



**bu bir MMO  
vayıdır**

MMO, bu makaledeki ifadelerden, fikirlerden, toplantıda çıkan sonuçlardan ve basım hatalarından sorumlu değildir.

## **V.A.V. Sistem Uygulaması, İlk Yatırım Masraflarının Düşürülmesi ve İşletme Ekonomisi**

**C. Suat ŞAHİN**

ALARKO San. Tic. A.Ş.

# V.A.V SİSTEM UYGULAMASI, İLK YATIRIM MASRAFLARININ DÜŞÜRÜLMESİ VE İŞLETME EKONOMİSİ

C. Suat ŞAHİN

## ÖZET

V.A.V'li sistemlerin işletme masrafının çok düşük olduğu, gerek işletmeciler gereksede projeciler tarafından kabul edilen bir gerçektir. Ancak bununla beraber V.A.V sistemlerin ilk yatırım masraflarının çok pahalı olduğuna dairde bir genel kanı mevcuttur.

Ancak V.A.V sistem dizaynının iyi yapılması durumunda bir çok uygulamalarda ilk yatırım masraflarının sanıldığı kadar yüksek olmadığı, hatta bazı sistemlere göre daha da ekonomik olduğu ortaya çıkmaktadır.

Örneğin doğu-batı zonları olan bir ofis binasında soğutma yükleri hesaplanırken her zondaki bir mahalın kritik yükleri ayrı ayrı değerlendirilir. Bir zonun bir mahalinde belli bir ayda belli bir saatte kritik yükler mevcutken diğer zondaki başka bir mahalde başka bir gün ve saatte soğutma yükleri daha kritik olmaktadır.

Ancak odanın besleme havası hesaplanırken odanın bu kritik saatteki soğutma yükleri baz alınarak hesap yapılmakta ve toplam besleme havası ve soğutma kapasitesi bu yükler toplanarak bulunmaktadır.

Duruma göre diversite veya emniyet faktörleri soğutma yüklerine uygulanmaktadır. Hava debisi ise (sabit debili sistemlerde) yine o mahalın soğutma pik yükü hesabına göre maximum  $\Delta t$  sıcaklığı göz önüne alınarak tesbit edilir. Her mahale gereken hava debileri toplanır ve sisteme hitap edecek klima santrallerinin debisi bulunur.

Ancak değişken hava debili sistemlerde sistemin hava debisi mahalın yüküne göre değiştirebildiği için tüm mahallerin maximum hava debisi ihtiyacı göz önüne alınarak toplam debi hesaplanmaz. Soğutma grubu kapasitesi tespit edilirken emniyet faktörü kullanılmasına gerek kalmaz. Bu durumda ilk yatırımda santral debileri ile buna bağlı olarak soğutma grubu ve kazan kapasiteleri daha düşük seçilebilmektedir.

Böyle bir uygulamada santral debisinde % 30-40'lara, soğutma grubu ve kazan kapasitelerinde ise % 15-20'lere varan azalmalar meydana gelmektedir.

Böylelikle kanal ekipmanlarının getirmiş olduğu artışa karşılık toplam ilk yatırım maliyetinde azımsanmayacak miktarda düşmeler meydana gelmektedir.

İşletme sırasında ise mahal yüklerinin fiili anlık durumuna göre besleme havası kontrol edildiğinden santral hemen hemen her zaman daha düşük debilerde çalışmaktadır. Santral üzerinden geçen hava debisi azaldığında ise soğutma ve kapasite ihtiyaçları debi ile doğru oranda azalmaktadır. Fanın çektiği güç ise, örneğin frekans konvertörle debisi kontrol edilen santrallerde, debi düşme oranının küpü ile doğru orantılı olarak azalmaktadır.

Bu da işletmede V.A.V sistemini rakipsiz kılmaktadır.

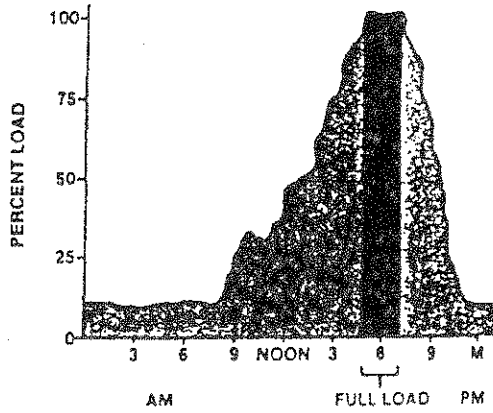
Bu bildiride V.A.V. uygulamaları ilk yatırım ve işletme maliyetlerinin düşürülmesi hususunda V.A.V. sistemlerinin bazı dizayn kriterleri ve bu önlemlerin yatırımcılara getireceği avantajlar örnekleriyle irdelenecektir.

### V.A.V. NERELERDE (HANGİ TİP BİNALARDA) KULLANILIR

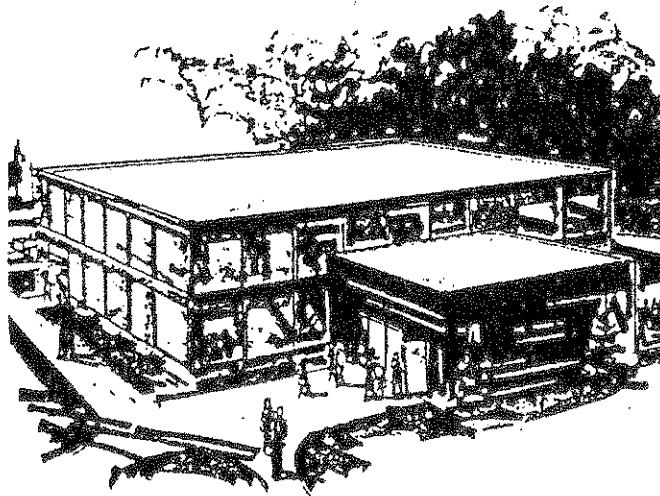
V.A.V sistem uygulamaları; bürolar, sınıflar, havaalanları, hastanelere ve süpermarket gibi binalarda oldukça iyi sonuçlar elde edilir ve bu yüzden tercih sebebidir.

Diğer bir deyişle çok değişken ısı yüklerine maruz kalan (çok miktarda cam içeren, insan sayısının gün içinde çok değişken olduğu) binalarda günlük soğutma yükü profili çıkarıldığında 24 saatin çok az bir süresinde tam yükte soğutma yükünün olduğu görülebilir. Aşağıdaki resim ve şekil bu söyleme uygun bir durumdur.

### COOLING LOAD PROFILE



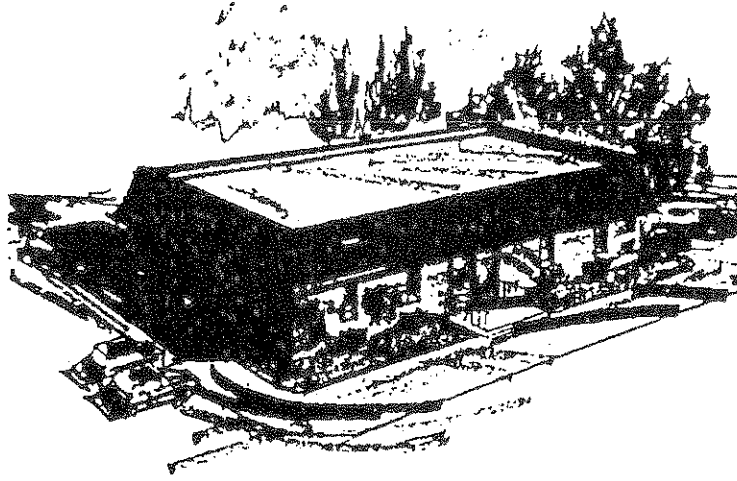
Şekil 1.



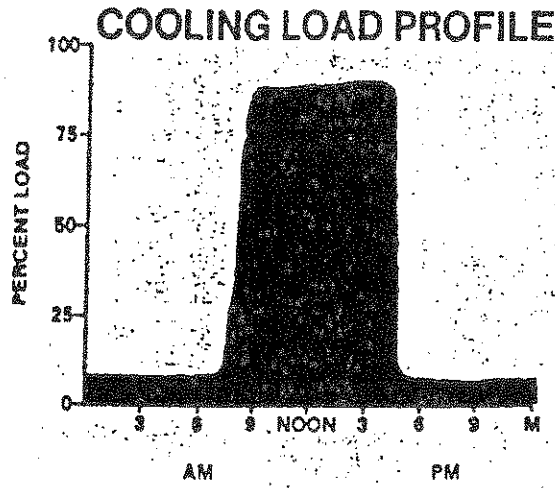
Şekil 2.

yukarıdaki şekilde görüldüğü üzere örnek binadaki pik yük mesainin bitimine doğru ve öğleden sonra geç vakitlerde oluşmaktadır. Ayrıca pik yük süresi 24 saatin içinde 2 saatlik bir zaman dilimi içinde meydana gelmektedir.

Öte yandan az miktarda cam içeren ve insan yükü açısından gün boyunca değişiklik göstermeyen bir fabrikanın soğutma yükü profili aşağıdaki gibi olduğu gözlemlenebilir.



Şekil 3.



Şekil 4.

Soğutma yükü profilinde anlaşılacağı üzere; binanın soğutma yükü mesai başlangıcından bitimine kadar stabil bir durum arz etmektedir. Binanın kısmi yüklerde çalışma süresi çok az olduğu için, böyle bir yapıya sahip olan bir yerde V.A.V uygulamalarının yatırımcıya bir getirisi olması durumu söz konusu değildir.

### V.A.V. UYGULAMALARINDA DİKKAT EDİLMESİ GEREKEN KRİTERLER

Bir binada V.A.V. uygulaması esnasında tasarımcının dikkat etmesi gereken önemli faktörlerden başlıcaları şunlardır:

1. Termal Kontrol Zonları
2. Hava Hareketi
3. Hava Dağılımı
4. Tavan Uygunluğu
5. Gürültü (Ses Şiddeti)
6. Hava Hızı
7. Üfleme Sıcaklığı
8. Kanal Kesitleri ve Özelliği

## 1. TERMAL KONTROL ZONLARI

Daha öncede belirttiğimiz gibi, V.A.V. çok farklı ısı zonlarına maruz kalan binalarda ekonomik olduğunu ifade etmiştik.

Bu nedenle farklı ısı zonlarına sahip olan bir binanın farklı bölgelerinde, farklı yükler oluşmaktadır.

Bu farklılık tesis giderlerinin ve işletme giderlerinin daha az olması demektir.

Kontrol zonlarını;

- Binanın yeri ve yönelişi
- Her bir cephedeki mimari tarzı
- Binanın kullanılış biçimi belirlemektedir.

Termal zonlamayı etkileyen faktörleri belirlemek üzere aşağıdaki 2 örneği incelersek

1. Tek katlı bir ilköğretim binası özellikleri;
  - Her cephede yoğun miktarda cam
  - 8 adet derslik
  - Yüksek ısı katsayıları

Bu binada dersliklerin kullanılışı farklı zamanlarda olabileceğinden dolayı sekiz odanın her biri bağımsız bir termal zon oluşturmaktadır.

Bu sebeplerden ötürü söz konusu bu bina iyi bir V.A.V. uygulaması için örnek gösterilebilir.

2. Tek katlı bir imalathane binası özellikleri:
  - Her cephede az miktarda cam
  - Isı transfer katsayıları düşük

Cam yüzdesinin düşük olması ve ısı transfer katsayılarının düşük olması sebebiyle, bina hemen hemen dış hava sıcaklıklarına karşı duyarsızdır. denilebilir. Ayrıca binanın içindeki mahallerin farklı zamanlarda kullanımı söz konusu olmadığından dolayı bu bina V.A.V. sisteme uygun değildir.

## 2. HAVA HAREKETİ

Hava hareketi saatteki hava değişimi olarak tanımlanabilir. Genelde klimatize edilecek bir ofis mahalinde saatteki hava değişim oranı 4-8 arasındadır. Saatte 6 defa alırsak Saatteki hava değişimi tabanın birim m<sup>2</sup>'si başına hava miktarı ve tavan yüksekliği ile ilişkilidir. Bir örnekle irdelediğimiz takdirde:

Hava değişim oranı : 6 defa/h  
Kat yüksekliği : 2,8 m

Oda Hacmi x Hava değişim oranı  
m<sup>2</sup> başına saatteki hava değişimi :  $\frac{\text{Oda Hacmi} \times \text{Hava değişim oranı}}{\text{Saat} \times \text{m}^2}$

veya = 2,8 m x m<sup>2</sup>/h = 0,0047 m<sup>3</sup>/sn/m<sup>2</sup> veya = 16,8 m<sup>3</sup>/h/m<sup>2</sup> başına.

Enerji tasarrufu bakımından, binalar günümüzde genellikle düşük aydınlatma değerleriyle tasarlanmaktadır. Bunun sonucu olarak aydınlatma yükünü dengelemek için m<sup>2</sup> başına düşen hava debisi azalmaktadır.

Örneğin 40 watt/m<sup>2</sup> yerine 20 watt/m<sup>2</sup> bir aydınlatma yükü aldığımız takdirde yukarıdaki örnekte görülen m<sup>2</sup> başına hava debisi daha düşük olacaktır.

Bu da saatteki hava değişim oranınının 6'dan daha küçük değerlere düşmesine sebep olacaktır. Bu da yetersiz hava akış sorununu ortaya çıkarabilecektir.

Yetersiz hava akış sorunu lineer slot diffüzörlerle çözülebilmektedir.

Laboratuarlarda yapılan deneyler sonucu  $1 \text{ m}^3/\text{h}$ 'lık üflenmiş bir hava kendisi kadar (mahalde) bir havayı hareket ettirdiği görülmüştür. Bunun anlamı % 50 oranında bir hava değişimi tasarımının meydana getirmiş olacağı hava hareketine denk bir hava hareketi gösterdiği'dir.

Yine bir çok yapının  $\text{m}^3/\text{h}$  gereksinmelerinin aydınlatma ve insan yükünü yakından izledikleri de kabul edilmelidir.

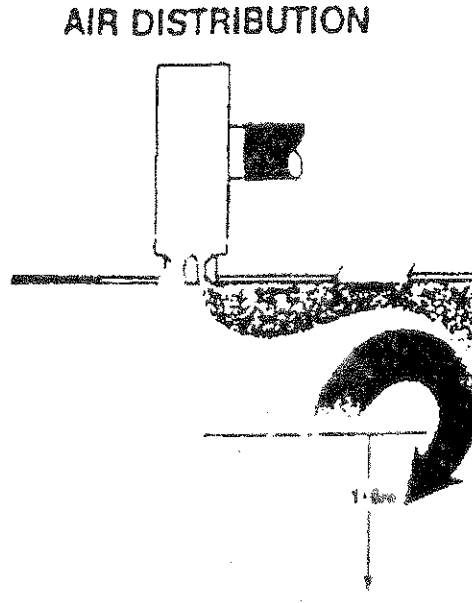
Diğer bir deyimle insanlar bir mahale girdiğinde ve ışıklar yakıldığında tam yükteki hava hareketi meydana gelmektedir.

Diğer taraftan mahal başladığında mahaldeki hava hareketi; yükler azaldığından dolayı azalacaktır. Ayrıca bu düşük hava hareketinden dolayı rahatsız olabilecek insanlar da mahalde bulunmayacaktır. Laboratuvarlar, oditoryumlar gibi yerler hava hareketinin başlıca ilgi konusu olduğu halka açık yerlerdir. Bu yüzden V.A.V ekipmanlarının seçim ve dizaynını yaparken minimum bir set noktası tesbit edilmesi gerekir. Örneğin bir V.A.V. cihazının otomatik kontrolünde cihazın minimum % 25' e kadar kısması sağlanabilir.

### 3. HAVA DAĞILIMI

Bir V.A.V. sistemi tasarlanırken, hava dağılımında önemli bir konfor hususudur. Daha önce de belirttiğimiz gibi lineer slot diffüzörler tavan boyunca "coanda" etkisini harekete geçirmektedir.

Bu ise, havanın hızı düşene kadar tavan boyunca havanın hareket etmesine neden olmaktadır.



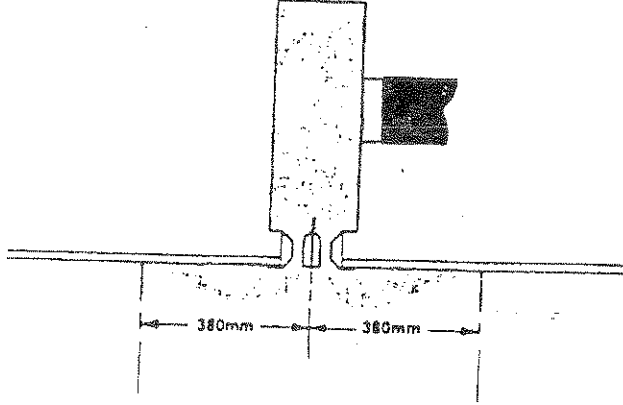
Şekil 5.

Besleme havası tavanın bitiminden itibaren çökmekte ve tabanın yaklaşık  $1,5 \approx 1,6 \text{ m}$  kadar yukarısında bir yükseklikle ( $\approx 24 \text{ }^\circ\text{C}$  mahal sıcaklığı) oda sıcaklığında havayla karışmaktadır. Ortaya çıkan karışmış hava sıcaklığı odanın oturulan düzeyinde herhangi bir çekiş duygumunu ortadan kaldırmaktadır.

Coanda etkisi hava debisinin % 5'ine kadar sorunsuz olarak sağlanabilir.

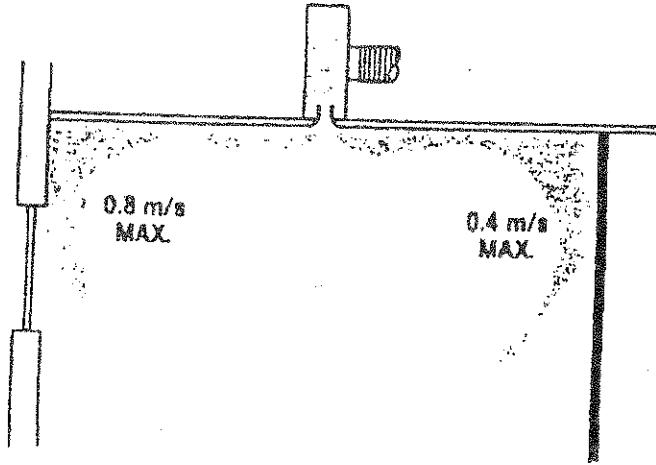
Coanda etkisini tam olarak elde edebilmek için; lineer slot diffüzörlerin minimum 380 mm düz tavana ihtiyaçları vardır.

Diğer bir deyişle dış veya iç duvardan en az 380 mm uzağa monte edilmelidirler.



Şekil 6.

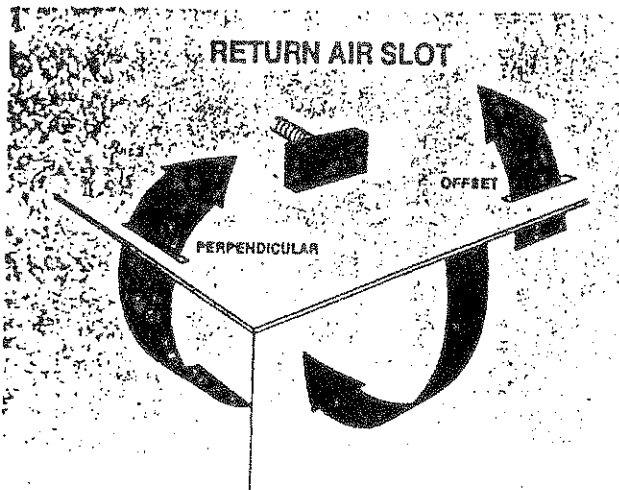
Seçilen bir diffüzör dış duvarda 0,8 m/sn'yi, iç duvarda da 0,4 m/sn'yi geçmeyen bir hava hızı yaratmalıdır.



Şekil 7.

Lineer Slot Diffüzörler iç ve dış duvarın tam merkezine koyulmalıdır.

Dönüş havası emiş difüzörleri, üfleme diffüzörlerine dik, düşey veya şaşırtmalı konumlara yerleştirilmelidir. Bunun sebebi ise mahalde durgun bir hava yaratmamaktır.

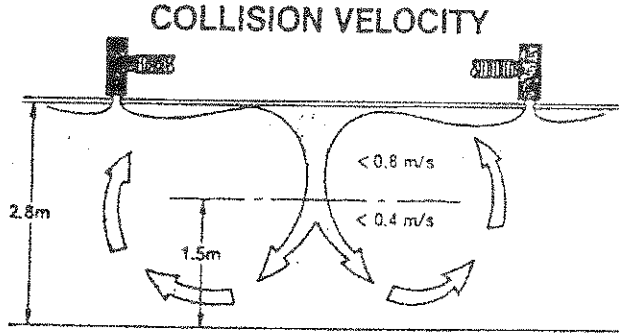


Şekil 8.

İki diffüzörden gelen üfleme havası akımlarının karşılaştığı odanın merkezindeki alanlarda hız 0,9 m/sn'yi aşmamalıdır.

2,8 m yükseklikteki tavanlarda bu kriter göz önüne alındığı takdirde 1,5 m yükseklikte hava hızının 0,4 m/sn'yi aşmayacağı deneylerle belirlenmiştir.

Tavanda havanın karışması nedeniyle, slot diffüzöre yakın yerde odada oturan bir kişinin hissettiği karışım havası sıcaklığı besleme havasının önemli ölçüde yukarisındadır. Bu nedenle 1,5 m düzeyinde saniyede 0,4 m'lik hız odada oturanlara rahatlık verecektir.



Şekil 9.

#### 4. TAVAN UYGUNLUĞU

V.A.V. sistemler tavanlara yerleştirildiklerinden ve tavan yüzeyi boyunca havayı dağıtmakta olduklarından V.A.V. diffüzörlerinin yaygın kullanılan tavan tasarımlarına uygun olması gereklidir. Tavan uygunluğu ve bunun tasarımı binanın iç mimarisinin dizaynını yapan kişilerle beraber görüşülmesi gerekmektedir.

#### 5. SES

Ses seviyesinin önemli olduğu mahallerde V.A.V. uygulamaları ile daha sessiz çözümler bulmak mümkündür. Ses kriterinin önemli olduğu ve V.A.V kutularının kullanıldığı bir sistemi örnek alacak olursak;

- Öncelikle mahalde gereken NC değeri tablolardan bulunur,
- Daha sonra üretici firmanın katalogundan ihtiyaç olan debiye göre V.A.V. cihazı seçilir ve bu seçilen cihazın o debi ve  $\Delta p$ 'ye göre ürettiği ses miktarı katalogdan bulunur.
- Ana branşmandan gelen havanın ses seviyesi ile beraber mahale kadar havanın katettiği mesafedeki yutumlar toplanarak mahale ulaşacak olan ses şiddeti bulunur.

Bulunan değer, istenen şartlardaki değere eşit veya daha az ise bir gürültü problemi olmayacaktır. Eğer, tersi bir durum söz konusu olduğu takdirde daha uygun bir cihaz seçip, ses seviyesini tekrar hesaplayıp kontrol etmek gerekecektir.

Ses yutumu miktarları

- Oda  $\approx$  4-5 db
- Tavan  $\approx$  8-10 db
- V.A.V. ile diffüzör arasındaki flexibl kanal 7 db/mt.
- Diffüzör (cihaz tipine, debiye ve  $\Delta p$ 'ye göre üretici firma katalogundan tesbit edilir.)
- V.A.V. (cihaz tipine, debiye ve  $\Delta p$ 'ye göre üretici firma katalogundan tesbit edilir)

kabul edilebilir.

#### 6. HAVA HIZI

Hava hızı (V.A.V. cihazlarında) kullanılacak olan markanın kataloglarında gürültü miktarıda gözönüne alınarak bulunur.



Direkt olarak mahale üflenene hava slott diffüzörlerden geçtiği için, insanları esas etkileyen slot diffüzörün çıkışındaki hava hızıdır.

Jet Velocity olarak adlandırılan bu hız ise 2,5-5 m/sn arasında alınması tercih edilir.

$$V_{eff} = \frac{V}{s_{eff} \times L1 \times 3600} = \text{m/sn}$$

V = Debi m<sup>3</sup>/h  
S<sub>eff</sub> = 0,00294 m (yarık genişliği)  
L1 = Slot Diffüzör uzunluğu

Üfleme sıcaklığı genelde 15 °C ile 20 °C arasında seçilir. Bu sıcaklık aralığının alt noktası daha serin, üst noktası ise daha sıcak mahallerin dizaynında kullanılır.

Bir örnek verecek olursak, Antalya ili için üfleme sıcaklığını 20 °C almamız daha uygun olacaktır. Çünkü Antalya yaz dizayn sıcaklığı 28-30 °C olarak alındığından dolayı Δt = 8-10 °C'lık bir sıcaklık farkıyla mahaldeki soğutma oldukça iyi bir konfor şartı sağlayacaktır.

## 8. KANAL KESİTLERİ VE ÖZELLİĞİ

V.A.V. sistemlerinde kullanılacak kanal malzemesi galvaniz sac, alüminyum veya prefabrik kanal olabilir.

Fakat birleşim ağzlarını flanşlı yapmak ve sızdırmazlığa karşı önlem almak gerekebilir.

Kanal kesitlerinde ise yuvarlak veya dörtgen kullanılabilir.

Genellikle ana bronşman ve yan bronşmanlar dikdörtgen, asma tavan arasında kalan ve V.A.V. ile slot diffüzörler arasındaki bağlantılar dairesel kesitli flexibl kanallar ile yapılması imalat ve montaj kolaylığı açısından tercih edilebilir.

## 9. CİHAZ TIPLERİ VE ÖZELLİKLERİ

Bir V.A.V. uygulamasında kullanılan ekipmanları sıralarsak,

1. Soğutma Grubu
2. Klima Santrali
3. VAV Cihazları
4. Slot Diffüzörler
5. Otomatik Kontrol
6. Boru tesisatı
7. Kanal tesisatı
8. Isıtma kazanı

olmak üzere sekiz ana kalemden oluştuğunu görebiliriz.

Yukarıda sıralaması yapılan malzemelerin, VAV kontrol cihazları dışındakileri diğer sistemlerde kullanılan cihazlardan **kullanım itibarıyla** pek farklı olmadığından dolayı bu bölümde VAV cihazları ve slot diffüzörler ele alınacaktır.

### 1. VAV CİHAZLARI

- Kesitlerine göre dairesel veya dikdörtgen olabilirler. Dairesel kesitliler montaj ve hassasiyet yönünden dikdörtgen kesitlilere göre daha kullanışlıdır.
- Dairesel kesitlerde debi aralığı 100 m<sup>3</sup>/h - 6500 m<sup>3</sup>/h
- Dikdörtgen kesitlilerde debi aralığı 200 m<sup>3</sup>/h - 15000 m<sup>3</sup>/h 'tir.
- Toleransları ± % 5-8 arasındadır.
- Dairesel kesitlerde ses seviyesinin kritik olduğu yerlerde akustik izolasyonlu veya susturuculu tipleride kullanmak mümkündür.

## VAV CİHAZ SEÇİMİ

Önce bir mahal için projelendirme esnasında maximum ve minimum hava debileri tespit edilir. Daha sonra katolgtan en küçük tipten başlayarak maximum ve minimum debiyi çalışma aralığında veren tipi bulunur.[Tablo]

Tablo 1.

Size	V <sub>E</sub>													
	Transducer range 250 Pa					FKA - P1 (100 Pa)				FK/ P2 (300 Pa)				
	Jp <sub>gmin</sub> Pa	l/s	m <sup>3</sup> /h	ΔV <sub>min</sub> l/s	ΔV <sub>min</sub> m <sup>3</sup> /h	ΔV ±%	Jp <sub>gmin</sub> Pa	l/s	m <sup>3</sup> /h	ΔV ±%	Jp <sub>gmin</sub> Pa	l/s	m <sup>3</sup> /h	ΔV ±%
10	20	10	36	25	90	20	20	15	54	10	20	25	90	10
	20	30	108			7	20	30	108	8	20	50	180	8
	30	60	216			5	20	45	162	5	35	75	270	5
	70	100	360			5	30	60	216	5	70	100	360	5
12	20	15	54	38	137	20	20	25	90	10	20	40	144	10
	20	60	216			7	20	50	180	8	30	75	270	8
	55	105	378			5	25	70	252	5	55	110	396	5
	90	145	522			5	45	95	342	5	90	145	522	5
14	20	20	72	48	173	20	20	30	108	10	20	50	180	10
	20	80	288			7	20	60	216	8	30	100	360	8
	45	140	504			5	25	90	324	5	55	150	540	5
	85	190	684			5	35	120	432	5	85	195	702	5
16	20	25	90	63	227	20	20	35	126	10	20	65	234	10
	20	80	288			7	20	75	270	8	25	130	468	8
	35	145	522			5	25	115	414	5	45	190	684	5
	70	250	900			5	30	155	558	5	70	250	900	5
20	20	45	162	105	378	20	20	60	216	10	20	105	378	10
	20	180	648			7	20	130	468	8	25	220	792	8
	35	310	1116			5	25	200	720	5	35	330	1188	5
	65	420	1512			5	30	265	954	5	65	445	1602	5
25	20	70	252	163	585	20	20	95	342	10	20	160	576	10
	20	270	972			7	20	200	720	8	20	330	1188	8
	25	470	1692			5	20	305	1098	5	30	500	1800	5
	45	650	2340			5	20	410	1476	5	45	670	2412	5
31	20	105	378	290	1044	20	20	165	594	10	20	280	1008	10
	20	425	1530			7	20	355	1278	8	20	545	1962	8
	20	740	2664			5	20	545	1962	5	20	800	2880	5
	30	1060	3816			5	20	730	2628	5	30	1060	3816	5
40	20	180	648	445	1602	20	20	255	918	10	20	440	1584	10
	20	715	2574			7	20	545	1962	8	20	890	3204	8
	20	1250	4500			5	20	835	3006	5	20	1335	4806	5
	25	1780	6408			5	20	1125	4050	5	25	1780	6408	5

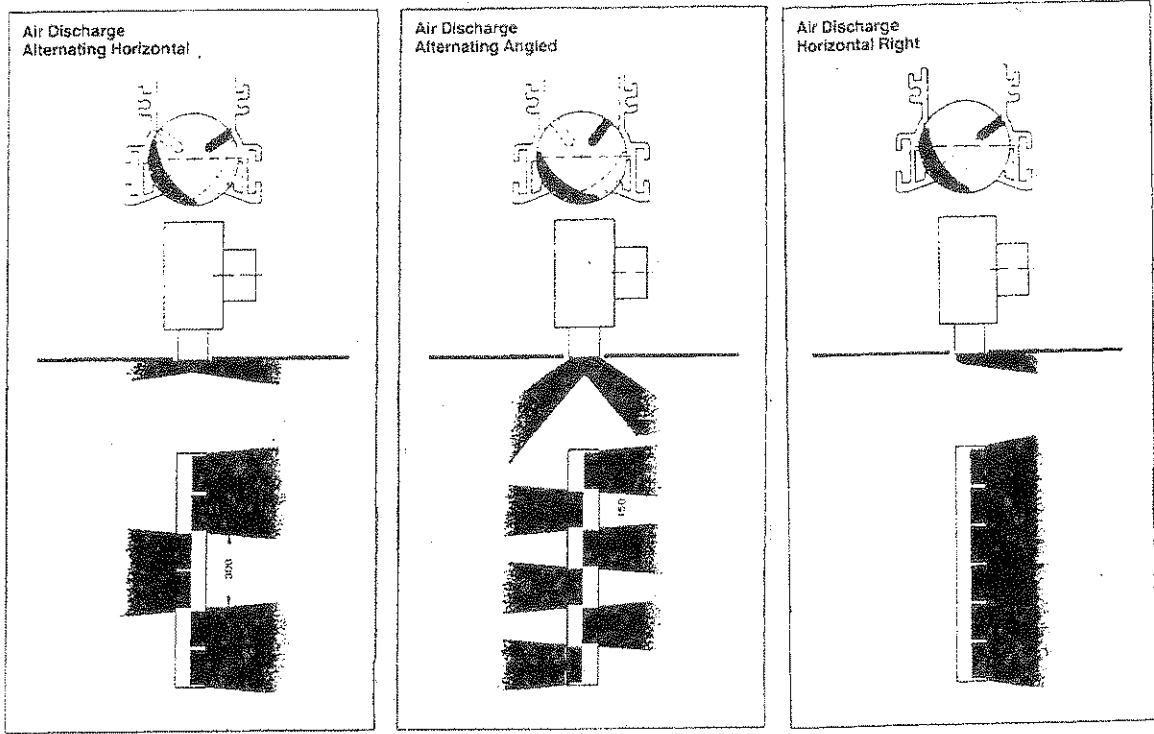
Burada dikkat edilmesi gereken en önemli husus, maximum debinin seçilen tipin maximum verdiği debiden daha az olması gerektiğidir.

VAV cihazlarının seçim tablosundan cihazları seçerken cihazın verdiği maximum ve minimum debilere yaklaşmamaya çalışmak gerekir.

Cihaz tipi seçildikten sonra, o cihazın maximum debideki ses seviyesi kontrol edilmelidir [Tablo]



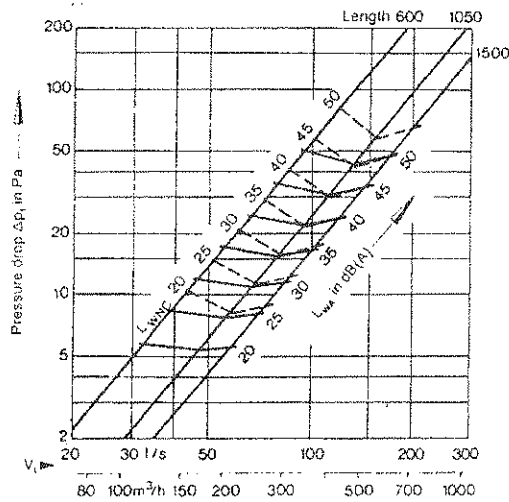
Tablo 3.



Ayrıca fazla kullanılmamakla birlikte VAV'li tipleride standart olarak temin edilebilirler.

### SLOT DİFÜZÖR SEÇİMİ

Önce projeden bulunan debi ve ses seviyesini sağlayan seçim abağı tesbit edilir. Daha sonra abakta debi'den yukarıya çıkılarak istenen boydaki diffüzör eğrisi kesiştirilir. Kesişen noktadan sola doğru gidilerekte o diffüzörde o debide meydana gelen  $\Delta p$  basınç düşümü tesbit edilir.



Grafik 1.

Eğer bulunan ses seviyesi ve  $\Delta p$  basınç düşümü istenen değerlerin çok üstünde ise aynı diffüzörün çift veya daha çok yarıkısının seçiminin yapıldığı abağa geçirilir.

Diffüzör çıkışındaki efektif jet velocity'nin bulunması

$$V_{eff} = \frac{V}{s.eff.L1 \times 3600} = [ m/sn ]$$

formülüyle bulunur.

$V_{eff}$  = Efektif çıkış hızı ( m/sn )

$V$  = Diffüzör debisi (  $m^3/sn$  )

$S_{eff}$  = Yarık genişliği ( m ) tablodan bulunur.

$L1$  = Diffüzör uzunluğu ( m )

### V.A.V. SİSTEMLERDE HAVA DEBİSİ VE SOĞUTMA GRUBU KAPASİTESİNİN HESAPLANMASI (EK-1 ÖRNEK PROJeye GÖRE)

1. Önce örnek tek katlı ofis binasının 6 mahalinin her birinin ayrı ayrı pik yükte ısı kazancı ve bunu karşılayacak hava debisi hesaplanır.

Buradan bulunan toplam soğutma yükü  $\approx 88$  kw  
toplam hava debisi  $\approx 5346$  l/sn

Buradaki 6 mahal in altısında da farklı ay ve farklı saatlerde pik yüklerinin oluştuğunu görürüz.

2. Daha sonra bu 6 mahali olan binayı tek bir zon kabul ederek ısı kazancı ve bunu sağlayan debi bulunur. Seçim çıktısına baktığımızda Eylül ayının içinde saat 16'da binayı tek bir zon kabul ettiğimiz zaman en büyük ısı kazancının meydana geldiğini görürüz.

$QT = 82$  kw  
 $VT = 4883$  l/sn

Toplam 140 kişinin olduğunu göz önüne aldığımız takdirde  $11$  l/sn/kışık  $140 = 1540$  l/sn taze hava ihtiyacı tesbit edilir.

Taze havadan gelen yükü de ilave ettiğimiz zaman  $QT = 114$  kw elde edilir.

Sonuç olarak Eylül ayı saat 16'da 140 kişinin aynı anda bulunmasının çok uzak bir ihtimal olmasından dolayı % 10'luk bir diversite faktörü de kullanılarak toplam hava debisi  $4883$  l/sn  $\times 0,9 \approx 4400$  l/sn olarak tesbit edilir.

Sabit debili sistemle oranladığımız zaman;  
 $4400 / 5346 = \% 82$  % 18'lik bir debi azalması meydana gelir.

Bu da seçilecek kılma santrali ve fan tipinin küçülmesini, ayrıca elektrik motoru gücünün ve tipinin küçülmesini sağlar

Soğutma gücü ise  $114$  kw  $\times 0,90 = 102,6$  kw olarak tesbit edilir.

Sabit debili sistemde oranladığımız takdirde  $102$  kw /  $120$  kw = % 15'lik bir soğutma gücü azalması meydana gelir.

Soğutma grubu seçiminde ise her mahal in pik yükü oluştuğu zaman ihtiyacı olan debi ve soğutma sağlanacağından dolayı ek bir emniyet faktörü kullanmaya gerek kalmayacaktır.

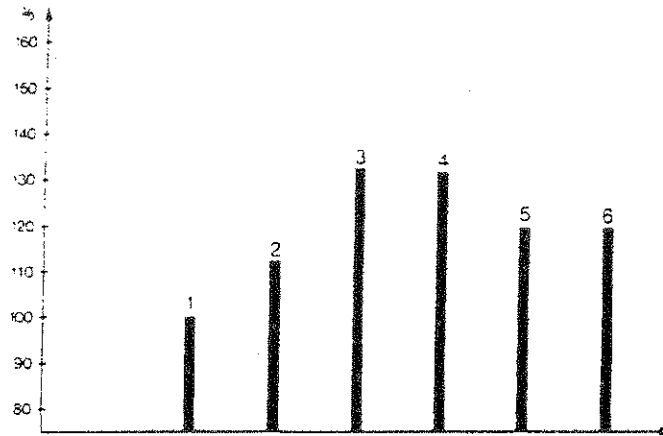
### Örnek binada V.A.V. sistem ile C.A.V sistem arasında ilk yatırım maliyetinin karşılaştırılması

	MALZEME (*)	VAV	CAV
1)	K.Santralı	6650 USD	8000 USD
2)	S.Grubu	14000 USD	17000 USD
3)	Havalandırma Kanalı (30 USD/m2)	6300 USD (210 m2)	9000 USD (300 m2)
4)	Boru Tesisatı	7000 USD	10000 USD
5)	VAV Box (14 Ad)	7000 USD	-----
6)	Slot Diffüzör (28 Ad)	3600 USD	3600 USD
7)	Otomatik Kontrol	4000 USD	3000 USD
	<b>TOPLAM</b>	<b>48550 USD</b>	<b>50600 USD</b>
	<b>%</b>	<b>100</b>	<b>104</b>

(\*) Havalandırma kanalı ve boru tesisatı haricinde tüm ekip Ex-Works olarak alınmıştır.

Yukarıdaki maliyet analizlerinden de görüldüğü üzere V.A.V. sistemlerinin ilk yatırım maliyetleri CAV sistemlere göre daha düşük olmaktadır.

Yukarıdaki örnekte % 4 gibi bir azalma gözükmeyle birlikte sistemler büyüdükçe bu oran % 20'ye kadar çıkmaktadır.



Comparison of the relative total costs of different systems

- 1 VAV system with background heating
- 2 2-pipe induction system
- 3 4-pipe induction system
- 4 Dual duct system
- 5 Dual conduit system
- 6 All-air induction (local reheating)

**Grafik 2.**

Yukarıdaki grafikte de muhtelif sistemlerin birbiriyle olan ilk yatırım maliyet oranlarını görmekteyiz. Bu grafikte de 6 sistem arasında da VAV'li sistemin daha ucuza mal olduğunu teyid etmektedir.

İlk yatırım maliyetinden başka V.A.V. sistemlerinin kurulu güç bakımından toplam enerjilerini hesapladığımızda ise aşağıdaki durum ortaya çıkar.

	VAV	CAV
Vantilatör gücü	9,4 kw	11 kw
Aspiratör gücü	6,9 kw	8,2 kw
S.Grubu gücü	26,6 kw	36,2 kw
S.Grubu Fan gücü	2 kw	2 kw
Chiller Pompası gücü	4 kw	5,54 kw
<b>TOPLAM</b>	<b>48,9 kw</b>	<b>62,9 kw</b>
<b>% 100</b>		<b>128</b>

yukarıda görüldüğü üzere kurulu güç açısından da sistemin ihtiyacı % 22 oranında azalmaktadır. Bu da sistemin trafo ihtiyacı ve kablo kesitlerinde bir azalma sağlayacaktır.

## VAV'Lİ SİSTEMLERDE İŞLETME GİDERLERİNİN DÜŞÜRÜLMESİNDE DİKKAT EDİLECEK HUSUSLAR

### 1. Fan Kontrol

İşletme giderlerinde VAV'li bir sistemde en çok tasarruf sağlanabilecek unsurların başında Fan'ların çektiği güç gelmektedir.

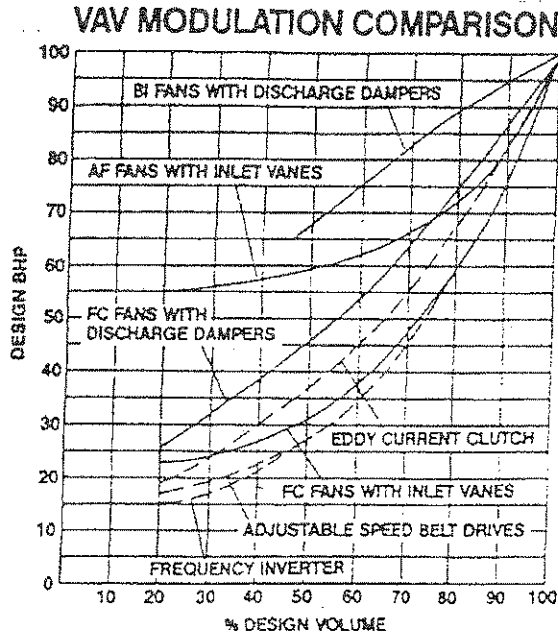
Bu sebepten ötürü fan kontrolü sistem dizayn edilirken özellikle belirtilmesi gereken bir husustur.

Fan kontrolü 3 ana şekilde sağlanır;

1. Inlet quide vanes
2. Fan speed kontrol
3. Ayarlanabilir kayış kasnak tertibatı.

Ayrıca birde yukarıda belirtilmeyen vardır ki bu da fan-by-pass dır.

Aşağıdaki diyagramda fan kontrollerinin debi-güç karşılaştırmalarını görmekteyiz.



Grafik 3.

Yukarıda belirttiğimiz fan kontrollerinin tam yükte çektiği güçler aynı olmakla beraber kısmi yükte çektikleri güçler farklılık göstermektedir.

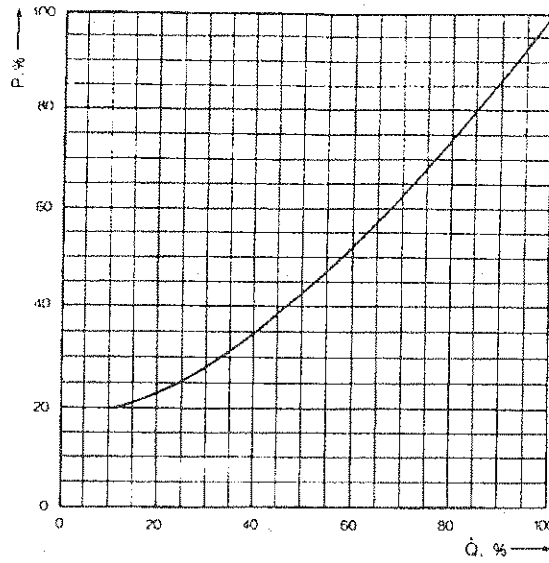
Dizayn edilen debinin % 25'e düşmesi halinde (minimum set noktası) en az güç ihtiyacı fan speed kontrol yeni frekans inverterde olduğu kolayca gözükmemektedir.

## 2. Soğutma Grubu

Soğutma Grubu'nda çektiği güç açısından sistem içinde azımsanmayacak bir yer tutmaktadır. Bu sebepten ötürü kısmi yükte çalışma verimi yüksek olan soğutma grubu seçmekte fayda vardır.

Ayrıca çok kompresörlü soğutma grupları tercih sebebi olmalıdır.

Büyük soğutma yüklerinde ise santrifüj tip kompresörlü soğutma grupları tercih edilmelidir. Aşağıdaki grafikte ise bir pistonlu soğutma grubu soğutma güç eğrisini görmekteyiz.



Typical partial load characteristic of a turbo refrigeration machine

Q̇ Cooling output, %  
P Motor output, %

**Diyagram 4.**

## VAV'Lİ SİSTEMLERDE İŞLETME GİDERLERİ HESAPLANMASI

Bir sistemin amortisman süresini, o sistemin ilk yatırım maliyeti ve yıllık işletme giderleriyle orantılıdır.

Bu sebepten ötürü sistemin ilk yatırım maliyeti ve yıllık işletme giderlerini hesaplamamız gerekmektedir.

Bildirinin daha önceki kısımlarında ilk yatırım maliyeti hesaplanmıştır. Şimdi işletme maliyetini hesaplayacağız



Binanın yukarıdaki şekilde görülen soğutma yükü profiline göre toplam yıllık enerji fiyatı

Soğutma Yüğü	Saat	Gün	Saat/yıl	VAV (*) Çekilen güç	VAV Toplam güç	CAV Çekilen güç	CAV Toplam güç
Pik yükte	2 saat/gün	220 gün	440 h/yıl	48,9	21516 kwh/yıl	48,9	21,516 kwh/yıl
% 75 yükte	4 saat/gün	220 gün	880 h/yıl	31	27280 kwh/yıl	40,4	35552 kwh/yıl
% 50 yükte	4 saat/gün	220 gün	880 h/yıl	19,5	17160 kwh/yıl	33,8	29744 kwh/yıl
% 25 yükte	14 saat/gün	220 gün	3080 h/yıl	12,9	39732 kwh/yıl	29	89320 kwh/yıl
<b>TOPLAM</b>					<b>105688 kwh/yıl</b>		<b>176132 kwh/yıl</b>
				%	<b>100</b>		<b>166</b>
Sistemi % 25 kısmi yükte çalışmadığını varsayarsak				%	69,956 kwh/yıl		86,812 kwh/yıl
					100		131

\* Burada hesaplanan güçlerde fan için  $\left( \frac{V1}{V2} \right)^3 = \frac{P1}{P2}$

formülünden gidilerek P2 güçleri bulunmuştur. Soğutma grubunun kısmi yüklerde çektiği güç ise **Soğutma-Güç** tablosundan alınmıştır. Diğer güçler her iki sistemde de sürekli tam güçte çalıştığı kabul edilmiştir. Yukarıda görüldüğü üzere sistem tam gün çalışmada VAV'li olarak dizayn edildiği takdirde CAV'li sisteme göre yıllık 70000 kwh'lık bir enerji tasarrufu gerçekleştirilebilir.

## SONUÇ

Sonuç olarak iyi bir dizayn yapıldığı takdirde VAV'li klima sistemleri diğer sistemlere göre tahmin edilenin aksine hem ilk yatırım maliyetleri nin daha az olduğu gözükmektedir.

Paranın maliyetinin çok yüksek olduğu günümüzde tüm yatırımcıların ilk yatırım ve işletme maliyetleri dikkate alındığında düşündüğümüz takdirde, VAV'li sistemi rahatlıkla tercih edeceği hususunda bir tereddüt olmayacaktır.

## KAYNAKLAR

- [ 1 ] Trane Variable Air Volume Systems Manual-1988
- [ 2 ] Landis & Gyr Air-Conditioning Plants
- [ 3 ] Landis & Gyr Variable Air Volume
- [ 4 ] Trox Varycontrol VAV Terminal Boxes
- [ 5 ] Ashrae HVAC Systems and Equipment-1996

## ÖZGEÇMİŞ

1962 Elazığ doğumludur. 1979 yılında Diyarbakır Ziya Gökalp Lisesini, 1983 yılında G.Ü.M.M.F. Makina Mühendisliği bölümünü bitirmiştir.1988 yılından beri Alarko Sanayi ve Ticaret A.Ş.'de çalışmaktadır. Makina Mühendisleri Odası ve TMD üyesi, evli ve bir çocuk babasıdır.

## EK - 1

### ÖRNEK PROJE

Yapı Elemanları Isı Geçirime Katsayıları:

Pencere :  $U = 3,25 \text{ W/m}^2 \cdot \text{C}$   
Dış Duvar :  $U = 0,75 \text{ W/m}^2 \cdot \text{C}$   
Çatı :  $U = 0,4 \text{ W/m}^2 \cdot \text{C}$

Klima Santrali Debisi :  $18950 \text{ m}^3/\text{h}$   
Infiltrasyon :  $0,15 \text{ l/s.m}^2$   
Kişi Sayısı  
Ofisler : 20 Kişi  
Toplantı Odası &  
Açık Ofisler : 30 Kişi  
Bina Durum Katsayısı :  $H = 0,84$   
Oda Durum Katsayısı :  $R = 0,9$   
Pencere ve Kapı Çerçevesinin Hava Sızdırma Derecesi  $a=2,0$

SINGLE HOUR LOAD CALCULATION OUTPUT

Sep 1600h : VAV COMBINED

JOB NAME: SEMINER DATE PREPARED: 02-07-97  
 SITE NAME: ISTANBUL, Turkey GMD Muh.Lt  
 OUTDOOR DB/WB: 32.2/ 23.9 C INDOOR DB: 26.0 C RH: 50 %  
 \*\*\*\*\*

Zone Loads & System Information Summary pg 1

LOAD COMPONENT	SENSIBLE (Watt )	LATENT (Watt )
SOLAR GAIN	27,176	0
GLASS TRANSMISSION	3,841	0
WALL TRANSMISSION	2,168	0
ROOF TRANSMISSION	7,785	0
TRANS. LOSS TO UNCOND. SPACE	0	0
LIGHTING ( 12,000 W TOTAL)	11,997	0
OTHER ELEC. ( 2,000 W TOTAL)	1,999	0
PEOPLE ( 140 PEOPLE TOTAL)	10,050	8,409
MISCELLANEOUS LOADS	0	0
COOLING INFILTRATION	1,349	2,364
COOLING SAFETY LOAD	3,318	539
-----		
SUB-TOTALS	69,683	11,312
NET VENTILATION LOAD ( 1540 l/s)	11,540	21,450
SUPPLY FAN LOAD (kW = 0.3)	339	0
ROOF LOAD TO PLENUM	0	0
LIGHTING LOAD TO PLENUM	0	0
-----		
TOTAL COOLING LOADS	81,562	32,761
TOTAL COOLING LOAD =	114,323 Watt	
or 114.36 kW or	10.5 sq m/ kW	
ZONE TOTAL FLOOR AREA =	1,200.00 sq m	
ZONE OVERALL U-FACTOR =	0.783 Watt/sqm/K	
*****		

Transmission and Solar Gain by Exposure

LOAD COMPONENT	AREA (sq m)	TRANSMISSION (Watt )	SOLAR GAIN (Watt )
-----			
GLASS LOADS: NE	0	0	0
E	35	708	4,750
SE	0	0	0
S	60	1,213	12,266
SW	0	0	0
W	35	708	8,261
NW	0	0	0
N	60	1,213	1,899
H	0	0	0
WALL LOADS: NE	0	0	-
E	68	319	-
SE	0	0	-
S	80	940	-
SW	0	0	-
W	68	603	-
NW	0	0	-
N	80	307	-

SPACE PEAKS for : VAV COMBINED

Mo.	Hour	Sensible ( kW )	Latent ( kW )	Supply Air (l/s)	Space Name
Jul	1800	10.92	1.53	755	01 OFİS
Jul	1700	10.19	2.55	705	02 TOPLANTI ODASI
Jul	1000	10.01	1.58	692	03 OFİS
Sep	1700	14.95	1.56	1,034	04 OFİS
Sep	1500	18.76	2.43	1,298	05 AÇIK OFİSLER
Sep	1400	12.46	1.54	862	06 OFİS
		77.28	11.19	5,346	

MAX. LOADS : VAV COMBINED

No.	Month	Hour	Zone Sensible ( kW )	Zone Total ( kW )	Supply Air (l/s)
1	Sep	1600	70.94	82.03	4,883
2	Aug	1600	70.04	81.36	4,822
3	Aug	1700	69.38	80.83	4,776
4	Sep	1500	69.70	80.66	4,798
5	Sep	1700	69.15	80.38	4,760
6	Aug	1500	68.28	79.46	4,700
7	Jul	1700	67.36	78.80	4,637
8	Jul	1600	67.28	78.60	4,632
9	Aug	1800	67.11	78.11	4,620
10	Sep	1400	66.51	77.61	4,579

