi yerleri olan steril petriyer yerleştirilir. Bunların hangi besi yerleri olduğu, petrinin çapına kadar her ayrıntı DIN 1946/4 de tanımlanmıştır, örneğin petriyer yerden 1.2 metre yükseklikte olmalıdır. Daha sonra belirli sürelerle petriyerin kapakları açılır. Tabii petriyer steril olduğundan paketin doğru noktada açılması önemlidir. Kapaklar kapatıldıktan sonra yine steril şekilde laboratuara götürülüp 48 saat 36 °C de bekletilir ve koloni sayımları yapılır. Sonuçları karşılaştırabilmek için 50 cm², 80 dakika referansına indirgenir, petriyerin ortalama değerleri bulunur ve şartları sağlayıp sağlamadığı kontrol edilir. Bu değer, A sınıfı odalar için 1, B sınıfı odalar için 10 un altında olmalıdır.

3.3 Kalibrasyon

Bu noktada cihazların kalibrasyonu ile ilgili bazı hususları belirtmek faydalıdır. Kontrol parametrelerini cihazlarla ölçeriz, ancak bunları öyle herhangi bir cihazla ölçemeyiz. Hepsinin ölçüm değerlerinin teyit edilmiş olması, ulusal standartlara izlenebilir olması gerekir, yani düzgün kalibre edilmemiş, yada sadece başka bir cihazla kontrol edilmiş aletlerle bu ölçümleri yapmamız kabul edilmez. Her bir cihazın belirli periyotlarla, sertifikalı ve belgelendirilmiş firmalar tarafından, mutlaka bir ulusal standarda izlenebilen sistemlerle kalibre edilmesi gerekir. Örneğin bu şartları sağlamayan bir üniversite laboratuvarı dahi kabul görmez. Aksi takdirde yapılan ölçümlerin bir geçerliliği olmaz. Şekil 9 da cihazların hız ölçümüyle ilgili bir kalibrasyon eğrisi görülmüyor. Kalibrasyon sertifikaları, üzerlerinde belirtildiği üzere belirli bir süre için geçerli olup; bu süre sonunda yenilenmelidir. Dolayısı ile cihazların belirli periyotlarda kalibrasyonlarının yapılması zorunludur. Kalibrasyon sertifikalarının ve kalibrasyon verilerinin saklanması, testleri yapılan cihazların geriye dönük izlenebilirlikleri açısından önem arz eder.



Şekil 9. Hız Ölçen bir Cihaza ait Kalibrasyon Doğrusu

SONUÇ

İşlemlerin her bir menfez için, her bir kanal için, parça için, cihaz için tekrarlanması gerekir, biraz önce sözü edilen dolaplar dolusu dosyalar işte bu belgeleri içerir. Test & Commissioning oldukça meşakkatli, zor ve sabır isteyen bir işdir. Dosyalarda test formları yanında “as built” projeler, yani son değerlerin ne olması gerektiğini gösteren projeler, kullanım ve işletme kılavuzları, bakım kılavuzları, parça ve cihaz listeleri, vb. belgelerin de bulunması gerekir.

KAYNAKLAR

- [1] US 209D, “Clean Room and Work Station Requirements, Controlled Environment”, Federal Standard, U.S.A, 1992.
- [2] US 209E, Federal Standard, U.S.A, 1992.
- [3] VDI 2083, “Clean Room Engineering”.
- [4] “Reinraumtechnik für die Pharmazeutische Industrie”, Zander Klimatechnik AG, Wolf Ziemer.
- [5] DIN 1946-4, “Heating, Ventilating and Air Conditioning, HVAC Systems in Hospitals”, Deutsche Norm, 2005 Entwurf.
- [6] Procedural Standards for Certified Testing of Cleanrooms, National Environmental Balancing Bureau, Second Edition 1996.

ÖZGEÇMİŞ

Hasan HEPERKAN

1953 yılında İstanbul ‘da doğmuş, 1970 de Ankara Fen Lisesi, 1974 de İTÜ Makina Fakültesi ‘nden mezun olmuştur. Fullbright ve TÜBİTAK şeref bursiyeri olarak ABD ne giden Heperkan, 1976 da Syracuse University de M.Sc. ve 1980 de University of California, Berkeley de Ph. D. derecelerini elde etmiş, bu arada Lawrence Berkeley Laboratuvarı ‘nda araştırmacı olarak çalışmıştır. Daha sonra ABD de Union Carbide firması Araştırma Merkezi ‘inde bir yıl görev yaparak, Alexander von Humboldt bursiyeri olarak Universitaet Karlsruhe (TH) ya gitmiştir. 1984 yılına kadar Almanya ‘da kalmış ve geri dönmüştür. TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi ve Demirdöküm ‘de çalıştıktan sonra 1996 da Yıldız Teknik Üniversitesi, Makine Fakültesi ‘ne geçerek 1997 de profesör unvanını almıştır. 1987 den beri Yıldız Teknik Üniversitesi, Marmara Üniversitesi, Yeditepe Üniversitesi ve Hava Harp Okulunda ısı tekniği ve tesisat konularında çeşitli dersler vermekte olup, birçok doktora ve lisansüstü tez yönetmiş, araştırma ve endüstriyel projeler yürütmüştür. 2003–2006 yılları arasında Yıldız Teknik Üniversitesi Makine Fakültesi Dekanı olarak görev yapmıştır. İki dil bilen Heperkan çeşitli ulusal ve yabancı ödüller kazanmış ve 60 ın üzerinde kitap, makale ve bildirisi yayınlanmıştır.