

BÜYÜK HACİMLERİN HAVA DAĞITIM SİSTEMLERİ

Seyfullah HALU

ÖZET

Havaalanı terminalleri, konser ve tiyatro salonları gibi büyük ve yüksek tavanlı hacimlerin (atrium, concorse) mekanik havalandırma sistemlerinde nem, hava temizliğinin ve düşük ses düzeyinin yanısıra, sıcaklık ve hava hızlarının iç hava kalitesine önemi yadsınamaz.

Bu bildiride hava dağıtım sistemlerinde kullanılan bazı ana kavramlara kısaca değinildikten sonra, büyük hacimlerde uygulanan başlıca hava dağıtım sistemleri olan; karışım (mixing), yer değiştirmeli (displacement) ve bunların karması olan sistemler, ayrıntılı olarak incelenecek, adı geçen sistemlerin birbirlerine göre göreceli üstünlük ve sakıncaları belirtilecek, bu sistemlerin tasarım ve uygulamaları çeşitli örneklerle anlatılacaktır.

Ayrıca bu tür hava dağıtım cihazları, yaşanan yerlerde konuşlandırıldığından ve söz konusu cihazların dış görünüşlerinin de önemi olduğundan, havalandırma tasarım mühendislerinin, mimar ve iç mimarlarla ortak çalışma yapması gerekliliği de vurgulanacaktır.

Anahtar Kelimeler: menfez, yayıcı, karışım, yer değiştirmeli, son hız, girdapsal, hava değişimi, yaşanan bölge, hava debisi

ABSTRACT

Along with cleanness and humidity, effect of temperature and air velocity of the air upon indoor air quality can not be ignored, in the mechanical ventilating systems of large and high ceilinged buildings, like air terminals, concert halls and theaters.

After briefly reminded of some main terms, main air distribution systems (mixing, displacement, mix-match) in large buildings shall be examined, in detail, in this paper. Their relative advantages and disadvantages shall be indicated, as well as, designs and applications of these systems, shall be indicated, with various examples.

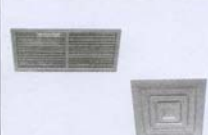





Besides, as these systems are located inside of the building and, their appereances of the devices are of importance, it shall be emphasised that, HVAC engineers ough to cooperate with architects and internal designers.

Key Words: outlet, diffuser, displacement, mixing, terminal velocity, swirl, air change, occupied zone, air flow

GİRİŞ

Bu sunumda kullanılan bazı kavramlara değinelim. Menfez (outlet) nedir? Yayıcı (diffuser) nedir? Biz menfez deyince genellikle, hava değışim sayısı 8'in altında olduğu uygulamalarda kullanılan ızgaralar, kare ve yuvarlak cihazlar akla gelir. Daha yüksek hava değışim uygulamalarında yüksek endüksiyonlu, girdapsal (swirl) yayıcılar, (sabit ve ayarlanabilir) ve yer değıştirmeli (displacement) yayıcılar ile çok ağızlı (multi-outlet) yayıcılar kullanılabilir.

Tablo 1.

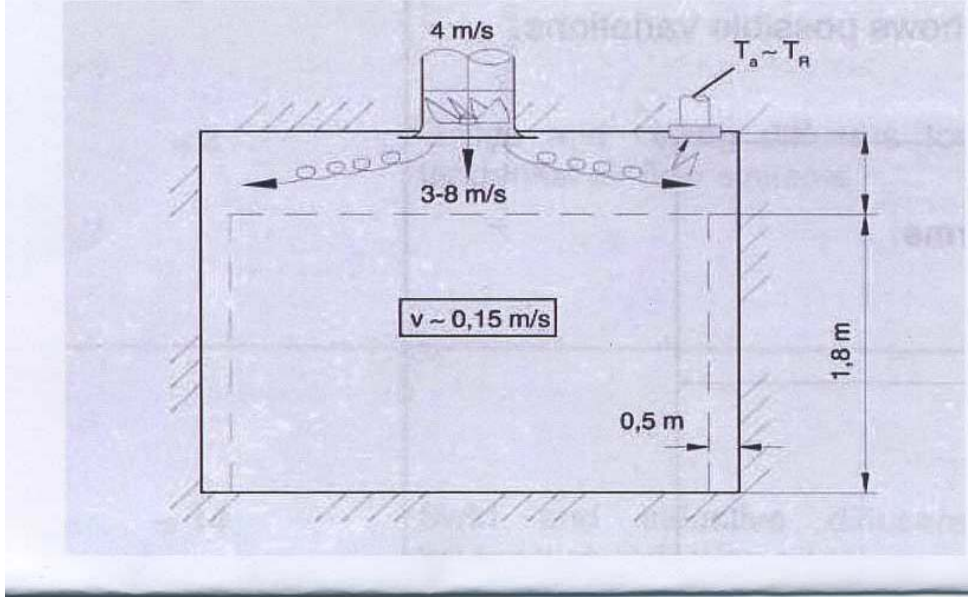
Hava değışim sayısı, n/h^1	Tipi of air outlet/diffuser air terminal
≤ 8	
≤ 14	
≤ 20	
≤ 25	
≤ 60	
≤ 80	

Hava değışim sayısının 8'den düşük olduğu uygulamalarda ızgaralar veya kare/yuvarlak menfezler (yayılar) kullanılır. 8-14 arası sabit girdapsal (swirl, helisoidal), 14-20 arası, sabit ve yer değıştirme (displacement) elemanlı girdapsal yayıcılar, 20-25 arası değışken (variable) girdapsal yayıcılar, 25-60 arası çok çıkışlı (multi-outlet) girdapsal yayıcılar, 60-80 arası çok çıkışlı ve yer değıştirme elemanlı yayıcılar kullanılır.

Karışım (mixing) hava dağıtım sistemleri: Karışım hava dağıtım sistemlerinde birincil (primer) hava, dağıtıcıdan 3 ila 15 m/s gibi çok büyük bir hız ve gürültüyle, dağıtıcı ağızından fırlatılır. Birincil hava hızla, ortam havasıyla karışarak, kullanılan bölgede (occupied zone) istenen hava sıcaklığı son hız (terminal velocity) ve ses düzeyine ulaşır.

Kullanılan bölge (occupied zone) oturan insanların bulunduğu yerlerde yerden 1.20 m. yüksekliğinde, ayakta olan insanların bulunduğu yerlerde, yerden 1.80 m yüksekteki hava katmanıdır. Son hız (terminal velocity) ise, karışım hava sistemlerinde 0.15-0.25 m/s dir. Karışım hava sistemlerinde, sıcaklık farkları (dağıtıcıdan çıkış sıcaklığı ile ortam sıcaklığı arasındaki fark) soğutmada 14 K, ısıtmada 20 K olabilir. Bu sistemde kullanılan hava dağıtıcılarına örnek olarak girdapsal (swirl)

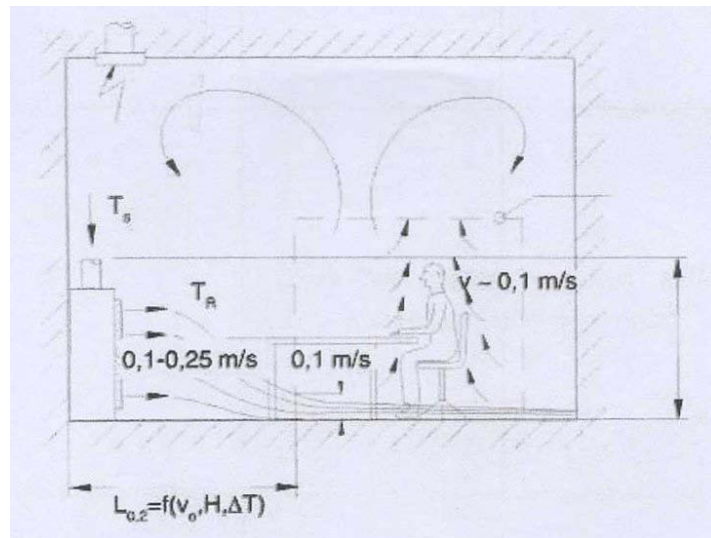
dağıtıcılar, yarık (slot lineer) dağıtıcılar ve lüle (nozzle) dağıtıcılar gösterilebilir. Hava değişim sayısının göreceli olarak düşük olduğu (15 ve altı) durumlarda, karışım tipi hava dağıtıcıları kullanılır.



Şekil 1.

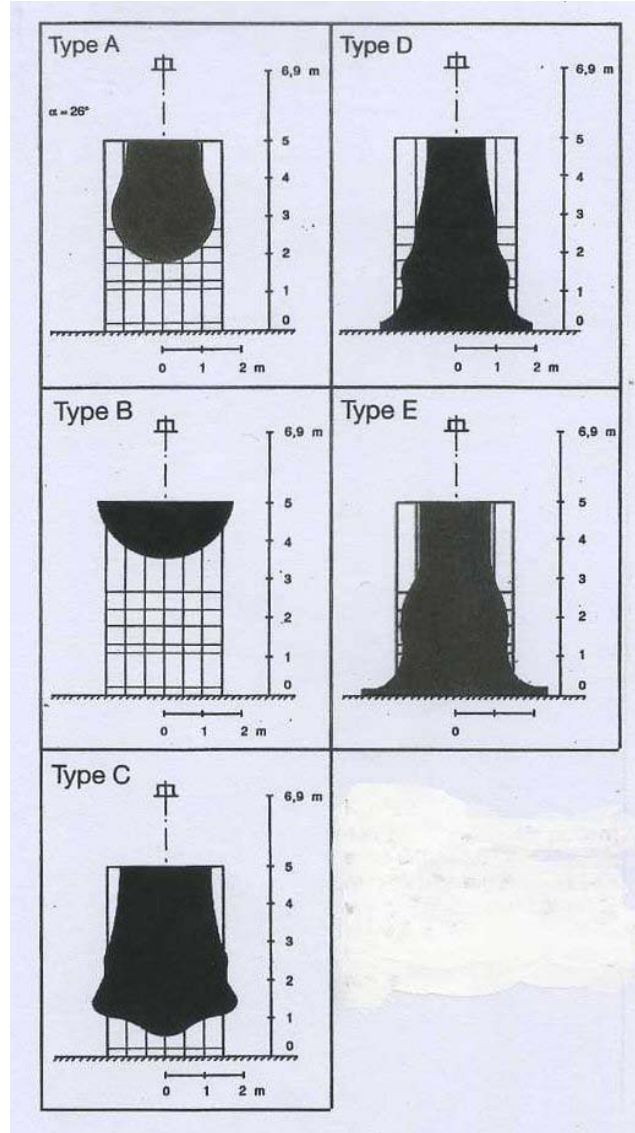
Yer Değiştirmeli (Displacement) Hava dağıtım sistemleri:

Bu sistemler soğutma uygulamalarına daha uygundur. Hava, dağıtıcıdaki delikli bir yüzeyden 0,1-0,2 m/s gibi çok düşük bir hızla ortama yayılır. Bu durumlarda kullanılan bölge, dağıtıcıdan yatay olarak belli bir uzaklıkta ve yerden 1.2-1.3 m yükseklikte bir bölge olarak tanımlanmaktadır. Yatay uzaklık kritik bölge olarak tanımlanır. Kritik bölge, dağıtıcının yüksekliği, üfleme hızı, üfleme sıcaklığı ve ortam sıcaklığına göre değişir. Kullanılan bölgede son hız 0.1m/s olmalıdır. Yer değiştirmeli hava dağıtım sisteminin ısıtma uygulaması istenirse, dağıtıcıya lüleler (nozzle) eklenir. Yer değiştirmeli hava dağıtım sistemlerinde soğutma uygulamalarında üfleme sıcaklığı ile ortam sıcaklığı arasındaki fark en fazla 6 K'ye kadar çıkarılabilir. Bu dağıtıcılara örnek olarak, duvar ve döşeme tip dağıtıcılar verilebilir. Isıtma bu sistem daha çok, ilk ısıtma (warm up) uygulamalar için uygundur.



Şekil 2.

Isınan ve kirlenen hava yukarı doğru yükselir ve bu hava bir açıklıktan dışarı atılır. Yükselen havaya ortam havası da katıldığından hava hacmi giderek artar. Ortamda iki katman oluşur. Alt bölge (besleme havası) yer değiştirmeli havalandırma bölgesi, üst bölge ise türbülanslı karışım bölgesidir. Karıştırmalı (mixing) havalandırma sistemlerinden farklı olarak, yer değiştirmeli havalandırma sistemlerinde, kullanılan bölgede, havanın karışmasının az olması istenir. Diğer bir deyişle, kullanılan bölgedeki sıcaklık, hız gibi koşullar, besleme havası koşullarına yakındır. Bu tür hava dağıtım sistemleri geçmişte, endüstride, kirlenmiş havayı dışarı atmada yaygın bir şekilde kullanılmaktaydı. Günümüzde konfor iklimlendirmesinde de giderek yaygınlaşmaktadır. Ancak üfleme ve ortam sıcaklık farkının düşük olması ve düşey sıcaklık farkları nedeniyle oluşan hava akımlarından zaman zaman yakınmalar olabilmektedir. Bu uygulamalarda en büyük hava taşınma (convection) yükünün 25 w/m² yi aşmaması önerilmektedir. Bu durumlarda düşey sıcaklık gradyanı 3 K'yi geçmez.



Şekil 3

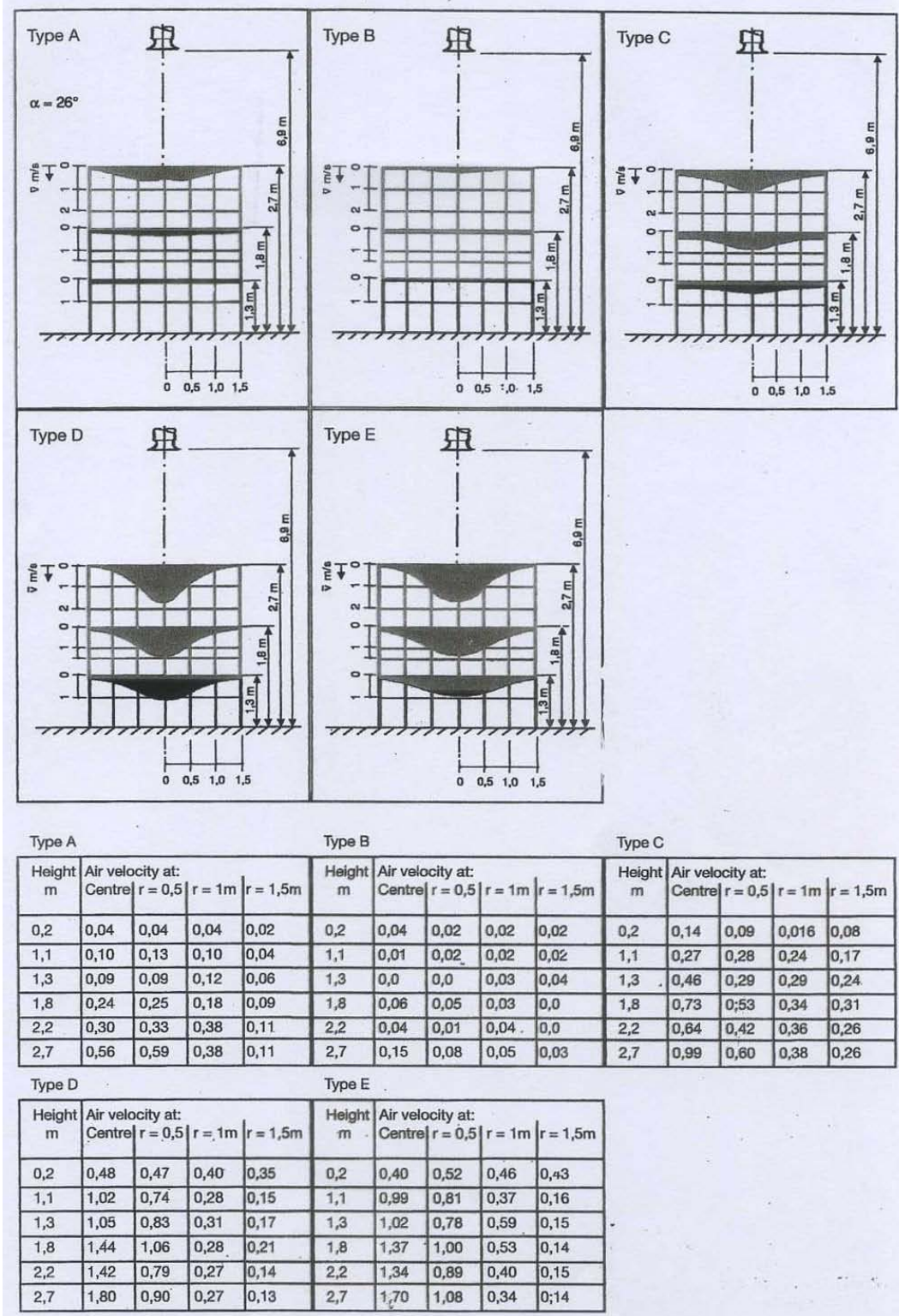
Biraz da türbülansdan söz edelim. “Türbülans yoğunluğu, standart sapmanın, ortalama hava hızına oranı olarak tanımlanmaktadır. Halk arasında “cereyan”, hava yolculuğunda, hava boşluğu denen şey aslında türbülanstır. Türbülans arttıkça, konfor düzeyi düşer. Bu da iç hava kalitesinin düşmesi demektir. Karıştırmalı hava sistemlerinde türbülans yoğunluğu % 15-40, yer değiştirmeli hava sistemlerinde ise % 5-10 dolaylarındadır.

Karıştırmalı hava dağıtım sistemleri ile yer değiştirmeli hava dağıtım sistemlerinin bir karşılaştırmasını yapalım:

Değer (Parametre)	Karıştırmalı	Yer değiştirmeli
Oda hava hızı (normal)	0.15-0.18 m/s	0.15-% 18 m/s
Sıcaklık gradyanı(normal)	1 k/m den küçük	2 k/m den küçük
(özel)	0.2 m/m den küçük	0.3 k/m den küçük
Türbülans	0.20-30	% 5-10
Sıcaklık farkı (üfleme-oda) N	Soğutma 10 k'den küçük Isıtma 10 k'den küçük Soğutma 20 k'den küçük Isıtma 14 k'den küçük	Soğ.10k'den küçük Isıtma 10 k'den küçük Soğ. 12 k'den küçük Isıtma 12 k'den küçük

Özel tasarlanmış karışım tipi dağıtıcılara örnek, değişken yönlü hava dağıtıcılarıdır. Değişken yönlü hava difüzörlerinin hava sıcaklık ve hızlarının değişimini inceleyelim.

Son zamanlarda havalandırma tasarım mühendisleri 3 m den yüksek ve yüksek ısı yükü olan hacimlerin havalandırılmasında, değişken yönlü, girdapsal hava yayıcılarını giderek daha fazla kullanmaktadır. Birçok uygulamalarda kullanılan bölgeye (occupied zone) hava üflenmesi mahallin geometrisi nedeniyle, bazı kasıtlamalara uğramaktadır. Yatay hava atış mesafesi sınırlı olabilmekte veya döşemede hava kirlenmesi nedeniyle, döşemeden üfleme uygun olmamaktadır. Bu durumlara çözüm bulmak amacıyla, hava dağıtıcı cihazları üreten firmalar, değişken üfleme yönlü (variable air pattern) hava dağıtıcı cihazları geliştirmişlerdir.



Sekil 4

Sabit yönlü bir dağıtıcı ile yükseklerden hava dağıtmak, hem ısıtma hem de soğutma uygulamalarında, kullanılan bölgede (occupied zone) istenen konfor koşullarının sağlanmasında, bazı sorunlara neden olabilmektedir. Hava üfleme yönü, soğutma uygulamasına uygun bir şekilde seçilmişse, ısıtmada, hava, kullanılan bölgeye, yani alt katmalara ulaşmada, zorlanabilir. Isınma

sorunu olur. Tersine, dağıtıcının hava üfleme yönü, ısıtmaya uygun olacak şekilde seçilmişse, soğutma istendiğinde, istenmeyen hava hareketlerine (türbülans) neden olur.

Sabit yönlü hava dağıtıcılarla, 3 metreden daha yüksekten hava dağıtma uygulamalarında, 5 dereceden daha fazla sıcaklık farkı olmamalıdır. (Üfleme sıcaklığı ile ortam sıcaklığı arasındaki fark). Aksi halde, soğutma uygulamasında, alt düzeylerde soğuk hava katmanları oluşur.

Başlıca 5 değişken yönlü hava dağıtıcı ürünün ana kriterleri aşağıdaki gibidir.

- Konulandırma yüksekliği : 3-12 m
- Hava debisi (dağıtıcı kapasitesine göre) : 300-1000 m³/h
- Soğutma yükü : 80-100w/m²
- Isıtma yükü : 80-120 w/m²

Bu ürünlerin aşağıdaki bireysel özelliklerini inceleyelim:

- Hava yönünü değiştirme yöntemi
- Isıtmada düşü (düşey atış uzaklığı)
- Soğutmada minimum debi
- Ses düzeyi
- Basınç kaybı

Dağıtıcılar A,B,C,D ve E olarak adlandırılmıştır. Her tür, hava üfleme yönünü değiştirme yöntemi bakımından çeşitlilik içermektedir.

Tablo 2.

Tablo 2

Nominal DN 400

Manufacturer	Range of variation cooling - heating (Pa)	Pressure variation (Pa)
A	50 - 14	36
B	70 - 40	30
C	50 - 50	0
D	73 - 49	24
E	70 - 35	35

Manufacturer	Volume flows m ³ /h at Lw dB(A)		
	35	40	45
A	920	1150	1435
B	920	1115	1360
C	1100	1290	1605
D	773	919	1091
E	696	835	1000

Çeşitli Değişken Yönlü dağıtıcıların incelenmesi Aerodinamik testler, araştırma laboratuvarlarında ve ses düzeyleri geçerli norm ve standartlara göre yapılmaktadır. Tablo 2'de çeşitli dağıtıcıların özellikleri görülmektedir.

Tip A

Bu türde hava akış karakteristiği, girdapsal kanatların (swirl blades) açılarının değiştirilmesiyle gerçekleşir. Bu işlem bir elektrikli, havalı (pnömatik) servomotor veya bir piston elemanı ile yapılır. Uyarı, üfleme havası sıcaklığından alınır. Soğutma çevriminde, kanatlar düşeyden 25 derece olacak şekilde maksimum yatay konuma getirilir. Isıtma çevriminde ise kanatlar düşeyden 10 derece olacak şekilde maksimum dikey konuma getirilir.

Tip B

Bu tip dağıtıcılarda merkezi bir tüp etrafında bir halka bulunmaktadır. Üfleme yönü bu merkezi tüp ile yapılır.

Tip C

Bu tip dağıtıcılarda üfleme yönünün değişimi, düşey üfleme için, havanın dış yüzeye, yatay üfleme için havanın merkezi plakaya yöneltmesiyle gerçekleştirilir.

Tip D

Bu tür dağıtıcılarda yön değişimi yayıcı dış yüzündeki bir yöneltme halkasıyla yapılır.

Tip E

Bu tiplerde 2 kanat takımı olup bir takım sabit, diğer takım ayarlanabilir niteliktedir. Birbirlerine göre göreceli konumları ayarlanarak üfleme yönü değiştirilebilir.

Hava dağıtım karakteristiğinin ayarı:

Değişken hava karakteristikli girdapsal difüzörlerin en önemli işlevi istenen hava karakteristiğini gerçekleştirmektir. Bu testlerin ana amacı, istenen karakteristiğin gerçekleştirildiğini görmektir. Gerçek hava karakteristiklerinin saptanması, düşey ve yatay hava atışlarının incelenmesi eşsıcaklıklı(isothermal) şartlarda yapılır. Aşağıdaki şartlarda, duman testi yapılarak hava karakteristikleri incelenmiştir.

Hava Debisi	: Q = 1000 m ³ /h
Sıcaklık farkı	: DT = 0 derece K (üfleme ortamı)
Hava karakteristiği ayarı	: Maksimum soğutma (%0) Maksimum ısıtma (%100) Isıtma soğutma arası ayar. Soğutmadan ısıtmaya (%25,%50,%75)

Görüleceği gibi, B ve C tiplerinde, yatay konumdan düşey konuma kesintisiz bir değişim vardır. Diğerlerinde yatay karakteristik çok belirgin değildir

Soğutma minimum debisi: Çoğu üretici, maksimum hava debisi için verileri belirler. Bu debi 400 mm lik dağıtıcılar için genelde 3500 m³/h tir. Uygulamada ise istenen düşük basınç kaybı ve ses düzeyini sağlamak için, dağıtıcılar genelde daha düşük debilerde çalışır. Özellikle VAV (değişken hava debi) uygulamalarında istenen yatay hava karakteristiğini gerçekleştirme için ne kadar düşük debiye inilebileceği önemli bir faktördür. Bu testlerde, 450,650, 800, 1050, 1250 ve 1500 m³ kısmi debilerindeki yatay hava karakteristikleri incelenmiştir. Testlerde DT= 8 k dir. Test sonucu; B ve C tiplerinde debi aralığı 450-3500 m²/h olmakta, diğerlerinde ise 1500-3500 m³ olabilmektedir.

Isınmada yatay atış: Soğutmada yatay atışın önemi çok büyüktür. Özellikle, sınıai uygulamalarda, yayıcının konuçlanma yüksekliği genellikle 3.5 m den fazladır. Üfleme havası sıcaklığı ortam sıcaklığından yüksektir. Sıcak hava aşağı inerken bir dirençle karşılaşır. Isıtma testleri aşağıdaki şartlarda yapılır.

Konuçlandırma yüksekliği	: 6.8 m (döşemededen)
Üfleme hava debisi	: 1500 M2/h
Sıcaklık farkı	: DT= + 10 derece K
Test ayarı	: %100 ısıtma

Testler ısıtma çevriminde 1.3, 1.8 ve 2.7 m yüksekliklerle yapılmış ve tablo 2 deki ve şekil 8A'daki sonuçlar elde edilmiştir. (terminal hız: 0.25 m/s) Soğutma çevriminde ise, sonuçlar şekil 8 b de gösterilmiştir. En iyi performansı C, D ve E tipleri vermiştir.

Karıştırmalı Hava Dağıtım Sistemleri ile Yer Değiştirmeli Hava Dağıtım Sistemlerinin bir karşılaştırmasını yapalım.

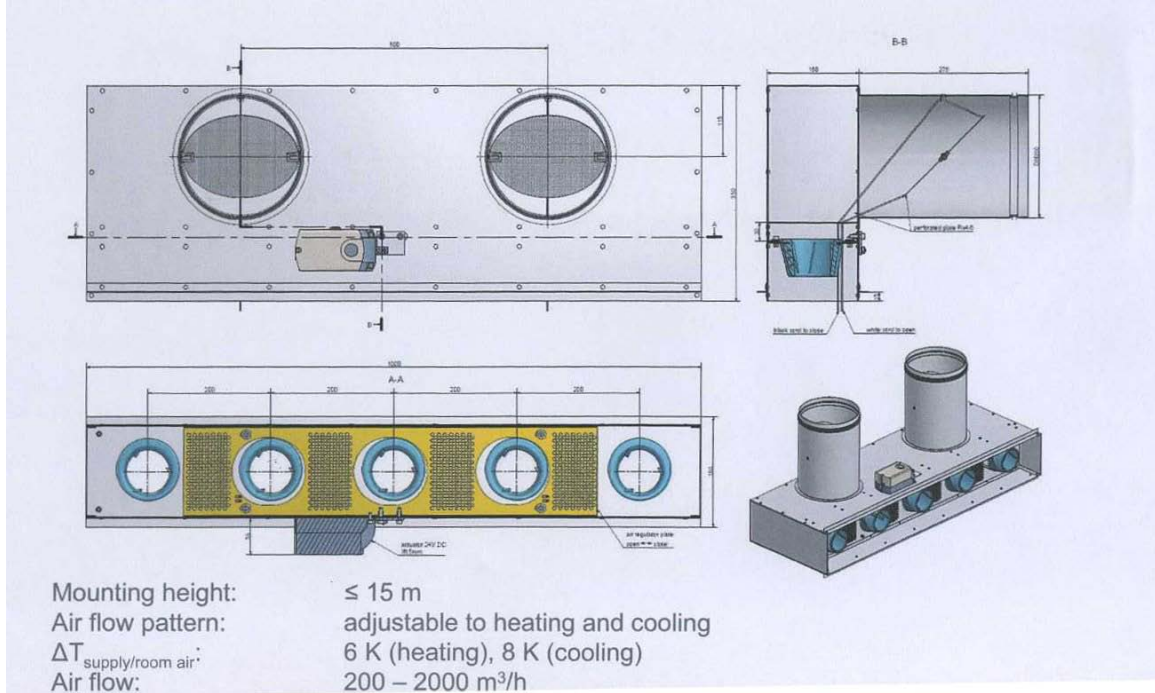
Değer (Parametre)	Karıştırmalı	Yer Değiştirmeli
Oda Hava Hızı (normal)	0.15-0.18 m/s	0.15-0.18 m/s
Ses Düzeyi (normal)	35-45 dB (A)	35-45 dB(A)
(özel)	25 dB(A)den küçük	22 dB(A)den küçük
Sıcaklık gradyanı (normal)	1 k/m den küçük	2 k/m den küçük
(özel)	0.2 " " "	0.3 " " "
Türbülans	% 20 – 30	% 10 – 15
Sıcaklık Farkı (DT) N So.	10 K' dan küçük	6 K'dan küçük
Is.	12 K' dan küçük	
Ö So.	20 K'dan küçük	10 K'dan küçük
Is.	14 K'dan küçük	12 K'dan küçük
Hava Değişim Sayısı (N)	3.5 – 12	3.5 – 12
(Ö)	3.5 tan küçük	12 – 60

Tablonun incelenmesinden çıkan sonuç: özel tasarlanmış, yer değiştirmeli dağıtıcılar, karıştırmalı dağıtıcılara göre, daha sessiz olmakta, daha az türbülansa neden olmakta, buna karşın daha düşük sıcaklık farklarına karşı çalışmakta ve düşeyde daha fazla sıcaklık gradyanı oluşturmaktadır.

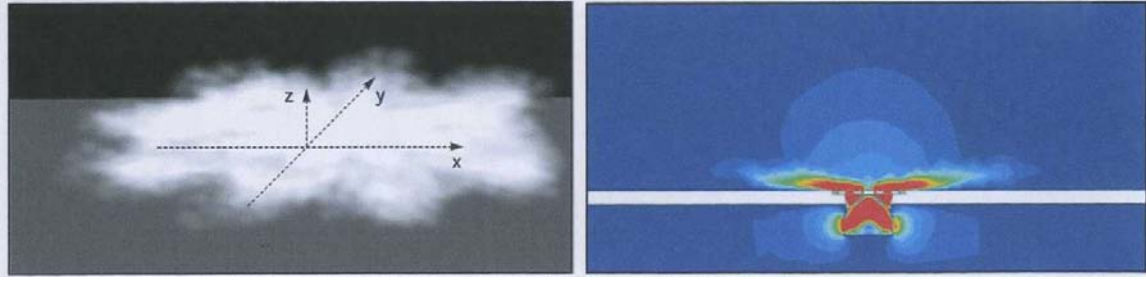
Karışım ve yer değiştirmeli sistemleri inceledikten sonra bu iki sistemin karması olan "karışım-yer değiştirmeli" sistemleri görelim. Aşağıdaki şekilde görüldüğü gibi hava hem delikli saç yüzeyden yer değiştirme yöntemiyle, hem de girdapsal yayıcılarla karışım yöntemiyle odaya gönderiler.

En Uygun Hava Dağıtım Sistemini Seçme Kriterleri:

- Isı yükü
- (Sadece soğutma, sadece ısıtma veya hem ısıtma hem soğutma)
- Oda yüksekliği
- Dağıtıcılar için elverişli yüzeyler. Tavanlar, duvarlar, döşeme
- Üfleme kanallarının odaya yaklaşma şekli
- İstenen hava değişim sayısı
- Yayıcının nereye konuçlandırılacağı
- İstenen hava debisi
- İstenen sıcaklık gradyanı
- İstenen hava akış karakteristiği
- İstenen ses düzeyi


Resim 1

Resim 2



Resim 3



Resim 4



Resim 5

SONUÇ

Hava dağıtım sistemi tasarımına gerekli özenin gösterilmemesi, yanlış seçilmiş dağıtıcıların, yanlış yerlerde konuşturulması, yaşanan yerlerde yetersiz sıcaklık koşullarına, istenmeyen hava akımlarının oluşmasına (draught) ve istenmeyen ses düzeylerine neden olmakta, bu da iç hava kalitesini düşürerek, olumsuz konfor koşulları oluşturmaktadır.

Hava dağıtıcıları, iç hacimlere konuşturıldığından, hava dağıtım sisteminin daha ön tasarımında bile, havalandırma tasarımı mühendislerinin, mimar, iç mimarla birlikte ortak bir çalışma yapmaları daha sonra da yapı sahipleri, işleticiler, yapımcılar ve uzmanlarla da beraber çalışma yürüterek istenen koşullar sağlanmalıdır.

Dağıtıcılar takıldıktan sonra, ayarlar dikkatle yapılmalı, sistemin düzgün çalışması sağlandıktan sonra zaman zaman kontrol edilmeli, ayarlar tekrar gözden geçirilmelidir.

KAYNAKLAR

- [1] Prof. Dr.- Ing. Bley, Herbert
An Investigation into Variable Air Pattern Swirl Diffusers
- [2] Dr. Ing.- Jaeger, Reimund
Various seminar notes

ÖZGEÇMİŞ

Seyfullah HALU

1964 yılında İ.T.Ü. Makine Fakültesi'nden Y. Mühendis olarak mezun oldu. Çeşitli özel kuruluşlarda, otomatik kontrol, ısıtma havalandırma, iklimlendirme konularında mühendis, uzman, yönetici olarak çalıştı. 1993'ten bu yana kurucusu olduğu METES Mühendislik'te yönetici olarak çalışmaktadır. Yurt içi ve yurtdışında çeşitli eğitim programlarına katıldı. Evli ve 2 çocuk sahibi olup, İngilizce bilmektedir.