

12163

HAVALANDIRMA VE HAVA İLE ISITMA  
HAVA SANTRALLERİ

Ferhat DEMİRCİ

Anadolu Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca  
Makina Mühendisliği Anabilim Dalı  
Enerji Bilim Dalında  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
Olarak Hazırlanmıştır

Danışman: Doç.Dr.Kemal TANER

Şubat - 1989

Ferhat DEMİRCİ'nin YÜKSEK LİSANS tezi olarak hazırladığı "Havalandırma ve Hava İle Isıtma Hava Santralleri" başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

131.3/1989

ÜYE : PROF. DR. KEMAL TANER

ÜYE : RET., Doç. Dr. Tahir Kafaslı

ÜYE : DR. Jasor Pancer

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun **23 MART 1989**  
gün ve **208/3** sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Rüstem KAYA  
Enstitü Müdürü

## ÖZET

Isıtma ve havalandırma konusu, yaşanan mahallerde özellikle büyük işletmelerde bir sorun olarak karşımıza çıkar. Havalandırma, mahallin projelendirmesi sırasında düşünülmelidir. Aksi halde işletme açısından daha fazla emek ve maliyete neden olur.

Bu çalışmanın birinci bölümünde havalandırma genel hatlarıyla incelenmiş ve çeşitlerinden bahsedilmiştir. Daha sonra ısıtma ve havalandırma santralinin kurulmasında gerekli elemanlar, hava kanalları, kontrol cihazları verilmiştir.

İkinci bölümde örnek bir mahallin, hava ile ısıtılması sırasındaki ısı kayıpları hesaplanmıştır. Isı kayıplarına bağlı olarak, ısıtıcı seçilmiş ve hava santrali için uygun hava filtresi seçimi yapılmıştır. Bundan başka, emme ve basma hava kanallarının boyutlandırılması ve emiş menfezlerinin seçimi yapılmıştır. Son aşamada ise, alternatif yakıtlara göre ekonomik analiz yapılmıştır. Havalandırma kanallarının izoleli ve izolesiz durumdaki farklılıkları bulunmuştur.

## SUMMARY

The subject of heating and ventilating are generally encountered in living places and at large factories. Ventilating has to be considered during the procect design of the location, other wise it may cost more money and labor from the wiev point of the factory administration.

In the first part of this thesis,, ventilating has been generally outlined, and various types of ventilation processes have been investigated, after that the necessary equipments to installed the heating and ventilating center with air duets control equipment have been introduced.

In the second part, heat losses of a sample factory has been calculated, depending of these heat losses the choice of heating coil and also the choice of appropriate air filter for the ventilation center have been made Furthermore the sizing of blowing and suction ducts, the choice of the suction passeges has been made. At the last stage economic analysis according to alternative fuels has been studied and the differences in calulating the heat loss between insulated and Uninsulated cases of air ducts have been found.

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
GİRİŞ .....	1
BİRİNCİ BÖLÜM HAVALANDIRMA VE HAVA İLE ISITMA HAVA SANTRALLERİ	
I. HAVALANDIRMA HAKKINDA GENEL BİLGİLER .....	2
I.1. Tesisin Sınıflandırılması .....	3
I.1.1. Basınçlı Havalandırma .....	3
I.1.2. Emmeli Havalandırma .....	4
I.1.3. Kombine Havalandırma .....	4
II. DIŞ HAVANIN ALINMASI VE HAZIRLANMASI .....	6
II.1. Dış Havanın Alınması .....	6
II.2. Havanın Temizlenmesi .....	6
II.3. Havanın Isıtılması .....	7
III. HAVALANDIRMA SANTRALLERİ .....	8
III.1. Vantilatör Odası .....	10
III.2. Titreşim ve Gürültü Sorunu .....	11
IV. HAVA KANALLARI .....	14
IV.1. Kanalların Temizleme Kolaylığı .....	14
IV.2. Hava Hareketine Karşı Gösterilen Direncin Düşük Olması Gereği .....	15
IV.3. Hava Yapı Malzemeleri .....	15
IV.4. Yardımcı Elemanlar .....	17
V. HAVALANDIRMA MENFEZLERİ .....	18

## İÇİNDEKİLER (Devam)

	<u>Sayfa</u>
V.1. Hava Giriş ve Çıkış Açıklıklarının Yeri .....	19
V.2. Hava Menfezi Şekilleri .....	20
V.2.1. Duvarlara Açılan Menfezler .....	21
v.2.2. Tavan Menfezleri .....	22
VI. HAVANIN MAHAL İÇİNE ÜFLENMESİ .....	22
VI.1. Akım Şemaları .....	23
VI.1.1. Giriş Havası Hızı Düşük Olan Tesisler .....	23
VI.1.1.1. Yukarıdan Aşağıya ve Ters Olarak Aşağıdan Yukarı Doğru Havalandırma .....	24
VI.1.1.2. Enine Havalandırma .....	25
VI.1.1.3. Huzmeli Havalandırma Tesisleri .....	25
VI.2. Kirli Havanın Tahliyesi veya Kirlilik Derecesinin Azaltılması .....	26
VI.3. Akım Şemasındaki Düzensizlikler .....	27
VI.4. Çeşitli Havalandırma Örnekleri .....	27
VII. ÖLÇME VE AYARLAMA CİHAZLARI .....	29

## İKİNCİ BÖLÜM

### BİR FABRİKANIN HAVALANDIRILMASI VE HAVA İLE ISITILMASI

I. HAVALANDIRILACAK MAHALİN HAVA İHTİYACI .....	32
II. HAVALANDIRILACAK MAHALİN ISI KAYIPLARI .....	35
II.1. Transmisyonla Olan Isı Kayıpları İçin Kabuller .....	35

## İÇİNDEKİLER (Devam)

	<u>Sayfa</u>
II.1.1. Dış Duvarlar İçin K Değerinin Bulunması .....	35
II.1.2. Tavandaki K Değerinin Bulunması ...	36
II.1.3. Zamlar .....	38
II.2. Enfiltrasyonla Olan Isı Kayıpları .....	41
II.3. Toplam Isı Kaybı .....	45
III. ISITICI SEÇİMİ .....	45
III.1. Vantilatörden Geçen Havanın % 20 sinin Dışarı- dan Alındığını Kabul Ederek Hesaplanması ...	46
III.2. % 100 İç Hava İle Çalışma Hali .....	48
III.3. Kondenstop Seçimi .....	48
III.4. Isıtıcı Serpantin Borularının Mukavemet Hesabı .....	49
IV. HAVA FİLTRESİNİN SEÇİMİ .....	52
V. HAVA KANALLARININ BOYUTLANDIRILMASI, BASINÇ DÜŞÜMÜNÜN HESAPLANMASI .....	53
V.1. Basma Kanalları ve Anemostatlar .....	53
VI. EMİŞ KANALLARI VE EMİŞ MENFEZLERİ .....	65

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

### BİRİNCİ BÖLÜM

Şekil.1.	Havalandırmada Kullanılan Semboller .....	5
Şekil.2.	Vantilatör Yerleşim Düzeni .....	12
Şekil.3.	Vantilatör Yerleşim Düzeni .....	13
Şekil.4.	Vantilatör Yerleşim Düzeni .....	13
Şekil.5.	Havanın Mahal İçine Giriş Çeşitleri .....	24
Şekil.6.	Havalandırma Biçimleri .....	26
Şekil.7.	Çeşitli Havalandırma Örnekleri .....	28

### İKİNCİ BÖLÜM

Şekil.1.	Normal Delikli Tuğla .....	36
Şekil.2.	Buhar Akış Sistemi .....	46
Şekil.3.	Isıtıcı Batarya .....	47
Şekil.4.	Isıtıcı Batarya Isı Değerleri .....	48
Şekil.5.	Kondenstop Kesiti .....	49
Şekil.6.	Hava Filtresi Görünümleri .....	51
Şekil.7.	Anemostat .....	56
Şekil.8.	Anemostat Kesiti .....	56
Şekil.9.	Anemostat Damper Tipleri .....	57
Şekil.10.	Alt Kat Hava Kanallarının Dağılımı .....	74
Şekil.11.	Üst Kat Hava Kanallarının Dağılımı .....	75
Şekil.12.	Hava Santrali Detay Resmi .....	76



## ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

### BİRİNCİ BÖLÜM

Tablo.1.	Toplantı Salonlarında Üst Ses Seviyesi Sınırı .....	11
Tablo.2.	Metal Kanallar İçin Saç Kalınlıkları .....	17
Tablo.3.	Havalandırma Santralleri İçin Yaklaşık Hacim Ölçüleri .....	30

### İKİNCİ BÖLÜM

Tablo.1.	Bir Mahallin Bir Saatdeki Hava Değişimi Miktarı .....	32
Tablo.2.	Dış Hava Değişim Miktarı .....	34
Tablo.3.	Dış Duvarlar İçin K Değerinin Bulunması ..	35
Tablo.4.	Tavandaki K Değerinin Bulunması .....	36
Tablo.5.	İç Sıcaklık Dereceleri .....	37-38
Tablo.6.	Transmisyon ile Olan Isı Kayıpları .....	39-40
Tablo.7.	Kapı ve Pencere İçin a Değerleri .....	41
Tablo.8.	Birleşme Yerleri Uzunluğunun Yaklaşık Tayini .....	42
Tablo.9.	R Katsayısının Tayini .....	42
Tablo.10.	Bina Katsayısı H .....	43
Tablo.11.	Enfiltrasyonla Olan Isı Kaybı .....	44
Tablo.12.	Kondenstop Seçim Tablosu .....	49
Tablo.13.	Madeni Filtremizin Hava Hızı Değişimine Göre Basınç Kaybı Diyagramı .....	52
Tablo.14.	Çeşitli Dikdörtgen Kanal Kesitleri İçin Eşdeğer çap $d_g$ Tablosu .....	54
Tablo.15.	Menfezlerden Hava Çıkış Hızları .....	55
Tablo.16.	Yuvarlak Tavan Difüzörlerin Montaj Ölçüsü .....	57
Tablo.17.	Yuvarlak Tavan Difüzörlerin Seçim Tablosu.	58
Tablo.18.	Basma Kanallarının Boyutlandırılması, Basınç Düşümleri .....	59

ÇİZELGELER DİZİNİ (Devam)

	<u>Sayfa</u>
Tablo.19. Basma Kanallarının Boyutlandırılması, Basınç Düşümleri .....	60
Tablo.20. Basma Kanallarının Boyutlandırılması, Basınç Düşümleri .....	61
Tablo.21. Basma Kanallarının Boyutlandırılması, Basınç Düşümleri .....	62
Tablo.22. Toplayıcı Menfezler Seçim Tablosu .....	63
Tablo.23. Emiş Kanallarının Boyutlandırılması, Basınç Düşümleri .....	64
Tablo.24. Emiş Kanallarının Boyutlandırılması, Basınç Düşümleri .....	65

## GİRİŞ

İnsanların ihtiyaçlarını karşılamak amacı ile kurulmuş mekanlarda gerekli konforun sağlanması havalandırma sistemleri yardımıyla gerçekleştirilebilir. Yaşanılan mekanlarda zamanla meydana gelen havanın kirliliği ortamın yaşamsal koşullarını olumsuz yönde etkiler. Bu etkinin en aza indirilmesi, ortamda yaşayan kişilerin fiziksel ve ruhsal sağlıkları yönünden gereklidir.

Bu çalışmada, öncelikle mekanlarda kurulacak havalandırma sistemleri teknik açıdan incelenmiştir. Daha sonra, yerleşik bir mekanın havalandırma sisteminin nasıl olması gerektiği saptanmaya çalışılmıştır.

Birinci bölümde, havalandırma konusunda gerekli temel kavramlar tanımlanarak, genel olarak bir havalandırma tesisinde olması gerekli teknik şartlar belirtilmiştir. Aynı bölüm içinde, mekanların havalandırılması yanında hava ile ısıtılması konusunda incelenmiştir.

İkinci bölümde, gerçek bir mekanın belirli bir bölümünün havalandırılması ve hava ile ısıtılması konusunda yapılması gerekli olan çalışmalar, birinci bölümde verilen teknik bilgilere dayanılarak irdelenmiştir. Ayrıca ikinci bölümde, havalandırma tesisinde yapılacak ek düzenlemelerin getireceği maliyetlere ilişkin alternatif seçenekler belirlenmiştir.

## BİRİNCİ BÖLÜM

### HAVALANDIRMA VE HAVA İLE ISITMA HAVA SANTRALLERİ

#### I. HAVALANDIRMA HAKKINDA GENEL BİLGİLER

İster oturulan, isterse çalışılan bir mahalde olsun, yaşam için gerekli konforun sağlanması gerekmektedir. Bir mahalin yaşanabilir olması için yalnızca ısıtılması yeterli değildir. Çünkü insanların yaşadığı kapalı bir ortamda zamanla (sigara dumanı ve kokusu, ter kokusu, insan nefesi, egzoz kokusu v.b. nedenlerle) hava kirlenir. Kirlenen hava nedeniyle o mahalde çalışmak güçleşir. Çalışma ortamının konforunun sağlanması için kirlenen havanın taze ve temiz hava ile yer değiştirmesi gerekir. Bir mahalin iyi bir şekilde havalandırılması ise ancak mekanik bir havalandırma tesisatıyla mümkün olur.

Havanın temizlenmesi, ısıtılması ve harekete geçirilmesi birçok masraflara neden olur. Herhangi bir işletmenin kuruluşu sırasında bu giderlerin belirlenmesi gerekir. Eğer bu giderler, işletme için fazla bir yekûn oluşturursa, daha basit tipte ve daha ucuz yardımcı bir havalandırma düzeninin kurulması daha akılcı olmaktadır.

Bir havalandırma tesisinde, havanın temizlenmesi, ısıtılması ve harekete geçirilmesini sağlayan tüm ekipmanlar vardır. Bu ekipmanlar ile içeri sokulan havanın sıcaklığını elle veya otomatik olarak ayarlanabilir.

İyi bir havalandırma tesisinin görevlerini şu şekilde sıralayabiliriz;

- 1- Nefes alındığında yeterli miktarda oksijen bulunması,

- 2- Teneffüs nedeni ile havada meydana gelen CO<sub>2</sub>'in azaltılması,
- 3- Havanın, hava filtreleri yardımıyla temizlenmesi,
- 4- Koku ve diğer zararlı maddelerin yok edilmesi,
- 5- Fazla ısıнын yok edilmesi,
- 6- İstenilen ısıyı temin etmek,
- 7- Çalışma kabiliyetinin yükseltilerek iş yerindeki verimi arttırmak.

Ayrıca bir havalandırma tesisatında aranacak özelliklerde aşağıdaki şekilde belirlenebilir;

- 1- Yeterli hava miktarının bilinmesi,
- 2- Mahalin her tarafının aynı şekilde havalandırılması,
- 3- Ortamda hava cereyanının olmaması,
- 4- İktisadi bir işletme getirmesi,
- 5- Havalandırma yanında ısıtmanın da yapılabilmesi,

## I.1. Tesisin Sınıflandırılması

### I.1.1. Basıncılı havalandırma

Hava dışarıdan veya diğer hacimlerden emilerek basınç altında havalandırılacak ortama gönderilir. Hacim daima üst basınç altındadır. Kullanılan hava ise başluklardan ve pencere aralıklarından dışarıya atılır. Bu tip havalandırmada dikkat edilecek başlıca hususları;

- a) Kokulu ve pisenmiş hava emilmemesi,
- b) Hava akımı olmaması için kışın basılan havanın yeterince ısıtılmasını sağlamak,
- c) Bir hava filtresi kullanılarak, havanın dışarıdan

emildiğinde bir jaluzi ve kafes teli ile korunması, şeklinde belirleyebiliriz.

Basıncılı havalandırma sistemi, genelde ufak hacimlerin havalandırılması için kullanılır.

### I.1.2. Emmeli havalandırma

Emmeli havalandırma sistemi ile kirli hava emilir ve temiz hava işletmeye açık bölgelerden, pencere aralıklarından v.b. yerlerden girer. Hacim, komşu hacimlerden düşük basınçtaadır. Emmeli havalandırma sisteminde dikkat edilecek hususlar ise;

a) Pis hava hiçbir zaman komşu mahallere gidemez,

b) Ancak komşu mahallerdeki koku, toz, v.s.'nin emilmesinden kaçınılamaz,

c) Dışarıdan girecek havanın ısıtılması gerekir, sedinde saralanabilir.

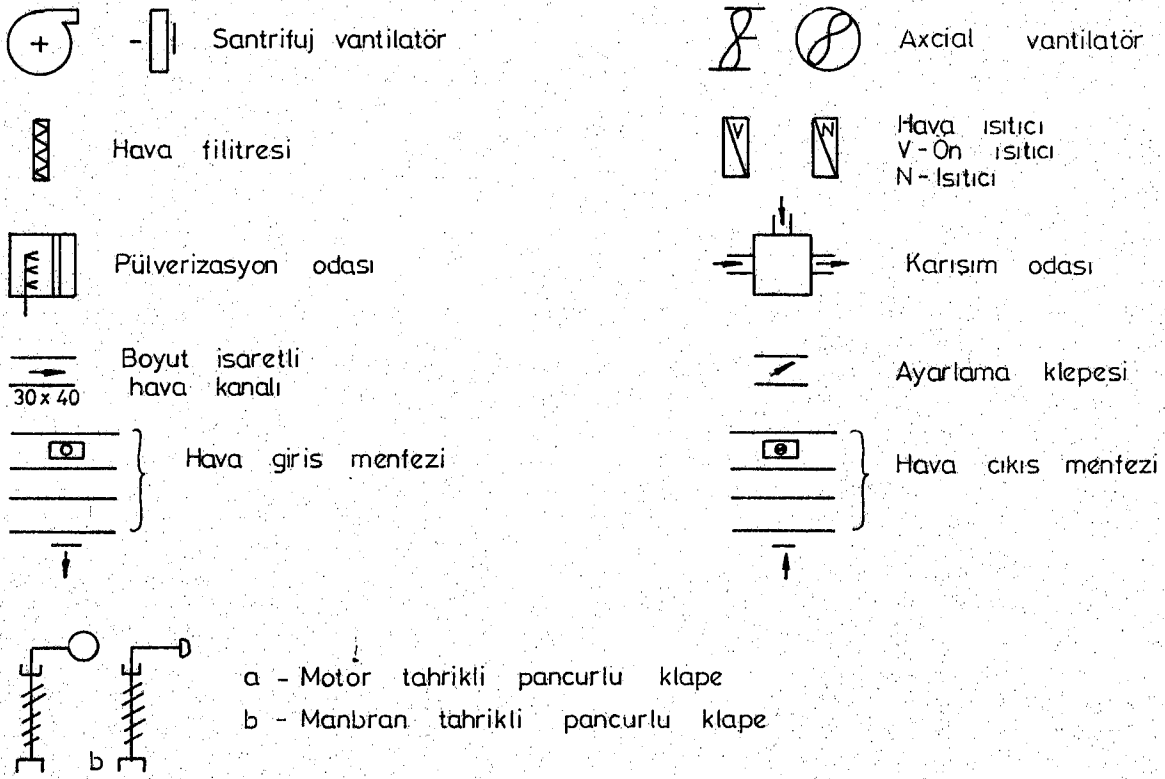
Emmeli havalandırma tesisatında, montaj kolaylığı, az yer işgal etme, ucuz maliyet gibi faktörler büyük avantaj sağlar.

### I.1.3. Kombine havalandırma

Havalandırma tesisleri çoğu zaman hem suflaj (basma) hemde ekstrasyon (emme) vantilatörleriyle techiz edilir. Çok büyük tesislerde mahal içine gönderilen hava çoğu zaman merkezi bir tesiste hazırlanır. Daha sonra her mahal veya herbir mahal grubu içine münferit aspiratörler aracılığıyla ayrı ayrı emilir. Böylece yapı içinde, iş ve sağlık şartlarının gerektirdiği biçimde, koku ve/veya gürültü naklinin önlenmesi bakımından istenilen bir basınç dağılımının elde edilmesi mümkün olur. Bu tür tesisatlar çok büyük toplantı salonları, büyük hava değişimi gerektiren mahaller ve kapalı yüzme havuzları için kullanılır.

Kombine havalandırmanın iki değişik uygulama şekli vardır.

- Temiz hava üfleme ve pis hava emilme bir merkezden yapılır,
- Her mahal için kendisine yeterli temiz havayı üfleyerek vantilatör ve pis havayı emecek aspiratörde havalandırma yapılır.



Şekil.1. Havalandırmada Kullanılan Semboller. [4]

## II. DIŞ HAVANIN ALINMASI VE HAZIRLANMASI

### II.1. Dış Havanın Alınması

Dış hava, yapının rüzgar etkisinden, güneŐ ıŐınlarından, tozdan, dumandan ve kurumdan korunmuş bir bölgesinde öngörölen düşey bir giriş açıklığı ile alınmalıdır. Kanal içinde, iri parçalı yabancı maddelerin girmesi gözenekleri pek büyük olmayan örgölü bir kafes yada jaluziler aracılığıyla önlenir. Dış hava kanallarına, hava giriş açıklığından hemen sonra kaçaklara olanak vermeyen kapama klapeleeri yerleştirmek suretiyle, tesisatın çalışmadığı zamanlarda oluŐan aheste hava akımları ile kanalların kirlenmesini önlemek faydalıdır. Temiz hava, en basit şekilde, yapının yakınlarında istifade edilmesi mümkün bir bahçe bulunduğu zaman temin edilebilir. Çoğu zaman, havanın çatı üzerinden alınması gibi tek bir imkan söz konusu olabilir. Havanın kurumlardan ve uçucu küllerden kurtarılmasının en kolay yolu her zaman olduğu gibi yine filtreleme işlemidir. Bundan dolayı, havanın çatı üzerinden alınması mümkün meretebe yüksek bir düzeeye çıkarılmış serbest bir hava giriş açıklığı ile itinalı bir temizleme işlemini gerekli kılar.

### II.2. Havanın Temizlenmesi

Eskiden yaygın şekilde kullanılan kumaŐ filtreleeri boyutlarının büyüklüğü ve tıkanıklıkları zaman mukavemetlerinin hızla artışı yüzünden artık nadiren kullanılır hale gelmiştir. Bunların yerine metal filtreleeri ve bazı özel hallerde de cam yünü v.s. gibi özel malzemelerden yapılmış petekli filtreleeri kullanılmaktadır.

Metal filtreleerde, incecik kollara ayrılan hava, çok sayıda yön değişimlerine uğratılarak yağla sıvanmıŐ metal yüzeyleeri üzerine gönderilir. Tozları tutmakla görevli yağ çabucak koyulaŐıp kurumamalıdır. Gerekli olan büyük metal



yüzeyle, metalik dökümanlar yada üzerlerine türlü delikler açılıp paket halinde bir araya getirilmiş ince saç levhalar aracılığı ile elde edilir. Filtrelerin cidarları üzerine çeşitli elemanlar yerleştirilir. Yükseklik az olduğu zaman filitreleyici olarak görev yapan hücre veya levhalar eğimli bir şekilde düzenlenir. Yüke, havadaki toz oranına ve tesisatın çalışma süresine göre değişken değerler alabilen belirli ve sabit aralıkla, filtreler özel bir yağ yada sodalı bir su içinde zaman zaman temizlenmelidir.

Yağla kaplı metal filtrelerle büyük ölçüde temiz hava elde etmek olanaklıdır. Filtre konstrüksiyonu son derece itinalı bir şekilde yapılırsa, temizlenmiş havadaki toz oranı  $0,1 \text{ mg/m}^3$  değerine kadar indirilebilir. Bu değer çok büyük bir temizliği belirtir, zira büyük şehirlerde maksimal toz oranı  $5 \text{ mg/m}^3$ , son derece temiz olan mahallerde ise bu oran  $1 \text{ mg/m}^3$  dür. Bu kadar saflık derecesinin asıl amacı, sadece teneffüs edilebilir bir hava elde etmek için gerekli olmayıp tersine kanalların kirlenmesini önleyici bir araç bulunduğu gerçeğinin çoğu zaman takdir edilmemesindedir.

Havalandırma tesisinde, sigara dumanları ve kokuların filtrelerle tutulması mümkün değildir. Yıkama odalarındaki su perdeleri bunları kısmen yakalar, çok temiz havaya ihtiyaç duyulduğu zaman, özellikle büyük debili endüstriyel iklimlendirme tesislerinde elektrofiltrelerde kullanılabilir.

### II.3. Havanın Isıtılması

Havanın katı yakıt kullanılan kaloriferlerle doğrudan doğruya ısıtılması eylemine, esas olarak mahallerin ısıtılmasına yarayan fakat ikinci bir görev olarak havalandırma işini de üzerine alan çok basit tesislerde rastlanır. Bu konu, bazı sınırlar içinde gaz ile beslenen hava ısıtıcıları içinde geçerlidir. Havanın ısıtılması eyleminde, ge-

nellikle demet şeklinde bir araya getirilmiş, buhar yada su ile ısıtılan ince ve kalın kanatlı borular kullanılır.

İhtiyaca göre, böyle az çok sayıda boru demeti bir sıra halinde yada zigzag veya şaşkırtmaca sıralı bir biçimde birbiri arkasına yerleştirilir. Isıtıcı akışkan boruların içinden, ısıtılacak hava ile borulara dik doğrultuda geçer. Bugün, yaygın şekilde kullanılan çelik boru ısıtıcıları 0,5 ile 0,7 mm et kalınlığında dairesel yada çokgen kesitli saç kanatcıklara sahiptir. Bu kanatlar, bir saç şeritin 12 ila 20 mm çapında bir boru üzerine helis şeklinde geçirilme yada sarılmasından meydana gelmiş, kanatlar arasında dar bir açıklık bırakılmıştır. Boru ile kanat arasındaki metalik temas, çoğu zaman yapıldığı gibi, alışıla-gelmiş bir şekilde çinko kaplanması yolu ile arttırılır. Boruları demet şeklinde düzenlemenin eski ısıtıcı yapım şekillerine oranla başlıca avantajı, her hacim veya yüzey ünitesine ait debi değerlerinin büyük ve ünite fiyatının düşük oluşudur. Demet şeklindeki ısıtıcılar soğutma işlerinde de kullanılır. Çeşitli demetler paralel veya seri olarak bağlanabilir. Paralel bağlama ısıtıcılarda, seri bağlama ise soğutucularda uygulanır.

### III. HAVALANDIRMA SANTRALLERİ

Bir havalandırma tesisatının gözlem ve bakımını kolaylaştırmak için, en önemli mekanik organlar bir havalandırma santralinde toplanır. Dış hava temizlendikten sonra ısıtılır ve vantilatör aracılığı ile kanal şebekesi içinden geçirilerek havalandırılacak manallere kadar basılır. Yazın, dış hava ısıtıcıdan geçirilmeyip hava ısıtıcı dışındaki bir by-pass devresinden dolandırılabilir. Tabii bu durumda vantilatör gücünde azaltılabilmesi mümkün olacaktır. Santrale ayarlanabilir bir klapenin yerleştirilmesi, normal işletme halinde ısıtıcıdan geçen hava oranının değiştirilmesine ve böylece ısıtıcı akışkan debisini kısmak zorunda

kalmadan içeri sokulan hava sıcaklığının ayarlanmasına olanak verir. Sıcaklığın bu türlü ayarlanmasının avantajlı tarafı, böyle bir tertipte ayarlama için yapılan kumanda gecikme olmadan derhal yanıt verilmesidir. Bu halde vantilatörün akım yönünde ısıtıcının arka kısmına yerleştirilmesi, basma borusu içinde uzun bir çevrinti hareketinin doğmasını zorunlu kılar. Bunun sonucu, hava sıcaklığının yeter ölçüde eşit dağılımlı olması sağlanır. Isıtıcının vantilatör arkasına yerleştirilmesi, çoğu zaman hava kanallarının arasında önemli bir sıcaklık farkının doğmasına sebep olur. Böyle bir sıcaklık farkı, havanın yeter derecede ısıtılması halinde bile hava hareketlerini sağlık için zararlı bir duruma sokar. Sıcaklığın gitgide azalan bir şekilde kademelendirilmesi, kanal şebekesi içinde uzunca bir parkurdan sonra bile hala devam eder. Bunun sonucu, hava çevrimindeki konumu uygunsuz olan menfezlerden gayet soğuk hava üflenmesi gibi bir durum ortaya çıkar.

Hava hareketinin sağlanmasında çoğu zaman radyal, bazende aksiyal tipte vantilatörler kullanılır.

Aksiyal tip vantilatörlerde, dönme hızı, aynı basınçta verebilmek için radyal tip vantilatörlere oranla çok daha yüksek bulunmalıdır. Bu nedenle, gürültü yolu ile rahatsızlık tehlikesi artmış olacaktır. Bunun yanında, radyal tipte, vantilatörlerin fiyatlarının düşük, boyutlarının küçük ve büyük debi değerlerinde verimlerinin yüksek oluşu gibi üstünlükleri vardır.

Radyal tip vantilatörler, öne veya arkaya doğru eğimli olarak yada radyal konumda öngörülen kanatlarla gerçekleştirilir. Öne doğru eğimli kanatlara sahip bir türbin veya çark, eşit dönme hızı ve debi değerlerinde geriye doğru eğimli kanatlarla teçhiz edilmiş, aynı çapta bir başka türbine oranla daha büyük bir basınç sağlar. Kanatları öne doğru eğimli olan türbinlerin mahzuru, hava debisi arttığı zaman hızla büyüyen miktarlarda güç yutulmasıdır. Bunun sonucu olarak, havalandırma tesisatı direncinin kesin bir

şekilde belirlenmesi yada sisteme geniş sınırlar içinde boyutlandırılmış tahrik motorlarının monte edilmesi gerekir. Buna karşılık, kanatları geriye doğru eğimli olan fanlarda, çok yüksek bir hava debisi için motorun aşırı şekilde yüklenmesi tehlikesi o derece büyük değildir. Üstelik, bu tip fanlar daha sessiz çalışır.

Helikoid vantilatörler, (aksiyal vantilatörler) genel olarak bir kavrama aracılığı ile doğrudan doğruya motora bağlanarak tahrik edildiği halde, santrifüj vantilatörler çoğu zaman V kayışları ile harekete geçirilir. Bu durumda motor, vantilatörden ayrı bir kaideye de yerleştirilebilir, motorun montaj ve demontajı kolay olmaktadır. Vantilatör ve motor için ayrı ayrı kaideler yapılırsa, motordaki gürültünün vantilatör iskeletine iletilmesi tehlikeside önlenmiş olur.

### III.1. Vantilatör Odası

Filtre, hava ısıtıcısı, hava ayarlama klapeleri, bazen de vantilatörün kendisi ya havalandırma odası denilen bir karter içinde toplanır yada bağımsız bir odada birbirinden ayrı birimler olarak düzenlenir. Küçük tesislerde çeşitli elemanların tek bir cihazda toplanması yolu tercih edilir. Debi değerleri büyük olduğu zaman, istenir ise mahal içinde ayrı bir havalandırma odasının öngörülmesi genellikle daha az bir maliyet unsuru oluşturur. Duvar örgüsü şeklinde gerçekleştirilmiş örme havalandırma odalarında, yüzey sızdırmazlık durumunun mükemmel olmayışı yüzünden dış havanın içeri emilip sirkülasyon havasını kirletmemesine dikkat etmek gerekir. Örme yüzeyler kuru ve su sızmalarına karşı korunmuş olmalıdır. Duvarlar, tavan ve döşeme ya parlak ve düz yüzeyli bir sıva tabakası ile kaplanmalı yada örme yüzeyler fayans karolar çeşitinden temiz bir malzeme ile örtülmelidir. Böylece, bu yüzeylere çökelen tozun mümkün olan en az düzeye inmesine olanak tanınmalıdır.

Havalandırma odaları, işletme sırasında temiz tutulmalıdır. Ayrıca, yeter ölçüde büyük, aydınlık, girişi-çıkışı kolay olmalı, ama mağaza alet deposu yada geçiş yeri olarak kullanılmamalıdır. Bu bölgelere ait giriş kapıları hava sızma ve kaçaklarına olanak vermemelidir.

### III.2. Titreşim ve Gürültü Sorunu

Tesisatın, sessiz bir şekilde çalışması esastır. DIN 1946'na göre ikinci yaprağına göre, toplantı salonlarında hizmet gören havalandırma tesislerinin meydana getirdiği gürültü seviyesi aşağıdaki değerleri aşmamalıdır.

#### Toplantı Salonlarında Üst Ses Seviyesi Sınırı

Toplantı Salonun Tipi	DIN-Fon <sup>(*)</sup> Olarak Ses Seviyesi	
	Önemli Hallerde	Önemli Olmayan Durumlarda
Konser salonları ve tiyatrolar	25	25
Ameliyat salonları ve hasta koğuşları	30	30
Konferans salonları, ders salonları durum salonları, bürolar, oteller	35	40
Umuma açık toplantı yerleri, otel salonları, gişe halleri	40	40

Tablo.1. [8]

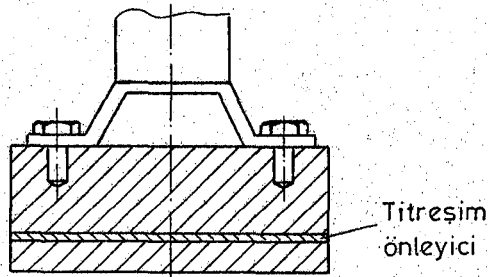
Rahatsızlık verici gürültü seviyesinin daha düşük olduğu boş mahallerde kontrol ve doğrulama gayesiyle bir ölçme yapılması gereklidir.

(\*) Fon (phone) gürültü şiddetinin ölçümüne yarayan bir ses gücü birimidir.

Gürültü, en çok havalandırma santralinden ve özellikle vantilatörlerden gelir. Bütün titreşimlerin, sarsıntıların ve bunların sonucu ortaya çıkan gürültülerin hem minimal düzeye indirilmesine ve hem de yayılmalarına engel olunmasına aynı ölçüde gayret gösterilmelidir.

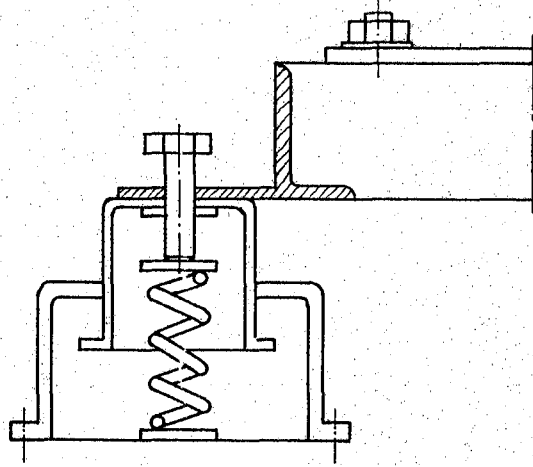
Titreşimlerin büyük çoğunluğu, motor ve vantilatör kaidelerinden ileri gelir. Bu titreşimler, hem hava yolu ile hem de temeller aracılığı ile yayılır. Hareketli organların uygun şekilde dengelenmesi ve özellikle kaidelerin özen ile yapılması suretiyle titreşimlerin zayıflatılması mümkün olur. Titreşimlerin doğrudan doğruya iletilmesinin önüne geçmek için cihazlara ait oturma plakaları titreşimin amortisörleri üzerine monte edilmelidir.

Titreşimlerin zayıflatılması işinde, çoğunlukla levha şeklinde kauçuk veya mantar gibi gevşek dokulu malzemeler kullanılır. Böyle bir uygulama şeklinde, tespit vidalarının akustik bir köprü yani ses köprüsü teşkil etmemesi başka bir deyişle tespit vidaları aracılığıyla gürültü iletimi olmamasına dikkat etmek gerekir.



Şekil.2. [8]

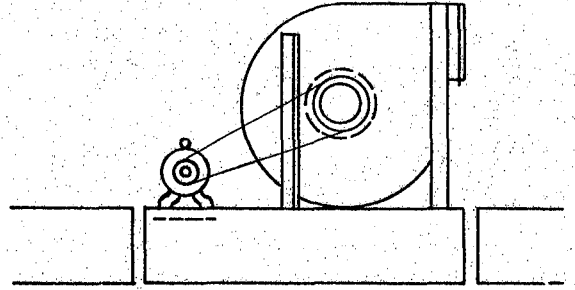
Ventilatörün titreşim söndürücü amortisör bir kaide üzerine monte edilmesi yada vantilatörle temel arasında katı bir bağlantı teşkiline asla olanak vermeyen yaylı titreşim amortisörleri kullanılması son derece uygundur. Rezonans olaylarının önlenmesi bakımından "kaldırılan kütle +yay" sisteminin salınma frekansı tahrik frekansına yakın değerde olmamalıdır. Vantilatörle tahrik moturu ortak bir kaide üzerine monte edilecekse, bu kaide katı ve yeteri kadar ağır bulunmamalıdır. Bunu sağlamak için profil demirlerden teşkil edilmiş olan kaide çatkısı betonla doldurulur. Vantilatörlerin büyük olması halinde, bazen bu kaidelerin yapı zemin döşemesinden tamamiyle ayrılması tavsiye edilir.



Şekil.3. [ 4]

Yaylı titreşim amortisörü

Vantilatörlerin ara döşemelere yerleştirilmesi amortisör kaideler kullanılması halinde bile tekmil döşemenin titreşime uğraması tehlikesi açığa çıkarır. Bu durumu önlemek için, vantilatörler bütün ağırlığı duvarlara yükleyen özel mesnetler üzerine yerleştirilir. Akustik ve titreşimle ilgili nedenler bakımından, bu mesnetlerin tecrid edilmiş duvarlar üzerine istinad ettirilmesi de gereklidir. Havanın kanatlar üzerine çarpması sonucu, yüksek akım hızları ve türbülans hareketleri etkisiyle vantilatörün içinde de bir takım gürültüler doğar. Ses dalgaları, özellikle hava dağıtım şebekesi tarafından iletilir. Bu nedenle çoğu zaman, ek tedbirlerin alınması zorunluluğu vardır.



Şekil.4. [ 8]

Vantilatörün müstakil bir temel plakası üzerine monte edilmesi

En kolay çözüm, cidarları absorplayıcı özelliğe sahip uygun malzemelerle kaplamak yada levha halindeki bu tür malzemelerden yararlanarak susturucular yerleştirmektir. Bunun için akım yönüne paralel çok sayıda levha yerleştirilmesi suretiyle absorplayıcı yüzey arttırılır. Düşük frekans değerlerinde çift cidarlı susturucular kullanılır. Ayrıca, ani kesit değişimleri de gürültünün zayıflamasına olanak sağlar. Akım yönünde, vantilatörden sonra, yüzeyleri absorbe edici malzemelerle kaplanan absorpsyon odası öngörüldüğü zaman bu olaydan yararlanılmış olur. Böyle bir oda, hava debisini çeşitli yönlere giden kanal parkurlarına dağıtmak görevinide yerine getirebilir.

Kanallarda ve hava menfezlerinde akıktan dolayı gürültü oluşmasına engel olmak açısından hava hızı çok yüksek olmamalı, konut mahallerinde hizmet gören tesislerde bu hız 7 m /s'yi aşmamalıdır. Kanal şebekesi ile hava menfezlerine aerodinamik şekiller vermek de önemlidir.

#### IV. HAVA KANALLARI

Hazırlanmış hava, mahallere kanal şebekesi yolu ile gönderilir. Hava kanalları, tuğladan yada saç levhadan dairesel veya dört köşe kesitli olarak yapılır. Dairesel kesitli saç kanallar, akım tekniğine uygun ve maliyeti daha az olmaktadır. Ancak, taşıyıcı tavanla asma tavan arasında gizleme imkanı bakımından kanallar çoğu zaman basık dikdörtgen kesitli yapılır.

Hava kanallarının yapımı sırasında, başlıca iki ögenin büyük önemi vardır. Bu önem, hava kanallarına temizleme kolaylığı sağlaması ve hava akımına karşı düşük bir direnç göstermesinin sağlanması için gerekli koşulların yerine getirilmesi açısından son derece gereklidir.

##### IV.1. Kanalların Temizleme Kolaylığı

Hava kanallarının temizlenmesi için gerekli şartın yerine getirilmesi konstrüksiyonu hayli ağırlaştırır. Fakat, temizlenmeyen hava kanalları belirli bir zaman kullanıldıktan sonra tozla dolar. Bu durumda seneler boyunca kalan hava kanalları içindeki mahal sakinlerine gerekli havanın dolaşım yaptığı bir kanal parkuru düşünülecek olursa bu yükümlüğünün gerekliliği daha iyi anlaşılabilir. Hava akış hızının hayli yüksek olduğu kanalların kendi kendine temizlendiğini söylemek doğru değildir. Üstelik, tesisatın çalışmadığı zamanlarda kanallardaki kirlenme olayında gözardı etmemek gerekir.



Dış yüzeyleri düz ve pürüzsüz olan yapı malzemeleri, toz tutucu özelliklerinin zayıfladığı ve hava akışına karşı gösterilen direncin düşük değerde oluşu yüzünden tercih edilir. Temizleme işleminin yapılabilmesi için, kanallar her an işleme olanak sağlayan bir durumda bulunmalı, yeter sayıda temizleme açıklıkları ile techiz edilmelidir. Bu nedenle, daha planların hazırlanışı safhasında tüm hava kanal şebekesinin temizlenebilmesi olanağı özen ile kontrol edilmelidir. Aksi taktirde çatının kaba inşaatının bitiminde bu işe girilirse kanal masraflı ve yanında gerekli tahrik gücü harcamalarının arttığı gibi, temizleme imkanları da çoğu zaman arzulanan şekil ve biçimde olmadığı görülür.

#### IV.2. Hava Hareketine Karşı Gösterilen Direncin Düşük Olması Gereği

Hava dağıtımı işinde, yük kayıplarının düşük değerlerde tutulması gereği, akış hızlarının düşük ve dolayısıyla kanal kesitlerinin geniş boyutlu olmasını zorunlu kılar. Yön değişimlerinde, eğrilik yarıçapları büyük olarak seçilmeli, ana kanaldan yapılan ayrılmalar dar açılar altında gerçekleşmelidir. Ani yön değişimlerinden kaçınmak olanağı yoksa, kanallara saç deflektörler yani hava yönelticileri, ızgara şeklinde düzenlenmiş bir seri klavuz kanatlar veya yardımcı özellikte diğer bazı doğrultucu elemanlar yerleştirmek suretiyle yük kayıplarının azaltılması mümkündür. Bunlardan başka, kesit değişimlerinde gayet tedrici bir şekilde gerçekleşmesi gerekir. Havanın, herhangi bir engeli aştıktan sonra sakin bir hareketle akması, engele varışta çarpma olmamasından çok daha önemlidir.

#### IV.3. Hava Kanalları Yapı Malzemeleri

Yapı malzemesi olarak, çelik saç, hafif yapıllı levhalar amyant, çimento ve kesitin aşırı şekilde büyümesi halin-

de alçı karolardan yapılmış veya duvar örgüsü şeklinde gerçekleştirilmiş yüzeyler kullanılabilir. Malzeme seçiminde, fiatın yanısıra, ağırlık ve kullanma kolaylığı gibi özellikler ve malzemenin işletme şartlarına uygunluğu konusunda dikkatli olmak gerekir. Örneğin, ahşap bir çatki sistemi üzerine monte edilen hafif yapılı levhalar ucuza mal olduğu gibi, kolay bir kullanma olanağınada imkan verir. Ancak, hem ateşe dayanmaz, hemde nem ve ısı etkisiyle bozulur. Amyantlı çimentodan yani eternitten yapılan kanallar bu şartları karşılar. Ama, ağır olup ancak prefabrike elemanlar şeklinde kullanılabilir.

Örme yolu ile kanal yapımı, özellikle düşey bacalarda ve kesi büyük olduğu zaman uygulanır. Bu kanalların, iç yüzeylerinin çok düzgün olması gerekir. Maloluş bedellerinin düşük olması ve mahalli şartlara son derece kolaylıkla uyması bu tip kanalların avantajları arasındadır.

Küçük ve orta kesitli kanallarda, en uygun şekilde kullanılan yapı elemanı galvanizli çelik saçtır. Galvenizli saçlar, ateşe ve korozyona dayanıklıdır. Yüzeyleri düz ve pürüzsüz, temizlenmesi kolaydır. Saç kanallar, ister prefabrike olsun, isterse şantiye yerinde yapılsın her şekil ve boyutta gerçekleştirilebilir, kapladıkları hacim son derece küçüktür. Kanal boyutlarına göre, saç kalınlıkları 0,5 ila 1,25 mm. arasında değişir.

İnce saçların gerek enine gerekse boyuna doğrultuda birleştirilmesi bükme yolu ile yapılır. Bükme sonucu, iç ve dış cidarlar düz olarak kalmaktadır. Enine eklemelerde, kenarları devrilmiş olan saç bilezikler ve uca özel kopçalama şeritleri yardımıyla birleştirilebilir. Daha kalın saçların boyuna birleştirilmesi işi genellikle perçinleme yolu ile yapılır. Enine eklemelerse köşe demirlerinden teşkil edilen çerçeveler aracılığı ile gerçekleştirilir. Kanala perçinlenen bu çerçeveler kendi aralarında civatalarla bağlanır. Büyük saç levhaların katılığını arttırmak ve rezonans etkisiyle titreşimlerini önlemek için, bu levhalar

diyagonal şekilde bir köşeden diğer köşeye çaprazlama perçinli profil elemanlarıyla teçhiz edilir. Kanalların tavan veya duvarlara tespiti 2 ila 3'er metre aralıklarla yerleştirilen korniyerler veya yassı demirler aracılığı ile gerçekleştirilir.

### Metal Kanallar İçin Saç Kalınlıkları

Anma Ölçüleri (En geniş kenar) b(mm)	Saç Kalınlığı enaz-mm	
	Galvanizli Çelik Saç	Alüminyum Saç
$b \leq 250$	0,50	0,63
$250 < b \leq 500$	0,62	0,82
$500 < b \leq 1000$	0,75	0,96
$1000 < b \leq 1400$	0,88	1,23
$1400 < b \leq 2000$	1,00	1,37
$2000 < b \leq 2500$	1,13	1,50
$2500 < b$	1,15	1,65

Tablo.2. [14]

#### IV.4. Yardımcı Elemanlar

Kanal şebekesine ait çeşitli kısımların şebekenin diğer kısımlarından ayrılması ve hava miktarlarının ayarlanması işinde kanal içine kapama ve kısma organları yerleştirilir. Bu organlar el kumandalı olduğu gibi otomatik kumandalı da olabilir. Elle yapılan kumandada, kısma organının herhangi bir ara konumda kalabilmesi için, bu organlar çoğu zaman konum düzenleriyle donatılır. Ateşe karşı koruma organları olarak sürgülü iner kalkar tecrid klapeleri kullanılır.

## V. HAVALANDIRMA MENFEZLERİ

Hacimlerin hava ihtiyaçları, belli olduktan sonra, gerekli menfez seçimlerine geçilir. Ancak, gerek menfezlerin şekil itibarı ile seçimi, gerekse üflemenin hissedilmez şekilde yerleştirilmesi gerekir. İyi bir menfez yerleştirilmesi yapabilmek için öncelikle hava akımlarının nasıl olduğunu ve yapının özelliklerini bilmek ve deneyimli olmak önem taşır.

Menfezlerden çıkış hızı, uygun üflenen hava sıcaklığı yeterli ve menfez cinsi ve yeri iyi seçilmezse, hava üflemenin altdan, yandan veya üstten yapılması bir rol oynamaz. Bütün üfleyici menfezlerin muhakkak bir ayarlayıcı tertibatı olmalıdır. Hava üflemesi yatay, alttan üste veya üstten alta doğru yapılır. Havanın üstten üflenmesi halinde, hava debisi üfleme uzunluğu, eğim ve tesir sahasını iyice projelendirmek gereklidir.

Hava yolu üzerinde, herhangi bir engel bulunmamalıdır. Örneğin, bir sıra lamba varsa bunlara çarpan hava, yönünü değiştirebilir ve oturulan kısma hava üflenmiş olur. Hava hüzmesinin yönü daima oturulacak mahallin dışına doğru olmalıdır. Havanın yukarı doğru üflenmesi halinde, en iyi üfleme yeri süpürgelik hizasında yukarı doğru olmalıdır. Üfleme uzunluğu 5-6 metreyi geçmemelidir.

Oturulan yerlerde, hava hızı  $W \leq 0,5$  m/s olmalıdır. Yatay hava üflemesi, yan duvarın tüm yüzeyinden yapılır. Bu üfleme şekli elektrik, optik ve kimyasal endüstride, tv stüdyolarında ve ameliyathanelerde uygulanır.

Havalandırma sırasında, hava cereyan olduğu hissedilmemesi gerekir. Bunun için, kullanılan kısımlarda fazla hava hızı olmamalı, ani sıcaklık düşüşünden de kaçınılmalıdır. Hacim içindeki geçerli hava hızları şöyledir.

20 °C için  $W=0,04$  ..... 0,12 m/s

21 °C için  $W=0,04$  ..... 0,14 m/s

22 °C için	W=0,05	.....	0,17 m/s
23 °C için	W=0,07	.....	0,21 m/s
24 °C için	W=0,09	.....	0,26 m/s
25 °C için	W=0,12	.....	0,32 m/s [4]

Hava menfezleri için uygun mahaller ve uygun aralıklar seçilerek hava menfez adedi ve yerleri belli olur. O mahallerin hava ihtiyacı, menfez adetine bölünerek menfezin hava debisi bulunur.

Mahallin hava ihtiyacı :  $V_d$ , m<sup>3</sup>/h

Seçilen menfez adedi : n adet

Bir menfezin debisi :  $V_d = \frac{V_d}{n}$  m<sup>3</sup>/h

Duvarlara konacak menfezler, daima dikdörtgen olarak seçilir. Tavanlara konacak menfezler, dikdörtgen olabileceği gibi anemostat denilen daire şeklindeki menfezlerde olabilir. Şerit şeklindeki uzun dar menfezlerde vardır. Bunlar, genellikle bir hava perdesi yapılması halinde kullanılır.

#### V.1. Hava Giriş ve Çıkış Açıklıklarının Yeri

Hava giriş ve çıkışı için gerekli açıklıkların yeri, mimari düşüncelerin, sağlıkla ve havalandırma ile ilgili koşulların dikkatle değerlendirilip gözönüne alınmasını zorunlu kılar. Hava giriş ve çıkış açıklıklarının, mahallin üst kısmında olması, ister duvarlar, isterse duvarlarla tavan arasında kalan kısım, isterse de bizzat tavan söz konusu olsun daha verimli olur. Sağlıkla ve havalandırma ile ilgili çok sayıda nedenler bakımından bu açıklıkların mahallin alt kısmında öngörülmesi doğru değildir. Bunun gibi, yatay hava giriş ve çıkış açıklıklarının döşeme içine yerleştirilmeside iyi bir hareket sayılmaz. Döşemesi yatay ve içindeki koltuklar sabit olan bir mahalde, hava özel menfezler aracılığı ile alt taraftan içeri sokulur.

Havalandırma açıklıkları, duvarların alt kısmında, genellikle çok az sayıda bazı bölgelerde öngörülebilir. Bu açıklıkların kesitini çok büyük değerlerde seçmek zorunluluğu vardır. Hava mahal içine bu şekilde üflenirse sıcaklığı mahal sıcaklığından daha düşük olduğu takdirde menfez dolaylarında sağlık için zararlı hava akımlarının meydana gelmesi olağandır. Buna karşılık, hava çıkış açıklıklarının duvarların alt kısmında olması mahzurlu değildir.

Yüksekliği büyük olan ve içinde çok sayıda insan barındıran mahallerde tavanın altında sıcak ve kirli durgun hava kütlesi birikimine engel olmak için, dışarı atılan havanın mümkün merteye büyük bir kısmını mahallin üst tarafından almak gerekir. Mahalin içinde, eğer sigara içiliyorsa, bu konu çok önemlidir. Havalandırma sırasında, mahallin üst kısmından alınan hava dışarı atılacak, alt kısmından alınan hava ise çevrime sokulacaktır.

İçinde sıra halinde sabit koltuklar bulunmayan, bundan dolayı düşmeden hava girişine imkan vermeyen mahallerde, giriş havası menfezlerinin duvarların üst kısmında yada tavadan öngörülmesi önerilir. Menfezlerin kesiti küçültülme ve bu menfezler altında sağlığa zararlı hava akımlarının ortaya çıkması önlenmeye çalışılırken hava giriş hızlarının büyük değerlerde seçilmesi yoluna gidilmiştir. Mahal havasına böylece karışan giriş havası, salon içinde uzak noktalara kadar yayılır.

## V.2. Hava Menfezi Şekilleri

Mahal içine hava girişi, düşük hızlarda yapıldığı sürece, hava menfezlerinin şekli mimara bırakılabilir. Hava menfezleri, mahaller uygun dekoratif ızgara ve jaluzilerle kapatılmakta, bu ızgaraların yeter ölçüde serbest bir geçişe imkan vermesi yeterli görülmekte, yalnız bu konuya dikkat edilmekteydi. Yukarıdaki konu, hızın düşük olduğu hava çıkış menfezlerinin ızgaralarla kapatılması işinde bugün de

aynı şekilde geçerlidir. Hava menfez şekillerini iki şekilde incelenebilir. Hava menfez şekilleri izleyen bölümde açıklanmıştır.

### V.2.1. Duvarlara açılan menfezler

En basit uygulama şekli, hava kanalının boyuna yüzeyi üzerinde, uzunlamasına dar aralıklar bırakılmasıdır. Bu aralıklar, havanın yöneltmesi ve açıklığın gizlenmesi bakımından, çoğu zaman düşey bir konumda yerleştirilen doğrultman saçlarla teçhiz edilir. Bu tip uygulama şeklinde, zayıf bir yük kaybına sahip hava tahliye aralıkları teşkil etmek için aralıklara yerleştirilen saç kasalara konik bir şekil verilmesi gerekir.

Daha büyük yüzeyli geçiş kesitlerinin gerekli olması halinde jalezilere benzeyen ve çoğu zaman yön verilebilen doğrultman paletlerle teçhiz edilmiş bir şasiden yararlanılabilir. Bu paletlerle, hava huzmesini ihtiyaca göre yöneltmek mümkündür. Bu tip ızgaralar, hava debisi her giriş açıklığında ayarlanacak şekilde, çoğu zaman bir ayarlama klape siyle kombine durumda kullanılır. Bir başka yöntem ise, kanalın içine kadar uzatılan kılavuz yüzeylerle teçhiz edilerek yapılır. Diğer bir uygulama şekli de, çubuklu ızgaradır. Çubuklu ızgara, sabit kılavuz çubuklardan oluşmuştur. Çubuklar, sadece ızgara düzlemine dik doğrultuda, hava akışına imkan verir. Bu tip menfezler, çok iyi bir karışım etkisi sağlarlar, bu nedenle de bu menfezlerden soğuk hava üflenebilir.

Yüksek hızlı havaya giriş ödevi gören menfezler olarak özellikle büyük boyutlu mahallerde konik borular kullanılır. Çıkış hızı, hüzmenin menziliyle belirlidir ve çoğu zaman tesisatda kabulüne izin verilen gürültü seviyesi bu hıza bir üst sınır tayin eder.

### V.2.2. Tavan Menfezleri

Giriş havası, mahal içine tavadan sokulmakta ise hava akımlarının ortaya çıkmasını önlemek için, havanın ya yatay doğrultudan saptırılması, yada mahal havası ile karışım yapılmak veya büyük yüzeyli açıklıklardan yararlanılmak suretiyle hava hızının düşürülmesi zorunludur. Havanın saptırılması işi menfezin hemen altına yerleştirilen çarpma levhaları aracılığı ile sağlanabilir. Difüzör şeklinde bir kesit genişlemesi yaparak hızın azalmasına neden olan en tanınmış tavan menfezi şekli, anemostat denilen cihazdır.

Giriş havası, mahal içine tavadaki çok sayıda küçük açıklıklardan geçirilerek sokulursa, bu havanın tek mil mahal içine dağılımı çok düzgün olur. Debi büyük ölçüde dağıldığı için, içeri sokulan havanın mahal içinde havayla karışımı kolaylaşır ve mahallin üst kısımlarında hızın düşürülmesi mümkün olur. Böylece, üflemenin düşey doğrultuda yapılmasına rağmen hava püskürtme hızı ve dolayısıyla debiler için büyük değerler kabul edilebilir. Tavandan yapılan üflemede havanın iyice temizlenmesi gerekir. Delikli tavanlar, tavana yerleştirilecek ses tecrid yüzeyleri için çok uygundur.

## VI. HAVANIN MAHAL İÇİNE ÜFLENMESİ

İyi bir havalandırma tesisatından, giriş havasının tek mil mahalli uniform bir şekilde üfürmesini ve bu havanın sağlığa zararlı hava akımları yaratmadan kirletme kaynaklarına (toplantı salonlarında insanları, mahallerde çevreye ısı ve nem yayan veya gaz neşreden tesisler) iletilmesi istenir. Burada önemli sorun, havalandırılacak mahal içine giriş havasının en rasyonel bir şekilde nasıl sokulması gerektiğidir. Ayrıca, aynı sonucu veren iki tesis arasından bu sonucu daha düşük bir hava debisi ile gerçekleştirenini seçmek önem taşır.



Daha ilk aşamada, işletme koşullarındaki kirletme kaynaklarının dağılımı özellikle mahalli şartlardaki farklar, bir uygulama şekline diğer şekillere oranla esaslı bir üstünlük tanıma imkanına izin vermez. Hava menfezlerinin veya kanallarının havalandırma tekniğine uygun olarak düzenlenmeside, mimari ve yapı ile ilgili nedenler bakımından çoğu zaman mümkün değildir. Uygulamada, çoğu defa, ilk havalandırma planının değiştirilmesi yüzünden tesisatın etkinliğinde önemli ölçüde bir azalma olmamasına dikkat etmek şartıyla, mimari biçim ile havalandırma mühendisinin gerçekleşmesini gerekli saydığı istekleri arasında bir uzlaşma yolunun bulunması gerekir.

#### VI.1. Akım Şemaları

Havanın mahalle giriş hızı, mahal içinde meydana gelen hız alanı üzerinde büyük ölçüde etkide bulunur. Bundan dolayı, havalandırma tesisleri:

1. Hava giriş hızı düşük olan tesisler, yani esas itibariyle en eski uygulamalar.
2. Hava giriş hızı büyük olan tesisler, yani hüzmeli havalandırma tesisleri olmak üzere iki gruba ayrılabilir. Bu tür tesislerin tutmak zorunludur.

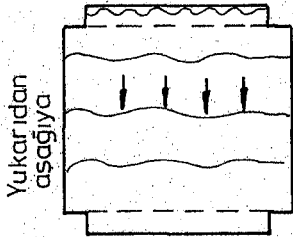
##### VI.1.1. Giriş havası hızı düşük olan tesisler

Mahal içine düşük bir hızla sokulan giriş havası, giriş menfezinden çıkar çıkmaz kendi haline terkedildiği için, bu havanın mahal içinde izleyeceği parkuru kendi sıcaklığı tayin eder. Bu sıcaklık mahal havası sıcaklığına oranla daha büyük veya daha küçük olabilir. Onun için, havanın mahal içine üstten veya alttan sokulması ve muhtemel ısı kaynaklarının mahal içindeki dağılım durumunun yerleşim şekli son derece önemlidir.

### VI.1.1.1. Yukarıdan aşağıya ve ters olarak aşağıdan yukarı doğru havalandırma

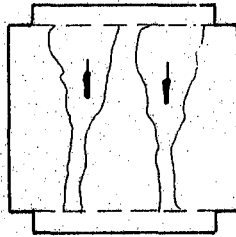
Giriş havası, mahal havasına oranla daha sıcaksa (Şekil 5. a.) bu hava tavana doğru yükselmeye çalışır. Bundan dolayı giriş havasının, daha sonra mahal içine sokulan hava ile, yani vantilatör zoru ile aşağı doğru basılması gerekir. Şekilden de görülebileceği gibi, havanın çok geniş bir cephe üzerinde ilerlediği ve böylece teknil mahallin üniform bir şekilde süpürüldüğü görülmektedir. Giriş havası, daha soğuk

Giriş havası  
(daha sıcak)



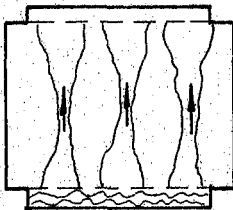
Şekil.5.a.

Giriş havası  
(daha soğuk)

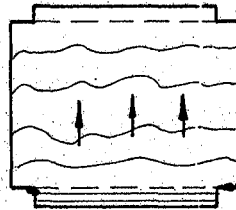


Şekil.5.b.

Aşağıdan  
yukarıya



Şekil.5.c.



Şekil.5.d.

Şekil.5. [8]

(Şekil.5c) ve (Şekil.5.d) de gösterilen aşağıdan yukarıya havalandırma durumunda içeri sokulan hava, mahal havasına oranla daha sıcaksa, akmaya karşı yeniden kuvvetle eğilim gösterir, kendiliğinden yukarı doğru çıkar. Bu durumda yine hava damarları oluşur. Bu durum, genellikle sadece oturma bölgesinin üst bölgesinde oluşur. Üstelik içeri sokulan hava sıcaklığının daha yüksek olması nedeniyle, rahatsızlık verici hava akımlarının oluşumu söz konusu olmaz. Bu olayın, havalandırma tekniği açısından önemi yoktur. (Şekil.5.d) de görüldüğü gibi giriş havasının mahal havasından daha soğuk olduğu halde içeri sokulan hava zemine yayılır. Bu havanın, tabii şekilde gösterildiği eğilimin aksine,

olduğunda (Şekil.5.b) içeri giren hava aşağı doğru iner ve bundan dolayı mahal havası arasından akmak için büyük bir eğilim gösterir. Giriş havası, mahal içine üst kısımdan üniform bir şekilde sokulmuş bile olsa, iniş hareketi sırasında paket yada dar damarlar şeklinde bir araya toplanmaya çalışır, çok soğuk olduğu zaman ise bu bölgede kuli rüzgarları denilen hava akımları meydana getirir.

mahal içine sonradan sokulan hava aracılığı ile yukarıya doğru basılması gerekir. Burada esas olan konu, yine havanın geniş bir cephe üzerinde ilerlemekte ve mahallin hava akımı tarafından üniform bir şekilde süpürülmekte olmasıdır.

Bütün bunlardan sonuç olarak, şunu çıkarabiliriz; giriş havası hızının düşük olduğu tesislerde, havanın tabii eğiliminin aksine olarak yani sıcak havanın yukarıdan ve soğuk havanın aşağıdan mahal içine sokulması, daima mahallin en üniform bir şekilde süpürülmesi imkanını sağlar.

#### VI.1.1.2. Enine Havalandırma

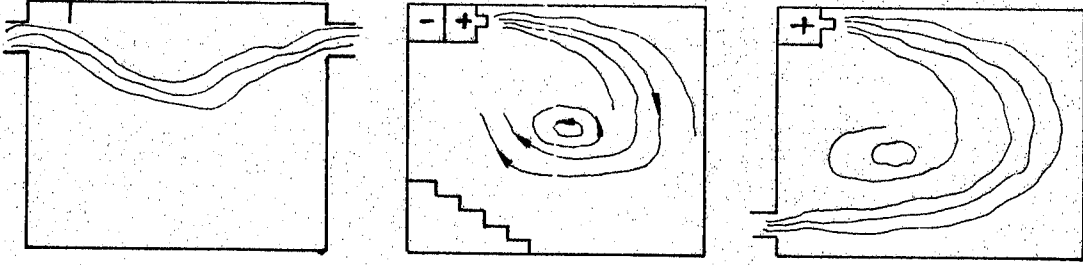
Yüksekliği az, fakat alanı büyük olan mahallerde, yukarıdan veya aşağıdan havalandırma kavramları anlamını yitirir. Buralarda enine havalandırma kavramı işin içine girer. Yapı ile ilgili ve diğer bir takım başka nedenler bakımından, havalandırma açıklığının çoğu zaman duvarlarının üst kısmında veya tavanda öngörülmesi zorunluğu vardır.

Giriş havası, mahal havasına oranla daha sıcak bulunursa tavan boyunca akar, bundan dolayı da hava yenilenmesine pekaz yardımcı olur. Her ne olursa olsun, bu hal seyrek şekilde görülür ve onun için pek önemi yoktur. Giriş havası, mahal havasına oranla daha soğuk olduğu zaman, giriş menfezinden çıktıktan sonra aşağı doğru iner, mahal içinden geçer, orada yavaş yavaş ısınır ve güzergahının sonunda tekrar yukarı doğru çıkar. Bu durumda giriş havası sıcaklığı mahal havası sıcaklığından ancak birkaç derece düşük bulunmalıdır. Zira rahatsız edici hava akımları sağlar.

#### VI.1.1.3. Huzmeli havalandırma tesisleri

Giriş havası mahal havası ile iyi bir şekilde karıştığı ve mahal içinde oturma bölgelerine varmadan önce ısındığı için, giriş havası sıcaklıkları, huzmeli havalandırma

tesislerinde, hava girişinin düşük hızla yapıldığı tesislerde olduğundan daha zayıf alınabilir. Huzmeli havalandırmanın önemli bir avantajı, dışarıdan gelen veya mahal içinde bulunan ısı kaynaklarının etkisiyle açığa çıkan bozucu etkiler çok önemli olmadığı zaman, mahal içindeki hava hareketleriyle hava hızının kontrol edilebilme imkanındır. Böyle bir havalandırma tesisinde, uzunluğu fazla olan mahallerin bile güçlüğe uğranılmadan havalandırılması mümkün olur.



Şekil.6.a.  
Enine Havalandırma

Şekil.6.b.  
Çevrintili  
Havalandırma

Şekil.6.c.  
Başka Bir Tip Çevrintili  
Havalandırma

Şekil.6. [8]

## VI.2. Kirli Havanın Tahliyesi veya Kirlik Derecesinin Azaltılması

Giriş havasından en iyi yararlanma yolları araştırılırken, mahal içine sokulan temiz havanın ne gibi gerçek bir prosesle veya işlemle mahal havasının temizlenmesine neden olduğu sorunu akla gelmektedir. Bu düşünceyle, farklı iki şematik gösterime ulaşmış oluyoruz. Bunları "Kirli havanın tahliyesi" ve "Kirli havanın seyreltilmesi yani havanın kirlilik derecesinin azaltılması" deyişleriyle tanımlayabiliriz. Tahliye fikri, geniş bir cephe üzerinde ilerleyip, önüne kattığı kirli havayı sürükleyerek mahalden dışarı çıkaran bir giriş havasının varlığını esas alır. Öteki düşünce ise, giriş havasının mahal havasına karıştırılması yolu ile, mahal içindeki kirli ürünlerin yeter öl-

çüde seyreltilerek, mahal havası kirlilik derecesinin yeterince azaltılması gayesini güder.

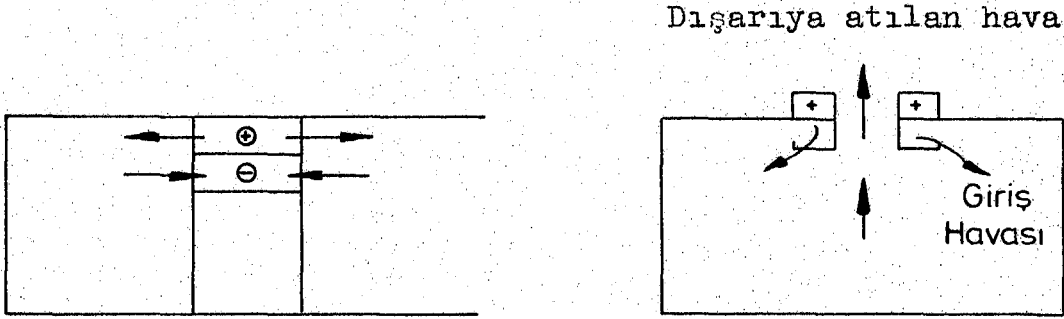
### VI.3. Akım Şemasındaki Düzensizlikler

Bir mahal içindeki hava hareketlerini, önceki akım şemalarından incelerken havanın harekete geçmeye karşı hiçbir eğilim göstermediği kabul etmiştik. Çok küçük mahaller için bu yaklaşımlar yeterlidir. Ancak mahal ne kadar büyürse, mahal içindeki hava kendi kendine harekete geçmeye karşı o derece fazla eğilim gösterir, bu mahal o ölçüde hassastır ve havalandırma tesisatının başarısı o derece zordur. Bir mahaldeki havanın, kendi kendine hareket etmesinin nedeni ısınması ve soğumasındandır. Bu ısınma ve soğuma mahal içindeki çeşitli nedenlerden olabilir.

Bu düzensizliklerin nedeni ve etkileri o kadar çeşitlidir ki, sonunda belli bir faktörün şiddet derecesine göre, tasarlanan akım şeması baştan başa değişebilir. Bu hal, hava girişinin aynı şekilde yapıldığı, aynı tip mahallerde bazen elde edilen uzlaşmaz sonuçları haklı çıkarmakta ve uzman kişilerin zihninde beliren, yukarıdan aşağıya veya aşağıdan yukarıya yapılan havalandırma ile ilgili çelişkilerin, yani sadece huzmeli havalandırma usulünün uygulanmasının lehinde veya aleyhinde olunması durumunu kısmen açıklamaktadır.

### VI.4. Çeşitli Havalandırma Örnekleri

Büro ve toplantı odalarında, genellikle havanın üst kısımdan mahal içine sokulması yolu tercih edilir. Böylece, yapının giriş holüne yerleştirilmiş normal hava kanallarından yan hava menfezleri aracılığı ile giriş yapılarak sağlanabildiği gibi, tavan menfezleri aracılığı ile de gerçekleştirilebilir. Hava tahliyesi, üst kısımdan yapılır, mahallin alt kısmında muhtemelen bir de çevrim havası menfezi bırakılırsa, oda havasının iyice temizlenmesi sağlanır.



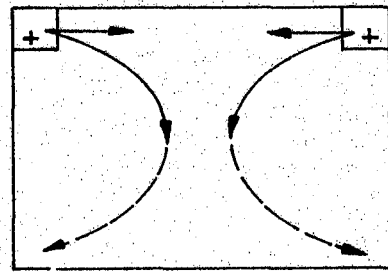
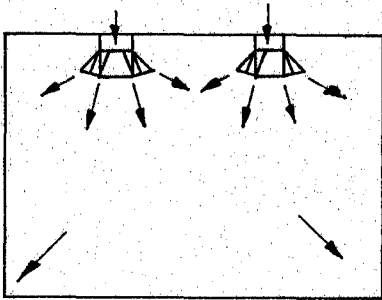
Şekil.7. a. Hava giriş ve çıkışı yan menfezler aracılığı ile sağlanmaktadır.

Şekil.7. b. Hava giriş ve çıkışı tavandan sağlanmaktadır.

### Şekil.7. [8]

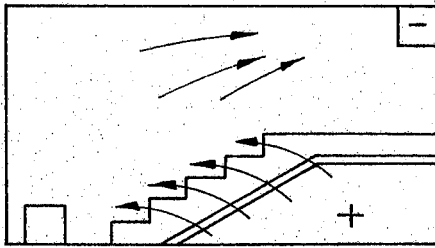
Sinema ve benzer yerler gibi uzunluğu fazla olan salonlarda hava girişi ya düşük bir hızla sahne tarafından uzunluk doğrultusuna paralel şekilde olur veya bu iş için tavandaki menfezlerden veyahut mahallin üst yan kısımlarından geçirilen ve üzerinde ızgaralı hava giriş menfezleri bulunan kanallardan yapılır. Salon içindeki hava ise, mahallin alt yan kısımlarındaki açıklıklardan dışarı atılır.

Aşağıdaki şekillerden (Şekil.7.e) de aşağıdan yapılan hava girişi, (Şekil.7.f) de ise, balkonlu büyük bir sinema salonunun hava girişinin nasıl yapılacağı gösterilmiştir.

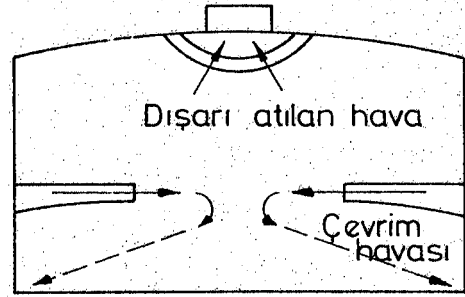


Şekil.7.c. Bir salonun tavadan öngörülen menfezlerle havalanması.

Şekil.7.d. Bir salonun yan kısımlardaki giriş ve çıkış menfezleriyle havalanması.



Şekil.7. e. Bir anfinin hava girişi alttan yapılmak suretiyle havalan.



Şekil.7. f. Balkonlu bir salonun havalandırılması.

## VII. ÖLÇME ve AYARLAMA CİHAZLARI

Bir havalandırma tesisatının işletilmesinde kolaylık sağlanması isteniyorsa, havalandırılacak mahaldeki, giriş havası kanal şebekesindeki ve mümkünse dışarıdaki sıcaklık derecesinin devamlı bir gözleme tabi tutulması zorunludur. Ortak endikatörün anahtarlarla birlikte santralde bulunan bir tablo üzerinde gruplandırılmış olduğu uzaktan kumandalı termometreler kullanılması tavsiye edilir. Rahatsız edici havanın hareketinin önlenmesinin tek yolu giriş havası sıcaklığının itina ile sabit seviyede tutmak olduğundan, bu sıcaklığın küçük tesislerde bile otomatik şekilde ayarlanması iyi olur. Isıtma ve soğutma yüzeylerinin gücü, gerek mahal sıcaklığı, gerekse giriş havası sıcaklığı aracılığı ile ayarlanabilir. Mahal girişinden hemen önce bir yerde bulunan duyarlı bir termostat anteni ile kumanda altında tutulan bir regülatör kullanıldığı taktirde, giriş havası sıcaklığının belirli bir minimal değerin altına inmeyeceği garanti edilebilir. Zaten, giriş havası sıcaklığı ısıtma veya soğutma ihtiyacına göre ayarlanır.

Mahal içine sokulan hava miktarının devamlı şekilde kontrol edilmesi şüphesiz temenniye şayan bir husustur. Ancak, böyle olmakla beraber, ölçme işleminin teknik bakım-

dan güç olması nedeniyle, bu tip kontrol sık görülmez. Genellikle roveler alınarak, tesisatın hesabında temel ödevi görmüş olan hava debisinin ve birkaç mahalle birden servis yapan bir santral söz konusu olduğu ölçüde bu debinin dağılım durumunun tatbiki ile yetinilir. Genelde, mahal içinde bir düzlem üzerine dağılmış bulunan 4 ila 8 noktada, duyarlı termometreler yardımıyla ölçmeler yapılır. Ölçme sonuçları şart koşulan  $4^{\circ}\text{C}$  den fazla bir fark göstermemeli, havası soğutulan tesislerde ölçülen değer, şart koşulan değerden en fazla  $\pm 1,5^{\circ}\text{C}$  kadar farklı olmalıdır.

Gürültünün veya rahatsızlık verici hava akımlarının varlığı veya yokluğu hakkında verilen kararlar genellikle kişisel takdir meselesi olup kişiden kişiye değişir. Ortada rahatsız edici bir durum varsa, gürültü seviyesi ses basıncının ölçümü, soğuma derecesi ise Kata değerinin veya hava hızının ölçümü suretiyle tahkik edilip doğrulanır. Böyle ölçmenin gerçekleşmesi, hele bu ölçmeler soğutma halinde olduğu gibi kullanış gayesini bozmadan meskün bir mahal içinde yapılacaksa belli bir tecrübe ve çalışmayı gerektirir.

Havalandırma Santralleri İçin Yaklaşık Hacim Ölçüleri

Hava debisi $\text{m}^3$	Temel yüzey ihtiyacı	Santral yüksekliği
	Havalandırma Sant.(mxm)	
5.000	2.20 x 3.50	2.40
10.000	2.50 x 4.50	2.40
20.000	3.00 x 5.50	2.60
30.000	3.50 x 6.50	2.80
50.000	4.50 x 7.50	3.00
75.000	4.70 x 8.50	3.00
100.000	5.50 x 9.50	4.00

Tablo.3. [13]



## İKİNCİ BÖLÜM

BİR FABRİKANIN HAVALANDIRILMASI ve  
HAVA İLE ISITILMASI

Bu çalışma;  $84 \times 60 \text{m}^2$  alanında, 2 katlı seri üretim yapan bir fabrikanın havalandırılması ve hava ile ısıtılmasının nasıl olması gerektiğini içeren bir projedir. Bu projelendirme yapılırken aşağıdaki işlem sırası takip edilecektir.

- I. Havalandırılacak mahalın hava ihtiyacı,
- II. Havalandırılacak mahalın ısı ihtiyacı,
- III. Isıtıcı seçimi,
- IV. Filtre seçimi,
- V. Hava kanallarının boyutlandırılması ve basınç düşmelerinin hesaplanması,
- VI. Dağıtıcı menfez ve emiş menfezlerinin seçimi,
- VII. Basınç düşümü ve debiye uygun olarak vantilatör seçimi

Yukarıdaki işlemlerin ve hesapların yanı sıra, çalışma havalandırılmasının yapılacağı işyerimizin, yakıt olarak fuel-oil ve doğal gaz kullandığında ne kadar harcama yapacağını ve aradaki farkın ne olacağını belirleyecek. İşyerimizin yerleşim bölgesinde, doğal gazın önümüzdeki günlerde geleceğini varsayarak, doğal gaz kullanıldığında işletmenin mali olarak kazanç ve/veya kaybını günümüz fiatlarına göre hesaplayarak, kazan yakıt sisteminin doğal gaza dönüştürülmesinin bize nasıl bir katkıda bulunacağını göreceğiz.

Ayrıca, hava kanallarındaki ısıtılmış havanın anemostatlara doğru ilerlerken, anemostatlara ulaşmaya kadar, ısı kaybının oldukça fazla olduğu, hesaplar ve tecrübeler

sonucunda belirlenmiş bulunmaktadır. Bu durum hiç de hoş olmayan bir durumdur, zira ısıtılmış hava bizim istemediğimiz bölgelerde ortama geçmektedir. Bu nedenle, hava kanallarının belli izolasyon malzemeleri ile izole edildiğinde kanallardan ortalama olan ısı kaybını yeniden hesaplayarak aradaki farkı bulacağız. Bu karşılaştırmaya göre hava kanallarının izolasyonun bize ne kazandıracağı hakkında bir bilgi sahibi olacağız. İzolasyon hesaplarını yaparken izoleli ve izolesiz durumda kanalların en uç noktasındaki sıcaklıklarında hesaplıyacağız.

Çalışmamıza, ilk adım olan havalandırılacak mahalın hava ihtiyacını irdeleyerek başlayacağız.

#### I. HAVALANDIRILACAK MAHALİN HAVA İHTİYACI

İşyerimizin hava ihtiyacını bulmak için, önce işyeri hacmini hesaplıyalım;

$$\text{Üst kat ebatları: } 84 \times 60 \times 5 = 25.200 \text{m}^3$$

$$\text{Alt kat ebatları: } 84 \times 60 \times 6 = 30.240 \text{m}^3$$

$$\text{Toplam Hacim } V = 55.440 \text{m}^3 \text{ dür.}$$

Bu işleri de her vardiyada ortalama olarak üst ve alt katlarda 30'ar kişiden toplam 60 kişi çalışmaktadır.

<u>Havalandırılacak yerin cinsi</u>	<u>Bir saatteki hava değişme miktarı</u>
- Tuvalet, banyo ve akü. odaları	4 - 8
- Gravür atelyeleri	5 -15
- Kütüphaneler	3 -15
- Bürolar	3 - 8
- Boyahaneler	5 -15
- Boya püskürtme odaları	20 -50
- Garajlar	2 - 5
- Gardroplar ve sigara içilmeyen sinema ve tiyatrolar	4 - 6

<u>Havalandırılacak yerin cinsi</u>	<u>Bir saatteki hava değişme miktarı</u>
- Fuvavyeler, lobiler, sigara içilen sinema ve tiyatrolar	5 - 8
- Büyük mutfaklar	8 -12
- Orta mutfaklar	10 -20
- Küçük mutfaklar	15 -30
- Laboratuvarlar	5 -15
- Ameliyat odaları	4 - 8
- Okullar	3 - 6
- Yüzme havuzu salonları	3 - 5
- Kasa daireleri	3 - 6
- Dükkanlar	2 - 8
- Toplantı salonları	5 - 8
- Çamaşırhaneler	5 -15
- Mağazalar	3 - 6
- Fazla hava kirlenmesi olmayan atelyeler	3 - 6

Tablo 1. [9]

İşyerimiz, hava değişim katsayısı 3-4 arası olan işyerleri grubuna girmektedir. Bu işyerimizin seri üretim yapan ve fazla hava kirlenmesi olmayan bir yer olduğunu göstermektedir. Buna göre tablo 1. den önerilen, hava değişim katsayısı 3-4 arası kabul edilerek, hesaplarımızı yapabiliriz;

$$V_d = 55.440 \times 3 = 166320 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$V_d = 55.440 \times 4 = 221760 \text{ m}^3/\text{h}$$

Demek ki saat de  $166320/221760 \text{ m}^3$  hava ortama iletilmelidir. Şimdi de kişi başına düşen hava miktarını bulalım. Debi olarak  $221760 \text{ m}^3/\text{h}$  alır ve bunu kişi başına bölersek  $\frac{221760}{60} = 3344 \text{ m}^3/\text{h}$ . Bu bulduğumuz çok büyük bir rakamdır.

Dış hava sıcaklığına bağlı olarak dışarıdan alınacak taze hava miktarı kişi başına  $-10^{\circ}\text{C}$  de ve sigara içilmeyen bir mahal için Tablo 2. den görüldüğü gibi  $13\text{m}^3/\text{h}$  dir.

Dış Hava Sıcaklığı $^{\circ}\text{C}$	Dış hava değişim miktarı	
	Sigara içilmez	Sigara içilir
	Kişi başına min ( $\text{m}^3/\text{h}$ )	
-20	8	12
-15	10	15
-10	13	20
- 5	16	24
0-26	20	30
26	15	23

Tablo 2. [13]

Havalandırılması yapılacak işyerlerinin hava kirliliğinin az olduğu Bozüyük'de ve dış minimal sıcaklığının  $-9^{\circ}\text{C}$  olduğu gözönüne alınarak belirlenmiştir. Bu iki rakam arasında çok büyük fark vardır. Bu nedenle, işletmede dışarıdan taze hava alınmasına pek gerek yoktur. Çünkü, çok büyük hacime sahip olan işletmede dışarıdan çeşitli yollarla giren (kapı, pencere, ambar kapıları, ... v.s.) taze hava çok az sayıda çalışan insanın bulunduğu ortamdaki taze hava ihtiyacını yeterince karşılayabilmektedir. Bu nedenle kışın işletme santralimizi kapalı devre gibi çalıştırabiliriz, böylece büyük bir ısı kazancı sağlayabiliriz. Bazen de dış havanın % 20 si dış ortamdaki alınarak çalıştırılabilir. Yaz işletmesinde ise dış havanın tamamı dışarıdan alınarak çalışmalı ve emilen havanın tamamı ortama verilmelidir. Bunun içinde, hem basma hemde emme için ayrı ayrı vantilatör gereklidir.

Mahallin havalandırılması için gerekli hava miktarı  $220.000-166.000\text{m}^3/\text{h}$  arası hesaplandı. Bu bir santral ve

vantilatör için büyük bir rakamdır. Bunun için, santrali iki ayrı santral şeklinde düşünebiliriz ve üretici firmaların vantilatörlerinden uygun bir seçim yaparak  $96.000\text{m}^3/\text{h}$  lık 4 vantilatör seçilebilir. Bu vantilatörlerden ikisi her bir santralin emmesi için, ikisi de her bir santralin basması için düşünülmüştür.

$$96.000 \times 2 = 192.000\text{m}^3/\text{h}$$

Bu işletmeye gönderilecek olan debidir, bunu hacime bölersek bize saatteki hava değişim miktarını verecektir.

$$\frac{192.000}{55.440} \approx 3,5 \text{ defa/h}$$

Bu rakam işletme şartlarımız için uygun bir değerdir.

## II. HAVALANDIRILACAK MAHALİN ISI KAYIPLARI

### II.1. Transmisyonla Olan Isı Kayıpları İçin Kabuller

#### II.1.1 Dış duvarlar için K değerinin bulunması:

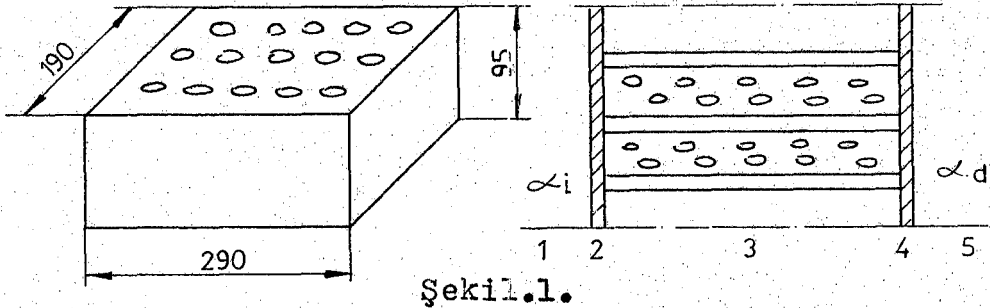
Malzeme	Kalınlık (m)	$\lambda$	$L/\lambda$
1 $\alpha_i=7$	-	-	0,143
2 Kireçli Harçlı İç Sıva	0,020	0,75	0,027
3 Delikli Tuğla	0,19	0,40	0,475
4 Çimento Harçlı Dış Sıva	0,02	1,20	0,025
5 $\alpha_d=20$	-	-	0,05

Tablo 3.

$$\frac{1}{K} = 0,70$$

$$K=1,39 \text{ kcal/m}^2 \text{ h } ^\circ\text{C}$$

## Normal Delikli Tuğla



Şekil.1.

Örnek seçilen mahal için minimal dışsıcaklık: -9 R, Buradaki R, kuvvetli rüzgara maruz bölge olduğunu göstermektedir.

Isıtılmamış yandaki odalar için tablolardan minimal dış sıcaklığa bağlı olarak alınan değer: +3 °C dir.

Metal pencereler için  $K=4,5 \text{ kcal/m}^2 \text{ h } ^\circ\text{C}$

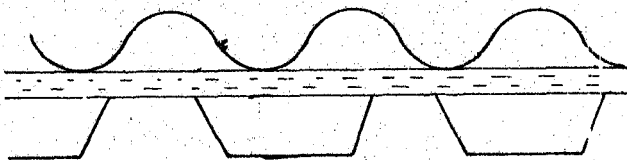
Metal kapılar için  $K=5,0 \text{ kcal/m}^2 \text{ h } ^\circ\text{C}$

## II.1.2. Tavandaki K değerinin bulunması

Malzeme	Kalınlık (m)	$\lambda$	$L/\lambda$
1 $\alpha_i=7$	-	-	0,143
2 Eternit	0,008	0,30	0,027
3 Camyünü	0,05	0,035	1,43
4 Alüminyum	$0,7 \times 10^{-3}$	179	0
5 $\alpha_d=20$	-	-	0,05

Tablo 4.

$$\frac{1}{K} = 1,65 \Rightarrow K=0,6 \text{ kcal/m}^2 \text{ h } ^\circ\text{C}$$



8 mm. Eternit  
50 mm Camyünü  
0.7 mm Trapez Ali.

Tabandan olan ısı kaybına gelince, döşeme 30 cm. kalınlığında betonarmedir ve üst yüzey 2 cm. mozaik kaplı olduğundan tablodan  $K=2,24 \text{ kcal/m}^2 \text{ h } ^\circ\text{C}$  olarak alındı. Döşeme altı sıcaklığı ise, minimal dış sıcaklık  $-9'$ a bağlı olarak tablo değeri olan  $+6 \text{ }^\circ\text{C}$  olarak alındı.

Isıtılacak mahallin (fabrika içinin) iç sıcaklığı olarak Tablo 5.'den  $18 \text{ }^\circ\text{C}$  olarak alındı. Ayrıca işyerimiz hafif iş yapan atölyeler sınıfına girmektedir.

### İÇ SICAKLIK DERECELERİ

#### Evlerde

Oturma odaları, Salonlar:	22 $^\circ\text{C}$
Hol	:20 $^\circ\text{C}$
Koridor	:13 $^\circ\text{C}$
Helâ	:15 $^\circ\text{C}$
Merdiven boşluğu, antre	:15 $^\circ\text{C}$
Mutfak	:15 $^\circ\text{C}$
Yatak odası	:20 $^\circ\text{C}$
Çalışma odası	:22 $^\circ\text{C}$
Banyo	:26 $^\circ\text{C}$
WC-Banyo müşterek	:20 $^\circ\text{C}$

NOT:Memleketimizde Sosyal Mesken olarak inşa edilen yapılarda, yatak odaları aynı zamanda oturma ve çalışma mahalli olarak kullanıldığından, buralarının  $22 \text{ }^\circ\text{C}$  ye ısıtılması önemle tavsiye edilir.

#### Okullarda

Sınıflar	:20 $^\circ\text{C}$
Bürolar	:20 $^\circ\text{C}$
Spor salonları	:15 $^\circ\text{C}$
Duşlar	:22 $^\circ\text{C}$
Banyolar	:26 $^\circ\text{C}$

#### Hastahanelerde

Hastahane ve benzer yerleri için hesaplara mesnet olacak muhtelif mahallerin iç sıcaklık dereceleri, ilgili makamların teşhis ve tedavi bakımından uygun gördükleri derecede alınmalıdır.

#### Fabrikalarda

Hafif iş yapan atölyeler	:18 $^\circ\text{C}$
Ağır iş yapan atölyeler	:15 $^\circ\text{C}$
Montaj iş yapan atölyeler	:18 $^\circ\text{C}$
Yalnız kadın işçilerin çalıştığı atölyeler	:18 $^\circ\text{C}$
Dökümhaneler	:10 $^\circ\text{C}$
Marangozhaneler	:18 $^\circ\text{C}$

#### Hapishanelerde

Münferit odalar (Hücre)	:20 $^\circ\text{C}$
Hafif iş atölye odaları	:18 $^\circ\text{C}$
Koğuşlar	:18 $^\circ\text{C}$
Koridorlar	:15 $^\circ\text{C}$

## İÇ SICAKLIK DERECELERİ

<u>Okullarda</u>		<u>Hapishanelerde</u>	
Toplantı salonları	:20 °C	Okuma odaları ve	
Koridorlar	:15 °C	kütüphaneler	:20 °C
Merdivenler	:15 °C	Umumi idari bürolar	:20 °C
Hel	:15 °C	Münferit idari bürolar:	22 °C
Okuma odaları	:20 °C		
Kütüphaneler	:20 °C	<u>İş Hanları</u>	
Kapalı		Çalışma odaları	:20 °C
teneffüshaneler	:18 °C	Hol, koridor	:15 °C
		Helâ(W.C.)	:15 °C
		Merdiven	:15 °C
		Antre	:15 °C

Tablo 5. [9]

## II.1.3. Zamlar

$$Q_h = Q_0(1 + Z_U + Z_A + Z_W + Z_H) = Q_0 \times Z$$

$Q_h$ ; Gerçek Isı Kaybı                       $Q_0$ ; Zamsız Isı Kaybı

$Z_D = Z_U + Z_A =$  Tatil zammı + Harice bakan yüzeylerden dolayı zam

$Z_D = 7$  (İşletme sürekli çalıştığından dolayı tablodan alınan değer)

$Z_W$ ; Rüzgar zammı

$Z_W = 35$  (Isıtılacak yerin köşede olması ve her iki köşede pencerenin olması nedeniyle alınan değerdir.)

$Z_H$ ; Yön zammı

$Z_H = 0$  Isıtılacak mahal her yöne bakmaktadır

$Z = 1 + 0,07 + 0,35 + 0 = 1,42$  bulunur.

$$Q_h = Q_0 \times 1,42$$



Sembol	Yön	Duvar Kalınlığı	Boy veya Genislik	Yükseklik	Yüzey	Benzer Adet	Çıkarılan Yüzey	Katılan Yüzey	K	Sıcaklık farkı $\Delta t$	$\Delta t_k$	İletim yolu ile olan ısı kaybı
-	-	cm.	m.	m.	m <sup>2</sup>	-	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	$\frac{\text{kcal}}{\text{m}^2 \text{ h} \cdot \text{c}}$	°c	$\frac{\text{kcal}}{\text{m}^2 \text{ h}}$	$\frac{\text{kcal}}{\text{h}}$
Ü S T K A T												
D.D.	D.	23	84	5	420	1	89,6	330,4	1,39	27	37,53	12399,91
D.P.	D.	-	0,8	4	3,2	28	-	89,6	4,5	27	121,5	10886,40
D.D.	G.	23	60	5	300	1	64	236	1,39	27	37,53	8857,08
D.P.	G.	-	0,8	4	3,2	20	-	64	4,5	27	121,5	7776,00
D.D.	B.	23	48	5	240	1	44,8	195,2	1,39	27	37,53	7325,85
D.P.	B.	-	0,8	1	0,8	56	-	44,8	4,5	27	121,5	5443,20
İ.D.	K.	23	60	5	300	1	70,4	229,6	1,39	15	20,77	4769,94
İ.P.	K.	-	0,8	1	0,8	63	-	50,4	4,5	15	67,5	3402,00
İ.K.	K.	-	4	5	20	1	-	20	5,0	15	75	1500,00
Devan	-	5,8	84	60	5040	1	-	5040	0,6	27	16,2	81648,00
A L T K A T												
D.D.	D.	23	84	6	504	1	124	380	1,39	27	37,53	14261,40
D.P.	D.	-	0,8	5	4	25	-	100	4,5	27	121,5	12150,00
D.K.	D.	-	6	4	24	1	-	24	5,0	27	135	3240,00
D.D.	G.	23	60	6	360	1	80	280	1,39	27	37,53	10508,40
D.P.	G.	-	0,8	5	4	20	-	80	4,5	27	121,5	9720,00
D.D.	B.	23	48	6	288	1	84,8	203,2	1,39	27	37,53	7626,00
D.P.	B.	-	0,8	1	0,8	56	-	44,8	4,5	27	121,5	5443,20
D.K.	B.	-	4	5	20	2	-	40	5,0	27	135	5400,00

Tablo.6.

Sembol	Yön	Duvar Kalınlığı	Boy veya Genişlik	Yükseklik	Yüzey	Benzer Adet	Çıkarılan Yüzey	Katılan Yüzey	K	Sıcaklık Farkı $\Delta t$	$\Delta t_k$	İletim yolu ile olan ısı kaybı
-	-	cm.	m.	m.	m <sup>2</sup>	-	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	$\frac{\text{kcal}}{\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}}$	°C	$\frac{\text{kcal}}{\text{m}^2 \cdot \text{h}}$	$\frac{\text{kcal}}{\text{h}}$
İ.D.	K.	23	60	6	360	1	124,8	235,2	1,39	15	20,85	4903,92
İ.P.	K.	-	0,8	1	0,8	56	-	44,8	4,5	15	67,5	3024,00
İ.K.	K.	-	4	5	20	4	-	80	5,0	15	75	6000,00
Döşeme	-	30	84	60	5040	1	-	5040	2,24	12	26,88	135475,20
												<u>359.811,20</u>
												$Q_o = 359.811,20 \text{ kcal/h}$
												$Z = 1,42$ alındığından
												$Q_h = Q_o \times Z$
												$Q_h = 359811,2 \times 1,42$
												$Q_h = 510.931,90 \text{ kcal/h}$

Tablo 6'nın devamı

## II.2. Enfiltrasyonla Olan Isı Kayıpları

Enfiltrasyonla olan ısı kaybı şu formülle hesaplanır.

$$Q_L = \sum (al)_A \times R \times H \times (t_i - t_a) \times Z_e \quad \text{kcal/h}$$

Bu formüldeki terimlerin anlamına gelince;

$(al)_A$ ; Kapı ve pencerelerin rüzgar geçirgenliği

R; Mahal karakteristiği

H; Yapı karakteristiği

$(t_i - t_a)$ ; İç ve dış hava arasındaki sıcaklık farkı

$Z_e$ ; Köşe pencereler için zam faktörünü belirtir.

Beher metre fuga uzunluğu için	
Ahşap veya plastik pencere	Tek pencere ..... 3,0
	Çift pencere ..... 2,5
	Çift camlı pencere ..... 2,0
Çelik veya metal pencere	Tek pencere ..... 1,5
	Çift pencere ..... 1,5
	Çift camlı pencere ..... 1,2
İç Kapılar	Eşiksiz kapı ..... 40
	Eşikli kapı ..... 15

Tablo.7. Kapı ve Pencereler İçin a Değerleri [4]

	h(m)	$W = \frac{L}{F}$
Çok Kanatlı Pencereleler .....	0,5 .....	7,2
	0,63	6,2
	0,75	5,3
	0,88.....	4,9
	1,00	4,5
	1,25	4,1
	1,50.....	3,7
	2,00	3,3
	2,50.....	3,0

Tablo.8. Birleşme Yerleri Uzunluğunun Yaklaşık Tayini [4]

#### Kapı ve Pencereleli Kapılar

Tek Kanatlı .....	2,10 .....	2,6
İki Kanatlı .....	2,50 .....	3,3

Tablo 9, R Katsayısının Tayini

İç Kapılar	$\frac{F_A}{F_T}$	R Oda Katsayısı
Ahşap veya plastik Pencere	Aralıklı < 3	0,9
	Alalıksız < 1,5	
Çelik veya metal Pencere	Aralıklı < 6	0,9
	Aralıksız < 2,5	
Ahşap veya plastik Pencere	Aralıklı 3-9	0,7
	Aralıksız 1,5-3	
Çelik veya metal Pencere	Aralıklı 6-20	0,7
	Aralıksız 2,5-6	

Tablo.9. [4]

$F_A$ ; İçeriye hava sızdıran kapı ve pencerelerin alanıdır. (Pencerelerin yalnız açılabilen kanatlarının alanı söz

konusudur.)

$F_T$ ; İçeriden dışarıya hava sızdıran pencere ve kapıların alanı.

Bina Katsayısı H

		Sıra evler	Münferit evler
Normal (N) Bölge	Korunmuş (K)	0,24	0,34
	Serbest (S)	0,41	0,58
	Çok serbest (Ç)	0,60	0,84
Rüzgarlı (R) Bölge	Korunmuş (K)	0,41	0,58
	Serbest (S)	0,60	0,84
	Çok serbest (Ç)	0,82	1,13

Tablo 10. [4]

$Z_e$  Değerleri; Eğer pencere veya kapılar iki duvarın (dış) tam birleşme noktasında bulunuyorsa  $Z_e$ ; 1,2 alınır. Diğer pencere ve kapılar için ise 1,0 dir.

Isıtılacak Mahalimizdeki  $F_A$ ,  $F_T$  değerleri;

Üst Kat: Pencere Alanı=89,6+64+44,8+50,4=248,8 m<sup>2</sup>  
Kapı Alanı= 20 m<sup>2</sup>

$$F_A=248,8 \quad F_T=20 \quad \frac{F_A}{F_T} = \frac{248,8}{20} \cong 12 \Rightarrow R=0,7 \text{ alınır.}$$

Alt Kat:  $\sum$  Pencere Alanı=100+80+44,8+44,8=269,6  
 $\sum$  Kapı Alanı=24+80+40=144 m<sup>2</sup>

$$F_A=269,6 \quad F_T=144; \quad \frac{F_A}{F_T} = \frac{269,6}{144} = 1,87 \Rightarrow R=0,7 \text{ alınır.}$$

L değeri ise yüksek pencereler 5x0,8 m<sup>2</sup> h>2,5 m olduğu için W=3,0 (Tablo 8 )

$$W = \frac{L}{F}; \quad F=3,2 \text{ m}^2; \quad L=3,2 \times 3=9,6 \text{ m.}$$

L değeri küçük pencereler için 0,8x1 m<sup>2</sup> h=0,8  $\Rightarrow W \cong 5,0$

İŞARETLER	YÖN	RÜZGAR DURUMU	(L) FUGA UZUNLUĞU	(a) FUGA FAKTÖRÜ	A DET	W (dl)	(R) ODA KATSAYISI	W (dl) x R	SICAKLIK FARKI (At)	(H) BİNA KATSAYISI	H x A t	KÖŞE KATSAYISI	ENFİLTASYON ISI KAYBI Kcal/h
ÜST KAT													
D.P.	D.	R	9,6	1,5	26	374,4	0,7	262,08	27	1,13	30,51	1,0	7996,6
D.P.	D.	R	9,6	1,5	2	28,8	0,7	20,16	27	1,13	30,51	1,2	738,1
D.P.	G.	R	9,6	1,5	18	259,2	0,7	181,44	27	1,13	30,51	1,0	5535,7
D.P.	G.	R	9,6	1,5	2	28,8	0,7	20,16	27	1,13	30,51	1,2	738,1
D.P.	B.	R	4	1,5	56	336	0,7	235,2	27	1,13	30,51	1,0	7175,9
İ.P.	K.	R	4	1,5	63	378	0,7	264,6	15	0,84	12,6	1,0	3333,9
İ.K.	K.	R	66	40	1	2640	0,7	1848	15	0,84	12,6	1,0	23284,8
ALT KAT													
D.P.	D.	R	9,6	1,5	23	331,2	0,7	231,84	27	1,13	30,51	1,0	7073,5
D.P.	D.	R	9,6	1,5	2	28,8	0,7	20,16	27	1,13	30,51	1,2	738,1
D.K.	D.	R	79,2	40	1	3168	0,7	2217,6	27	1,13	30,51	1,0	67649,0
D.P.	G.	R	9,6	1,5	18	259,2	0,7	181,44	27	1,13	30,51	1,0	5535,7
D.P.	G.	R	9,6	1,5	2	28,8	0,7	20,16	27	1,13	30,51	1,2	738,1
D.P.	B.	R	4	1,5	56	336	0,7	235,2	27	1,13	30,51	1,0	7175,9
D.K.	B.	R	66	40	2	5280	0,7	3696	27	1,13	30,51	1,0	112728,0
İ.P.	K.	R	4	1,5	56	336	0,7	235,2	15	0,84	12,6	1,0	2963,5
İ.K.	K.	R	66	40	4	10560	0,7	7392	15	0,84	12,6	1,0	93139,2
													346544,1 kcal/h

ALT KATTAKI DIŞ KAPININ L DEĞERİ:  
 $F = 6 \times 4 = 24 \text{ m}^2$      $n = 4 \text{ m} \Rightarrow$      $W = 3,3$

$L = 24 \times 3,3 = 792 \text{ m}$

Tablo 11

$$F=0,8 \text{ m}^2 \quad L=W.F=5.0,8=4 \text{ m}$$

Üst Kaçtaki İç Kapının L değeri;

$$F=5 \times 4=20 \text{ m}^2 \quad h=4 \text{ m} \Rightarrow W=3,3 \quad L=20 \times 3,3=66 \text{ m}$$

### II.3. Toplam Isı Kaybı

Bu ısı kayıplarının dışında, havalandırma amacıyla, karışım havasının % 20 sinin dış havadan alındığını düşünelim. Alınan bu dış havanın ısıtılması içinde oldukça büyük bir ısıya ihtiyaç vardır. Şimdi bu durumda ısı kaybını bulalım.

$$Q_D = V.C. \Delta t$$

$$V=192.000.0,20=38400 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_D = 38.400 \times 0,31 \times (18+9)$$

$$Q_D = 321.408 \text{ kcal/h}$$

Şimdide toplam ısı kaybını bulalım.

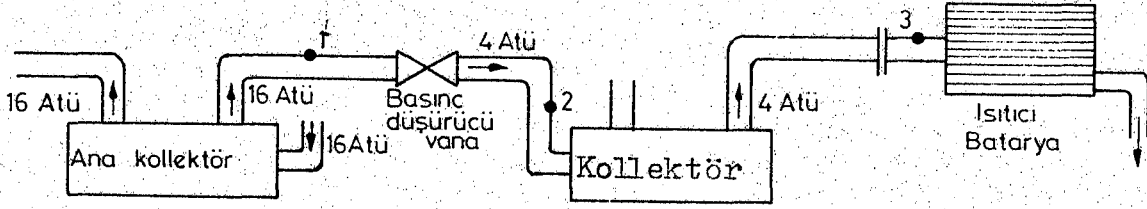
$$Q = Q_h + Q_E + Q_D$$

$$Q = 510.931,9 + 346.544,1 + 321.408$$

$$Q = 1.178.884. \text{ kcal/h} \text{ olarak bulunur.}$$

### III. ISITICI SEÇİMİ

Isıtıcı seçimine geçmeden önce işletme buhar şartları hakkında kısaca bilgi vermek yerinde olacaktır. Buhar kazanlarımız 16 Atüde buhar gelmektedir. 16 Atü buhar basınç olarak büyük bir rakamdır. O nedenle, 16 Atü'lük ana kollektör çıkışından sonra hava santralimize gelen buhar hattına ana bir basınç düşürücü koyarak 4 Atü'ye düşürmemiz gerekir. Ana kollektörden buhar, hava santralimize gelinceye kadar hayli uzun bir yol katettiğinden basıncın 3,5 atü'ye düştüğünü kabul ederek hesaplamalar, 3,5 atü üzerinden yapılacaktır.



Şekil.2.

1, 2, 3 noktalarının termodinamik değerlerini İ-S diyagramında incelersek.

$$P_1 = 16 \text{ Atü}$$

$$P_2 = 4 \text{ Atü}$$

$$P_3 = 3,5 \text{ Atü}$$

$$İ_1 = 667 \text{ kcal/kg}$$

$$İ_2 = 667 \text{ kcal/kg}$$

$$İ_3 = 667 \text{ kcal/kg}$$

$$t_1 = 200,4^\circ\text{C}$$

$$t_2 = 174^\circ\text{C}$$

$$t_3 = 170^\circ\text{C}$$

Yaptığımız kabuller ise;

Dış hava minimal sıcaklığı;  $-9^\circ\text{C}$  (Tablodan)

İç hava sıcaklığı ;  $+18^\circ\text{C}$  (Tablodan)

Hava debisi ;  $96.000 \text{ m}^3/\text{h}$  (Seçtiğimiz vantilatör)

Yukarıdaki bu değerlere göre ısıtıcı batarya seçimine geçebiliriz. İki şekilde ısıtıcı batarya seçimi yapılacaktır.

III.1. Vantilatörden Geçen Havanın % 20 sinin Dışarıdan Alındığını Kabul Ederek:

Dış hava % 20 ağırlık olarak,

İç hava % 80 ağırlık olarak,

Buna göre;

$$\gamma_{-9} = 1,337 \text{ kg/m}^3$$

$$\gamma_{18} = 1,213 \text{ kg/m}^3$$

$$G_{\text{dış}} + G_{\text{iç}} = G_{\text{toplam}}$$

$$G_{\text{dış}} = 0,2 G_{\text{toplam}}$$

$$G_{\text{iç}} = 0,8 G_{\text{toplam}}$$



$$G_{dış} = \gamma_{-9} \cdot V_1$$

$$G_{iç} = \gamma_{18} \cdot V_2$$

$$G_{top} = \gamma_m \cdot V_m$$

$$\gamma_{-9} \cdot V_1 + \gamma_{18} \cdot V_2 = \gamma_m \cdot V_m$$

$$G_1 t_1 \cdot 0,24 + G_2 t_2 \cdot 0,24 = G_m t_m \cdot 0,24$$

$$0,2 G_m t_1 \cdot 0,24 + 0,8 G_m t_2 \cdot 0,24 = G_m t_m \cdot 0,24$$

$$0,2 t_1 + 0,8 t_2 = t_m$$

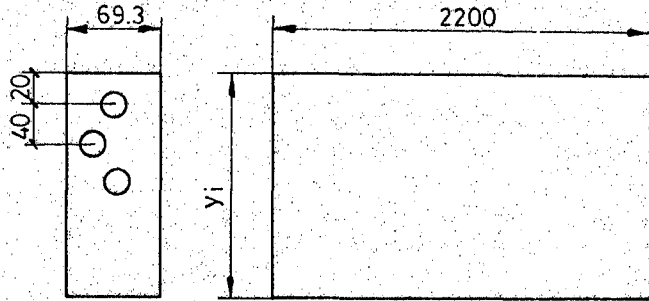
$$t_m = 0,2(-9) + 0,8(18) \Rightarrow t_m = 12,6^\circ\text{C}$$

$$t_m = 12,6^\circ\text{C} \text{ olduğundan } \gamma_m = 1,237 \text{ kg/m}^3$$

$$G_m = \gamma_m V_m = 1,237 \cdot 96.000 = 118752 \text{ kg/h}$$

Isıtıcı tipi olarak üretici firmanın T46-IT-30-2200' lük batarya tipini seçelim, 2 adet alıp üst üste tek sıra halinde koyacağız.

Bu bataryanın genişliği 2200 mm.dir. Boyuna gelince;



$$y_i = m \times 40 + 20$$

$$y_i = 20 \times 40 + 20$$

$$y_i = 820 \text{ mm. 'dir.}$$

Şekil.3.

Bu durumda geçiş alanını bulalım.

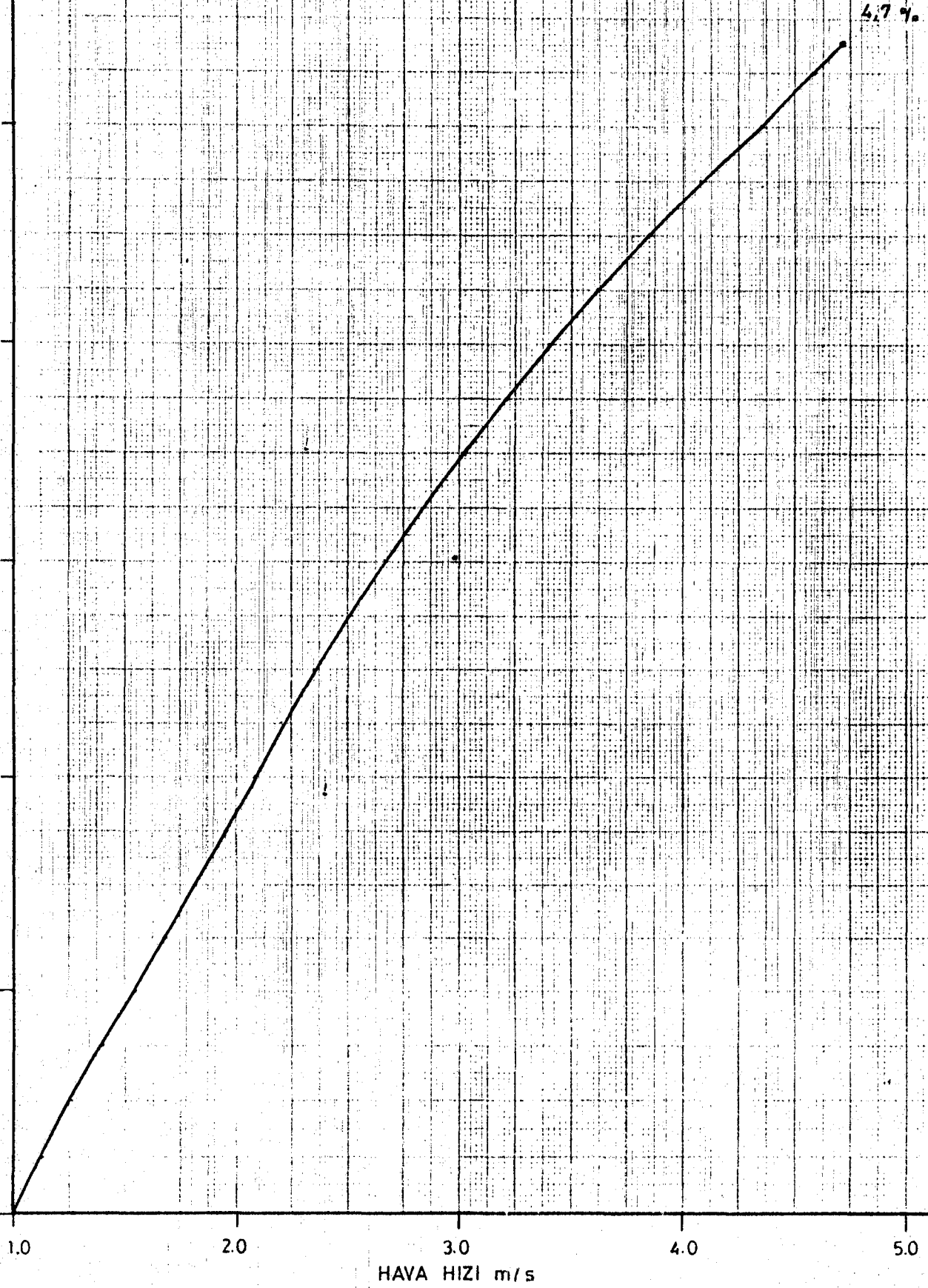
$$2 \times 2,2 \times 0,82 = 3,60 \text{ m}^2$$

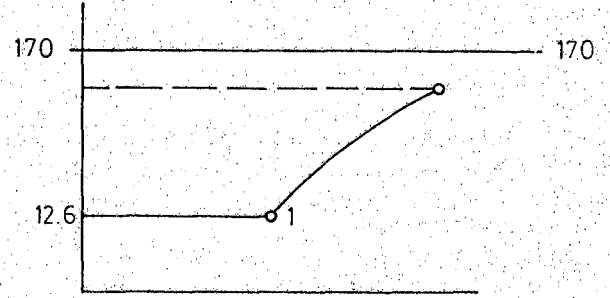
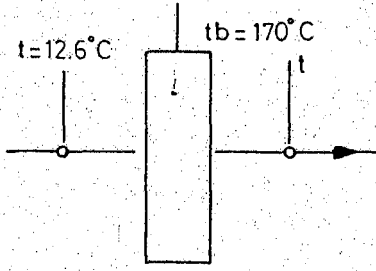
Şimdide geçiş hızını seçelim.

$$U = \frac{V}{F \cdot 3600} = \frac{96000}{3,6 \cdot 3600} = 7,4 \text{ m/s}$$

Bu hız oldukça büyüktür o nedenle Tablo.12 den de anlaşılacağı gibi K değeri olarak,  $1250 \text{ kcal/hm}^2 \text{ }^\circ\text{C}$  alınabilir.

$$K \cong 1250 \text{ kcal/hm}^2 \text{ }^\circ\text{C}$$

İSTİCİLAR İCİN  $K_d$  DEĞERLERİ



Şekil.4.

$$F_{\text{geçiş}} = 3,6 \text{ m}^2 \quad G_m = 118752 \text{ kg/h}$$

$$Q = F_{\text{geçiş}} \cdot K \cdot \Delta t \quad \text{Burada } \Delta t = \frac{170+170}{2} - \frac{t+12,6}{2}$$

$$\Delta t = 170 - \frac{t+12,6}{2}$$

$$Q = G \cdot 0,24 (t - 12,6)$$

$$118.752 \cdot 0,24 (t - 12,6) = 3,6 \cdot 1250 \cdot \left(170 - \frac{t+12,6}{2}\right)$$

$$6,33t - 79,8 = 163,8 - 0,5t$$

$$t = 35,6 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$Q = 118752 \cdot 0,24 (35,6 - 12,6) = 657.397,1 \text{ kcal/h}$$

### III. 2 . % 100 İç Hava İle Çalışma Hali

$$\gamma_{18} = 1,213 \text{ kg/m}^3 \quad G = \gamma_{18} \cdot V = 1,213 \times 96000 = 116448 \text{ kg/h}$$

$$G \cdot 0,24 (t - 18) = F_{\text{geçiş}} \cdot K (\Delta t)$$

$$116448 \times 0,24 \times (t - 18) = 3,6 \times 1250 \left(170 - \frac{t+18}{2}\right)$$

$$6,21t - 111,8 = 161,0 - 0,5t$$

$$t = 40,6 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$Q = 116448 \times 0,24 \times (40,6 - 18)$$

$$Q = 631613,95 \text{ kcal/h}$$

### III. 3 . Kondenstop Seçimi:

$$Q_{\text{max}} = 657.397,1 \text{ kcal/h bulunmuştur.}$$

$P = 3,5$  Atü için  $\dot{I}_b = 654,6$  kcal/kg ve

$\dot{I}_{\text{kondens}} = 148$  kcal/kg

$$q = \frac{657397,1}{654,6 - 148} = 1297 \text{ kg/h}$$

Üretici firma katalogundan

3 Atü 1" kondensstop 1560 kg/h

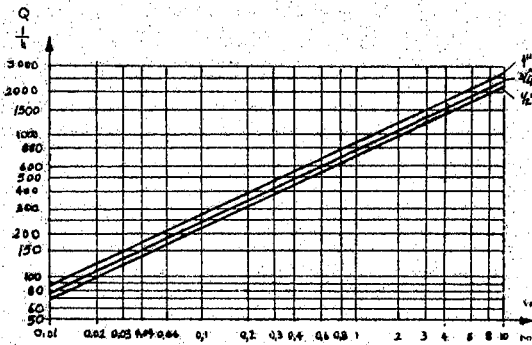
4 Atü 1" kondensstop 1760 kg/h

3,5 Atü. de ise;

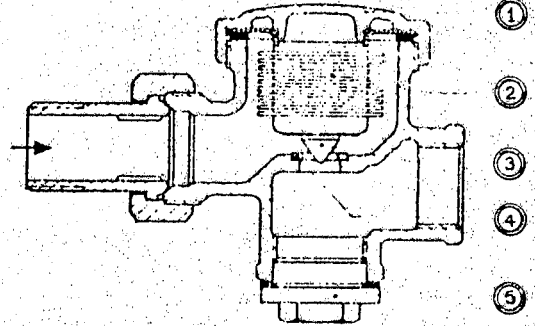
$$(1760 - 1560) \times 0,5 + 1560 = 1660 \text{ kg/h}$$

Biz herbir ısıtıcıya 1" kondensstop koyarsak kondensi kolayca tahliye edecektir.

$$\frac{1297}{2} = 648,5 \text{ kg/h (Herbir ısıtıcıya gelen kondens)}$$



Tablo.12. (\*)



Sekil.5. (\*)

- 1 - Gövde
- 2 - Termostatik eleman
- 3 - Tapa
- 4 - Sızdırmazlık ringi
- 5 - Vidalı tapa

#### III.4. Isıtıcı Serpantin Borularının Mukavemet Hesabı:

Mukavemet hesabının,  $\tau = 170^\circ\text{C}$  buharı göre yapılması gerekir. Boru dış çapı olarak  $5/8'' = 15,87$  mm. 15,9 mm. alındığında ve boru et kalınlığı 0,5 mm. olduğundan, Sabın

(\*) Samson katalogundan alınmıştır.

Crocker Piging Hand Book'un sayfa 1209 ve 1211 deki cetvel-lerden alınan formüllerden,

$$t = \frac{P \cdot D}{2S + 0,8P} + C$$

Burada; P: İşletme basıncı, birimi P.S.İ

D: Boru dış çapı, birimi inch

S: Emniyet katsayısı

C: Korozyon katsayısıdır.

Borularımız bakır olduğu için C=0 kabul edilir.

S Katsayısı

$$250^{\circ}\text{F} \quad (121^{\circ}\text{C}) \quad 6250$$

$$350^{\circ}\text{F} \quad (177^{\circ}\text{C}) \quad 5625$$

$$338^{\circ}\text{F} \quad (170^{\circ}\text{C}) \quad -$$

$$S_{338} = S_{250} - \frac{S_{250} - S_{350}}{350 - 250} \times (338 - 250)$$

$$S_{338} = 6250 - \frac{6250 - 5625}{100} \times 88 = 5700$$

Yukarıdaki formülde başlangıç olarak 0,8 P terimini ihmal edebiliriz.

$$D = 5/8" \quad P = ?$$

$$t = \frac{0,5}{25,4} = 0,0197" \text{ olur.}$$

$$t \leq \frac{P \cdot D}{2S} \quad P \geq \frac{2St}{D} \text{ olmalı}$$

$$P \geq \frac{2 \cdot 5700 \cdot 0,0197}{5/8} \approx 359,3 \text{ P.S.İ.}$$

1 P.S.İ.=0,0703 Atü olduğuna göre

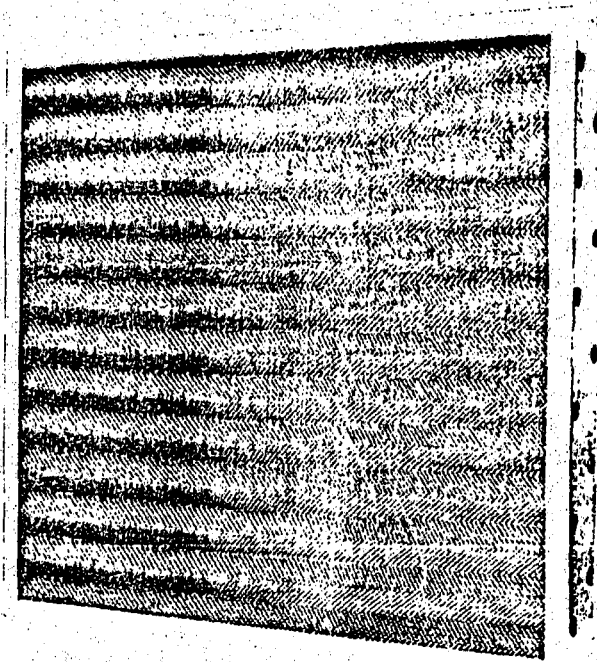
359,3 P.S.İ.=0,0703x359,3=25,25 Atü demektir.

Bu sonuçtan da görmekteyiz ki 5/8" bakır borular 0,5 et kalınlığında 25,5 Atü. işletme basıncına kadar emniyetle kullanılabilir.

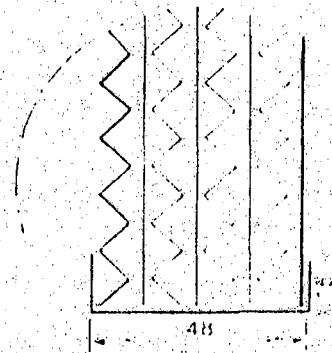
#### IV. HAVA FİLTRESİNİN SEÇİMİ

Hava santralimiz için aşağıda resimde görülen madeni tip hava filtresi seçildi. Galvanize kafes telden imal edilen madeni hava filtreleri hava içersindeki toz zerrecikleri en iyi şekilde süzebilecek yapıdadır. Yağlı veya kuru olarak kullanılabilirdiğinden ve defalarca temizlenebilme özelliğinden dolayı uzun ömürlü bir hava filtresidir.

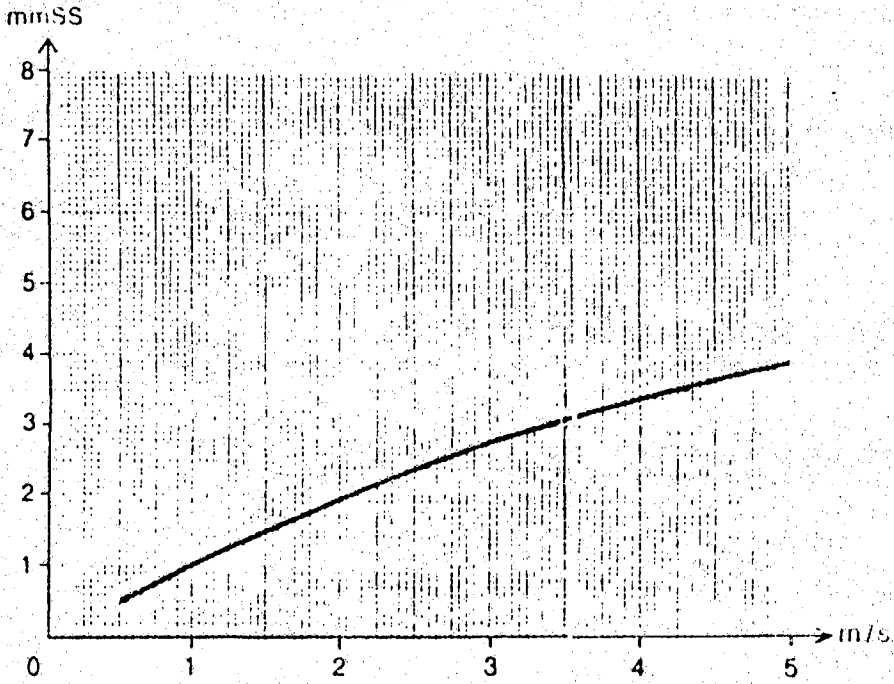
Filtrelerimizin standart ölçüleri 498x498x48 mm.dir. Çalışmada 12 adet olmak üzere toplam 60 adet filtre kullanıldı. Filtrelerin hava hızlarına göre basınç kaybı diyagramı aşağıdadır. (Tablo.13)



Şekil 6 .a



Filtre kesiti  
Şekil 6.b



Madeni Filtre-  
mizin hava hızı  
değişimine göre  
basınç kaybı  
diyagramı

Tablo.13.

## V. HAVA KANALLARININ BOYUTLANDIRILMASI, BASINÇ DÜŞÜMÜNÜN HESAPLANMASI

### V.1. Basma Kanalları ve Anemostatlar:

Bir kanalı boyutlandırırken önce, o kanal üzerine kaç adet anemostat konulacak, daha doğrusu istenilen hava miktarı ve ısı miktarına, göre anemostat miktarının belirlenmesi gerekir. Bu anemostatlardan üflenecek havanın hızına bağlı olarak ve anemostatın boyutuna göre bir anemostatdan üflenen hava Tablo 17'den bulunur. Bu sayı anemostat ile çarpılarak kanal girişindeki toplam debi hesaplanır. Bu çalışmada I.Hava santralimizin I.kanalında 10 adet anemostat bulunması gerekiyor  $\emptyset$  350'lik anemostat seçildiğinde  $2800 \text{ m}^3/\text{h}$ 'lik debi, toplam olarak  $28.000 \text{ m}^3/\text{h}$  bulunur. Buradan hareket ederek, kanal boyutlarının kademe, kademe hesaplanması gerekir. Anemostatlara kadar kanal boyutu aynı

şekilde devam eder. Anemostatlarla gelindiğinde her anemostatda belli debide hava üflendiğinde, toplam hava debisinde azalma olacaktır, iki, üç, anemostatda hava hızının istenilen değerde kalabilmesini sağlamak için redüksiyonlar aracılığıyla kanal boyutları küçültülür. Kanal boyutlarının her anemostatda değiştirmesinin nedeni, işçiliğin artması ve dolayısıyla maliyetin artmasına sebep olacaktır iki, üç anemostatda bir boyut düşürülür. Kanaldan geçen hava miktarı bilindiğine göre, ayrıca istenilen hızda seçildiğinden bunlara bağlı olarak kesit bulunur. Bulunan kesite uygun olarak en uygun kanal ölçüleri seçilir. Daha sonra, gerçek kanal kesitine göre gerçek hız bulunur.

Kanalı boyutlandırdıktan sonra, kanaldaki basınç düşümünün hesabına geçilir. Bir kanaldaki basınç düşümü; sürtünme kaybı ve özel direnç kaybı olmak üzere iki türlü olur ve bunların toplamından bulunur. Sürtünme kaybını bulmak için önce eşdeğer çap bulunur. Eşdeğer çap seçtiğimiz kanal boyutlarına göre Tablo 14'dan alınır. Eşdeğer çap ve kanaldaki hava hızına göre tablodan basınç düşüşü bulunur. Basınç düşüşü ile kanal uzunluğunun çarpımı bize sürtünme kaybını verir (mmSS cinsinden). Özel direnç kaybının bulunması için gerçek hızın (önceden hesaplanan) kullanılarak,

$$P_{dyn} = 0,06 \times W^2$$

formülünden dinamik basınç hesaplanır. Bu değer, özel direnç katsayısı ile çarpılarak özel direnç kaybı bulunur. Özel direnç katsayısı, dirseğin, redüksiyonuna, şekline, boyutlarına göre değişir. O nedenle, gerekli tablolar kullanılarak özel direnç katsayısını buluruz. Unutulmaması gereken diğer bir husus kullanılan anemostatlardaki her bir anemostatın özel direnç kaybı 1,2 mm SS. alınmalıdır. Emiş menfozlerindeki özel direnç kaybı da 1,2 mm SS. olarak alınmıştır. Toplam basınç düşümünün bulunmasında ise, özel direnç kaybı, sürtünme kaybı dışında ısıtıcıda olan basınç düşümünde göz önünde bulundurmak gerekir. Kullandığımız ısıtıcının basınç düşümü 5 mm SS olarak alınmıştır.



$d_g$  Tablosu

a x b $d_g$	a x b $d_g$	a x b $d_g$	a x b $d_g$
100x 100 100	500x 800 600	700x1600 1000	900x1700 1200
100x 125 110	500x 900 650	700x1700 1000	900x1800 1200
100x 150 120	500x1000 650	700x1800 1000	900x1900 1200
150x 150 150	500x1100 700	700x1900 1000	900x2000 1200
150x 200 170	500x1200 700	700x2000 1000	900x2100 1200
150x 250 190	500x1300 700	700x2100 1100	900x2200 1200
200x 200 200	500x1400 750	800x 800 800	900x2300 1300
200x 300 240	500x1500 750	800x 900 850	900x2400 1300
200x 400 260	600x 600 600	800x1000 900	900x2500 1300
200x 500 280	600x 700 650	800x1100 950	900x2600 1300
200x 600 300	600x 800 700	800x1200 950	900x2800 1400
300x 300 300	600x 900 700	300x1300 1000	1000x1000 1000
300x 400 350	600x1000 750	800x1400 1000	1000x1100 1000
300x 500 375	600x1100 800	800x1500 1000	1000x1200 1100
300x 600 400	600x1200 800	300x1600 1100	1000x1300 1100
300x 700 425	600x1300 800	800x1700 1100	1000x1400 1200
300x 800 425	600x1400 850	800x1800 1100	1000x1500 1200
300x 900 450	600x1500 850	800x1900 1100	1000x1600 1200
400x 400 400	600x1600 850	800x2000 1100	1000x1700 1300
400x 500 450	600x1700 900	800x2100 1100	1000x1800 1300
400x 600 475	600x1800 900	800x2200 1100	1000x1900 1300
400x 700 500	700x 700 700	800x2300 1200	1000x2000 1300
400x 800 550	700x 800 750	900x 900 900	1000x2100 1300
400x 900 550	700x 900 800	900x1000 950	1000x2200 1300
400x1000 550	700x1000 800	900x1100 1000	1000x2300 1400
400x1100 600	700x1100 850	900x1200 1000	1000x2400 1400
400x1200 600	700x1200 900	900x1300 1100	1000x2500 1400
500x 500 500	700x1300 900	900x1400 1100	1000x2600 1400
500x 600 550	700x1400 950	900x1500 1100	1000x2700 1400
500x 700 600	700x1500 950	900x1600 1200	1000x2800 1400

Tablo.14. [4]

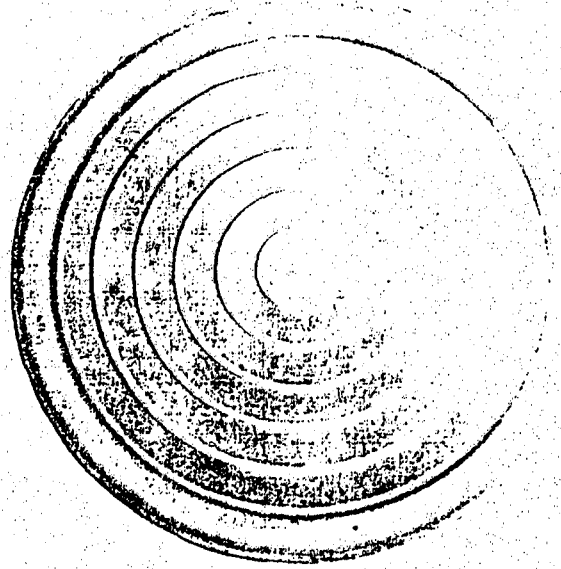
Hacmin adı	Hız m/s
Dikey konan dikdörtgen menfezler için Radyo yayın odası, ameliyathane, film stüdyosu:	1,5-2,5 m/s
Hastahane yatak odası, otel odası, yazıhane, ikametgâh:	2,0-4,0 m/s
Sınıf, Konser salonu, yemek odası, Kütüphane, oyun salonu, sessiz mağaza tiyatro balkonu altı:	2,5-5,0 m/s
Konferans salonu, normal mağaza, balo salonu, kafeterya, umumi yazıhane, otel oturma odası, büyük tiyatro, sinema, restoran:	5,0-8,0 m/s
Umumi mağaza, fabrika, jimnastik salonu, restoran mutfağı, mağaza odaları:	8,0-10,0 m/s
Anemostatlar için tavsiye edilen hava hızları	
Yayın stüdyoları, hastahane ameliyat odaları:	3,0-4,5 m/s
Hastahane odaları, otel yatak odası, özel ofis, ikametgâh:	4,0-5,0 m/s
Konferans salonu, sınıf, konser ve tiyatro salonu, yemek odaları, kütüphane, küçük oyun salonu, dükkan, tiyatro balkonlarının alt kısımları, umumi ofisler:	5,0-6,0 m/s
Mağazalar, balo salonları, Kafeterya, otel oturma salonu, büyük tiyatro, lokantalar:	6,0-7,5 m/s
Fabrikalar, spor salonları, lokanta mutfakları, depolar:	7,5 dan fazla m/s
Anemostat montaj yüksekliğine göre tavsiye edilen hızlar:	
Anemostat montaj yüksekliği m.	
2,2-3,0	5-6
3,5-4,0	7-8
5,0 ve daha yüksek	9

Bu hız ve menfez hava debisine göre, menfez kataloğundan menfezin ölçüleri bulunur. Bundan sonra, seçilen menfezin o mahallin ölçülerine uygun olup olmadığı, imalatçının menfez kataloğundan kontrol edilir.

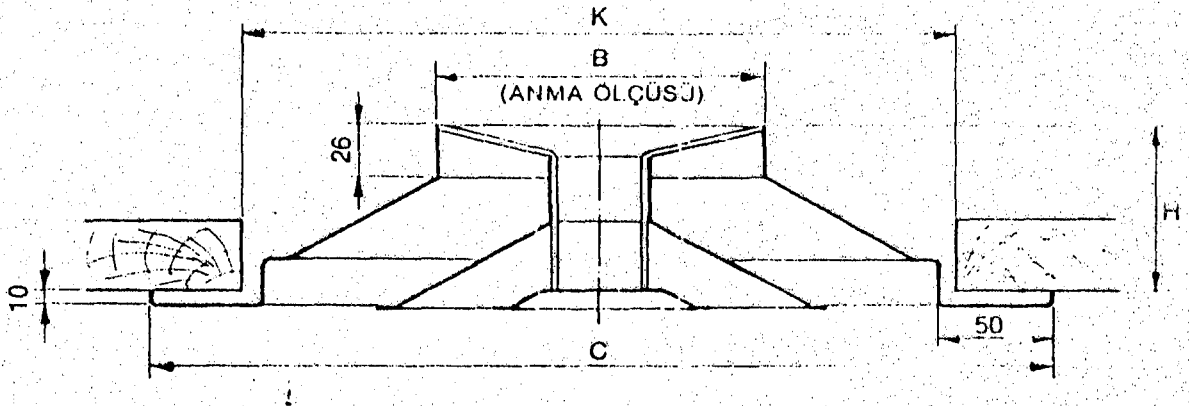
Hava Santrelimizde Kullandığımız Anemostatlara ait Şekil ve Değerler.

Malzeme:

Difüzörler 0,7-1,5 mm DKP sacdan veya 1-2 mm alüminyum sacdan imal edilmektedir. DKP sacdan imal edilenler iki kat normal veya fırın boyalı yapılabildiği gibi klima tesisatları için kadmiyum kaplamalı olarak da imal edilebilmektedir. Alüminyumdan mamul olan yuvarlak tavan difüzörleri oksidasyona karşı eloksal yapılabildiği gibi istenildiğinde anolok kaplama yapılarak kullanılan mahalle en uygun dekoratif görünüm sağlanmaktadır.



Şekil.7. (\*)



Şekil.8. (\*)

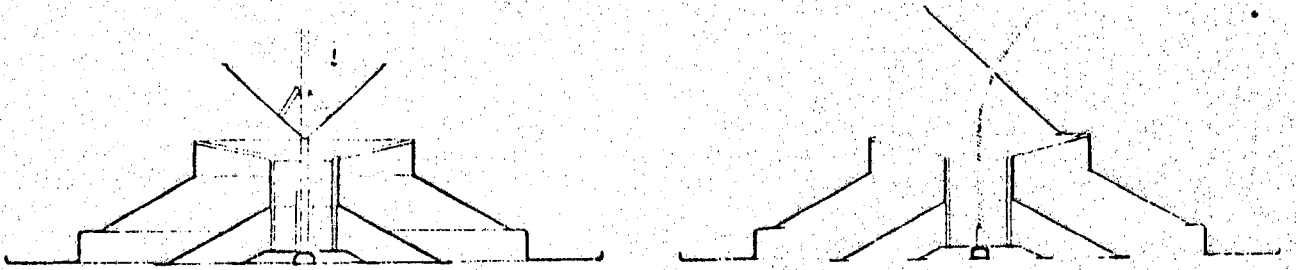
(\*) Fita Teknik Yuvarlak Tavan Difüzörleri Kataloğundan alınmıştır.

## YUVARLAK TAVAN DİFÜZÖRLERİNİN MONTAJ ÖLÇÜSÜ

B $\emptyset$	100	150	250	350	450	550	650
C $\emptyset$	300	400	500	600	700	800	900
K $\emptyset$	225	325	425	525	625	725	825
H $\emptyset$	74	80	82	82	82	82	82

Tablo.16.(\*)

## DAMPER TIPLERİ



Şekil.9.(\*)

Kelebek Tip Damperli Difüzör      Tek Yönlü Damperli Difüzör

(\*) Fita-Teknik yuvarlak tavan difüzörleri kataloğundan alınmıştır.

## YUVARLAK TAVAN DIFÜZÖRLERİNİN SEÇİM TABLOSU

Ø	Çerçevesel Ø	YUVARLAK TAVAN DIFÜZÖRLERİNİN SEÇİM TABLOSU											
		Hava çıkış hızı	m/sn	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
100 (0.00785 m <sup>2</sup> )	300	Hava miktarı	m <sup>3</sup> /h	28	56	84	112	140	168	196	224	252	
		Atış Mesafesi	m	min	0.23	0.6	0.7	0.9	1	1.15	1.3	1.5	1.7
				max	0.4	0.8	1.2	1.55	1.9	2.3	2.7	3.1	3.5
		Statik basınç	mmSS	0.2	0.4	1.0	1.6	2.5	3.8	5.5	7.5	9.5	
		Hava sesi	(dBA)	18	21	23	25.5	28	30	33	35	40	
150 (0.01766 m <sup>2</sup> )	400	Hava miktarı	m <sup>3</sup> /h	70	140	210	280	350	420	490	560	630	
		Atış mesafesi	m	min	0.4	0.8	1.0	1.3	1.6	1.9	2.1	2.4	2.7
				max	0.7	1.3	2.0	2.6	3.1	3.7	4.4	5.0	5.6
		Statik basınç	mmSS	0.2	0.4	1.0	1.7	2.6	3.8	5.6	7.5	9.6	
		Hava sesi	(dBA)	19	22	25	28	31	33	36	39	42	
250 (0.049 m <sup>2</sup> )	500	Hava miktarı	m <sup>3</sup> /h	180	360	540	720	900	1080	1260	1440	1620	
		Atış mesafesi	m	min	0.55	1.1	1.45	1.9	2.3	2.7	3.1	3.5	3.9
				max	1.0	2.0	2.9	3.8	4.4	5.5	6.5	7.0	8.0
		Statik basınç	mmSS	0.3	0.5	1.1	1.9	3.0	4.0	5.7	7.6	9.8	
		Hava sesi	(dBA)	21	24	27	31	34	37	41	44	47	
350 (0.0962 m <sup>2</sup> )	600	Hava miktarı	m <sup>3</sup> /h	350	700	1050	1400	1750	2100	2450	2800	3150	
		Atış mesafesi	m	min	0.8	1.5	1.95	2.55	3.1	3.6	4.1	4.7	5.15
				max	1.5	2.7	4.0	5.2	6.3	7.5	8.55	9.5	10.5
		Statik basınç	mmSS	0.3	0.5	1.1	2.0	3.0	4.1	5.7	8.0	10.0	
		Hava sesi	(dBA)	22	26	31	33	38	40	45	49	51	
450 (0.159 m <sup>2</sup> )	700	Hava miktarı	m <sup>3</sup> /h	570	1140	1710	2280	2850	3420	3990	4560	5130	
		Atış mesafesi	m	min	1.0	2.0	2.6	3.5	4.0	5.0	5.4	6.0	7.0
				max	2.0	4.0	5.8	7.0	8.0	10.0	11.0	13.0	14.0
		Statik basınç	mmSS	0.3	0.5	1.1	2.0	3.1	4.1	6.0	8.0	10.1	
		Hava sesi	(dBA)	25	30	35	38	43	47	51	55	60.0	
550 (0.237 m <sup>2</sup> )	800	Hava miktarı	m <sup>3</sup> /h	860	1720	2580	3440	4300	5160	6020	6880	7740	
		Atış mesafesi	m	min	1.35	2.5	3.0	4.0	5.0	6.0	6.7	7.5	8.4
				max	2.6	5.0	7.0	8.5	10.0	12.2	14.1	15.7	17.3
		Statik basınç	mmSS	0.4	0.5	1.2	2.1	3.1	4.2	6.0	8.0	10.1	
		Hava sesi	(dBA)	30	35	40	45	50	55	60	65	70	
650 (0.332 m <sup>2</sup> )	900	Hava miktarı	m <sup>3</sup> /h	1210	2420	3630	4840	6050	7260	8470	9680	10890	
		Atış mesafesi	m	min	1.5	3.0	3.45	4.0	5.0	5.5	6.1	7.0	8.1
				max	3.0	6.0	8.2	9.3	10.5	13.4	15.7	17.1	19.3
		Statik basınç	mmSS	0.4	0.6	1.2	2.3	3.5	4.2	6.0	8.0	10.1	
		Hava sesi	(dBA)	32	38	42	46	55	59	64	68	73	

Tablo 17 (\*)

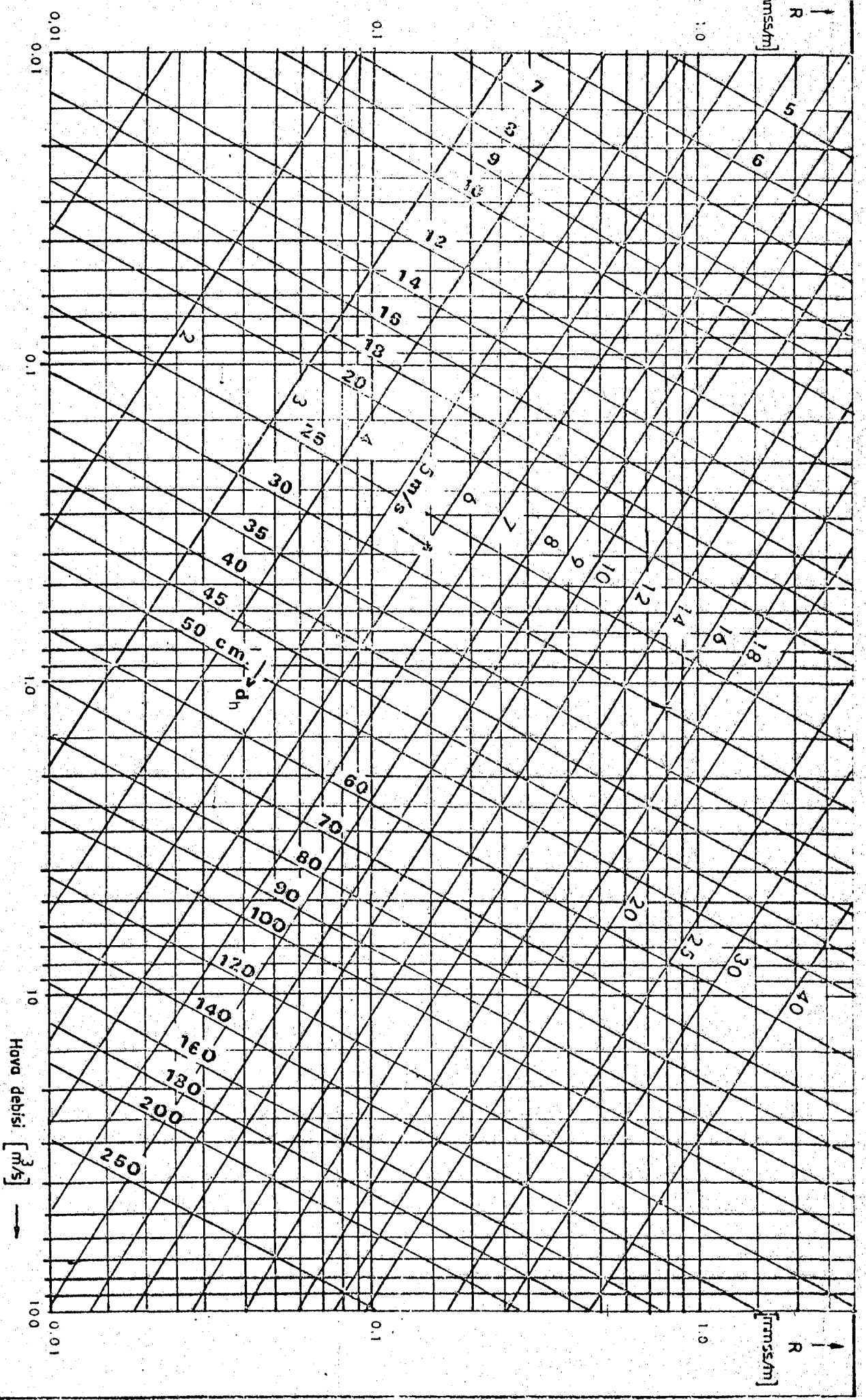
Kanallardaki redüksiyonlarda özel direnç katsayısı, tablolardan max. değer olan 0,05 olarak kabul edilmiştir.

(\*) Fita -Teknik yuvarlak tavan difüzörleri kataloğundan alınmıştır.

Havalandırma kanatlarında R [mmss/cm] özgül dirençleri

$$d_h = \frac{4 \times \text{Kesit}}{\text{Çevre}}$$

Hava debisi [m<sup>3</sup>/s] →



Tablo 17 a

Parça No	Hava Debisi	Hava Debisi	Geçici Hız	Geçici Kesit	Kanal Ölçüleri	Eşdeğer Çap	Hakiki Hız	Hakiki Kesit	Uzunluk	Basınç Düşüşü	Sürtünme Kaybı	Dinamik Basınç	Özel Direnç Katsayısı	Özel Direnç Kaybı
	m <sup>3</sup> /h	m <sup>3</sup> /s	m/s	m <sup>2</sup>	mm mm	mm	m/s	m <sup>2</sup>	m	mm <sup>SS</sup> /m	mm <sup>SS</sup>	mm <sup>SS</sup>	—	mm SS
<b>I. NOLU HAVA SANTRALİ I. NOLU KANAL</b>														
1	28.000	7,77	9	0,863	1100-800	950	8,82	0,88	4	0,067	0,268	4,46	0,5	2,33
2	28.000	7,77	9	0,863	1100-800	950	8,82	0,88	54	0,067	3,618	4,46	3,2	14,90
3	28.000	7,77	9	0,863	1100-800	950	8,82	0,88	20	0,067	1,340	4,46	0,5	4,73
4	22.400	6,22	8	0,777	1000-800	900	7,77	0,80	12	0,081	0,970	3,62	0,05	2,58
5	16.800	4,66	8	0,582	800-800	800	7,28	0,64	8	0,100	0,800	3,18	0,05	2,55
6	11.200	3,11	8	0,388	600-600	600	8,63	0,36	6	0,120	0,720	4,47	0,05	1,42
7	8.400	2,33	8	0,291	600-500	550	7,76	0,30	12	0,120	<u>1,440</u>	3,61	0,05	<u>3,78</u>
											9,396			32,29
<p>Toplam Basınç Kaybı = Özel Direnç Kayıpları + Sürtünme Kaybı + Isıtıcı Kaybı  P = 32,29 + 9,396 + 5 = 46,686 mm. SS. Bulunur.</p>														
<b>I. NOLU HAVA SANTRALİ II. NOLU KANAL</b>														
1	25.200	7,00	9	0,777	1000-800	900	8,75	0,80	4	0,067	0,268	4,59	0,5	2,295
2	25.200	7,00	9	0,777	1000-800	900	8,75	0,80	24	0,067	1,608	4,59	3,7	16,893
3	25.000	7,00	9	0,777	1000-800	900	8,75	0,80	30	0,067	2,010	4,59	-	2,400
4	19.600	5,44	8	0,680	800-800	800	8,50	0,64	6	0,081	0,486	4,33	0,05	1,416
5	16.800	4,66	8	0,582	800-600	700	8,70	0,48	6	0,081	0,486	4,54	0,05	2,620
6	11.200	3,11	8	0,388	600-600	600	8,63	0,36	6	0,120	0,720	4,47	0,05	1,420
7	8.400	2,33	8	0,291	600-500	550	7,76	0,30	9	0,120	<u>1,080</u>	3,61	0,05	<u>3,780</u>
											6,658			30,824
P = 6,658 + 30,824 + 5 = 42,482 mm. SS.														

Tablo 18

Parça No	Hava Debisi	Hava Debisi	Geçici Hız	Geçici Kesit	Kanal Ölçüleri	Eşdeğer Çap	Hakiki Hız	Hakiki Kesit	Uzunluk	Basınç Düşüşü	Sürtünme Kaybı	Dinamik Basınç	Özel Direnç Katsayısı	Özel Direnç Kaybı
	m <sup>3</sup> /h	m <sup>3</sup> /s	m/s	m <sup>2</sup>	mm mm	mm	m/s	m <sup>2</sup>	m	mmSS/m	mmSS	mmSS	—	mm SS
I. NOLU HAVA SANTRALİ III. NOLU HAVA KANALI														
1	22400	6,22	9	0,691	900-800	850	8,63	0,72	3	0,081	0,243	4,46	0,5	2,230
2	22400	6,22	9	0,691	900-800	850	8,63	0,72	48	0,081	3,888	4,46	2,1	9,366
3	22400	6,22	9	0,691	900-800	850	8,63	0,72	30	0,081	2,430	4,46	-	2,4
4	16800	4,66	8	0,582	800-800	800	7,28	0,64	10	0,081	0,810	3,18	0,05	2,55
5	11200	3,11	8	0,388	600-600	600	8,63	0,36	6	0,120	0,720	4,47	0,05	1,42
6	8400	2,33	8	0,291	600-500	550	7,76	0,30	10	0,120	<u>1,200</u>	3,61	0,05	<u>3,78</u>
											9,291			21,746
P = 9,291 + 21,746 + 5 = 36,037 mm. SS.														
I. NOLU HAVA SANTRALİ IV. NOLU HAVA KANALI														
1	19600	5,44	9	0,604	800-800	800	8,50	0,64	3	0,081	0,243	4,435	0,5	2,230
2	19600	5,44	9	0,604	800-800	800	8,50	0,64	30	0,081	2,430	4,435	2,6	11,531
3	19600	5,44	9	0,604	800-800	800	8,50	0,64	28	0,081	2,268	4,435	-	1,200
4	16800	4,66	8	0,582	800-800	800	7,28	0,64	6	0,081	0,486	3,18	-	2,400
5	11200	3,11	8	0,388	600-600	600	8,63	0,36	6	0,120	0,720	4,47	0,05	1,420
6	8400	2,33	8	0,291	600-500	550	7,76	0,30	10	0,120	<u>1,200</u>	3,61	0,05	<u>3,780</u>
											7,347			22,561
P = 7,347 + 22,561 + 5 = 34,908 mm. SS.														

Tablo 19



Parça No	Hava Debisi	Hava Debisi	Geçici Hız	Geçici Kesit	Kanal Ölçüleri	Eşdeğer Çap	Hakiki Hız	Hakiki Kesit	Uzunluk	Basınç Düşüşü	Sürtünme Kaybı	Dinamik Basınç	Özel Direnc Katsayısı	Özel Direnc Kaybı
	m <sup>3</sup> /h	m <sup>3</sup> /s	m/s	m <sup>2</sup>	mm mm	mm	m/s	m <sup>2</sup>	m	mm <sup>SS</sup> /m	mm <sup>SS</sup>	mm <sup>SS</sup>	—	mm SS
II. NOLU HAVA SANTRALİ I. NOLU HAVA KANALI														
1	22400	6,222	8	0,777	1000-800	900	7,777	0,8	4	0,067	0,268	3,62	0,5	1,814
2	22400	6,222	8	0,777	1000-800	900	7,777	0,8	23	0,067	1,541	3,62	1,5	5,430
3	22400	6,222	8	0,777	1000-800	900	7,777	0,8	27	0,067	1,809	3,62	0,05	2,581
4	16800	4,66	8	0,582	800-800	800	7,28	0,64	8	0,081	0,648	3,18	0,05	2,550
5	11200	3,11	8	0,388	600-600	600	8,63	0,36	5	0,120	0,600	4,47	0,05	1,420
6	8400	2,33	8	0,291	600-500	550	7,76	0,30	10	0,120	<u>1,200</u>	3,61	-	<u>3,600</u>
											6,066			17,395
											P = 6,066 + 17,395 + 5 = 28,461 mm SS.			
II. NOLU HAVA SANTRALİ II. NOLU HAVA KANALI														
1	30800	8,55	9	0,95	1200-800	950	8,906	0,96	4	0,067	0,268	4,759	0,5	2,379
2	30800	8,55	9	0,95	1200-800	950	8,906	0,96	4	0,067	0,268	4,759	0,5	2,379
3	30800	8,55	9	0,95	1200-800	950	8,906	0,96	29	0,067	1,943	4,759	0,05	3,838
4	22400	6,22	8	0,777	1000-800	900	7,777	0,80	8	0,067	0,536	3,62	0,05	2,686
5	16800	4,66	8	0,582	800-800	800	7,28	0,64	8	0,081	0,648	3,18	0,05	2,550
6	11200	3,11	8	0,388	600-600	600	8,63	0,36	4	0,120	0,480	4,47	0,05	1,420
7	840	2,33	8	0,291	600-500	550	7,76	0,30	9	0,120	<u>1,080</u>	3,61	-	<u>3,600</u>
											5,223			18,852
											P = 5,223 + 18,852 + 5 = 29,075 mm SS.			

Tablo 20

Parça No	Hava Debisi	Hava Debisi	Geçici Hız	Geçici Kesit	Kanal Ölçüleri	Eşdeğer Çap	Hakiki Hız	Hakiki Kesit	Uzunluk	Basınç Düşüşü	Sürtünme Kaybı	Dinamik Basınç	Özel Direnç Katsayısı	Özel Direnç Kaybı	
	m <sup>3</sup> /h	m <sup>3</sup> /s	m/s	m <sup>2</sup>	mm mm	mm	m/s	m <sup>2</sup>	m	mm <sup>SS</sup> /m	mm <sup>SS</sup>	mm <sup>SS</sup>	—	mm SS	
					II. NOLU HAVA SANTRALİ				III. NOLU HAVA KANALI						
1	22400	6,22	8	0,777	1000-800	900	7,77	0,8	4	0,067	0,268	3,62	0,5	1,814	
2	22400	6,22	8	0,777	1000-800	900	7,77	0,8	30	0,067	2,010	3,62	3,1	11,222	
3	22400	6,22	8	0,777	1000-800	900	7,77	0,8	29	0,067	1,949	3,62	0,05	2,581	
4	16800	4,66	8	0,582	800-800	800	7,28	0,64	8	0,081	0,648	3,18	0,05	2,550	
5	11200	3,11	8	0,388	600-600	600	8,63	0,36	4	0,120	0,480	4,47	0,05	1,420	
6	8400	2,33	8	0,291	600-500	550	7,76	0,30	9	0,120	<u>1,080</u>	3,61	-	<u>3,600</u>	
											6,429			23.107	
$P = 6,429 + 23,107 + 5 = 34,536 \text{ mm SS.}$															
					II. NOLU HAVA SANTRALİ				IV. NOLU HAVA KANALI						
1	19600	5,444	8	0,680	900-800	850	7,561	0,72	4	0,067	0,268	3,43	0,5	1,715	
2	19600	5,44	8	0,68	900-800	850	7,561	0,72	30	0,067	2,010	3,43	0,05	1,371	
3	16800	4,66	8	0,582	800-800	800	7,280	0,64	8	0,081	0,648	3,18	0,05	2,550	
4	11200	3,11	8	0,388	600-600	600	8,63	0,36	4	0,120	0,480	4,47	0,05	1,420	
5	8400	2,33	8	0,291	600-500	550	7,76	0,30	10	0,120	<u>1,200</u>	3,61	-	<u>3,600</u>	
											4,606			10,656	
$P = 4,606 + 10,656 + 5 = 20,262 \text{ mm. SS.}$															

Tablo 21

## VI. EMİŞ KANALLARI VE EMİŞ MENFEZLERİ

Emiş kanallarının boyutlarının hesaplanması ve basınç düşümünün bulunması basma kanallarına benzer. Aralarındaki en büyük farkın emiş kanallarının boyutlandırılmasına ilk

### TOPLAYICI MENFEZLER SEÇİM TABLOSU

ÖLÇÜLER	FAYDALI ALAN	HAVA HIZLARI									
		1 m/s.	1.53m/s.	2 m/s.	2.54m/s.	3 m/s.	3.55m/s.	4 m/s.	5 m/s.	6.1 m/s.	7.11m/s.
cm	cm <sup>2</sup>										
10x20	140	51	77	102	128	153	179	204	255	306	357
10x25	186	68	102	136	170	204	238	272	340	408	476
15x25	280	102	153	204	255	306	357	408	510	612	714
20x25	390	143	214	286	357	428	500	571	714	857	1000
10x30	242	88	133	146	221	265	309	354	442	530	619
15x30	344	126	189	252	315	377	440	503	629	755	881
20x30	484	177	265	354	442	530	619	707	884	1061	1238
30x30	763	279	418	558	697	836	976	1115	1394	1673	1950
15x35	400	146	219	292	366	439	512	585	731	877	1023
20x35	567	207	311	415	519	622	726	830	1037	1244	1452
20x40	660	241	362	483	604	724	845	966	1207	1448	1690
25x40	856	313	469	626	782	938	1095	1251	1564	1877	2190
30x40	1042	381	571	762	952	1142	1333	1523	1904	2285	2666
40x40	1432	524	785	1047	1309	1571	1833	2094	2618	3142	3665
20x45	774	272	408	544	680	816	952	1088	1360	1632	1900
30x45	1181	432	648	864	1080	1295	1511	1727	2159	2590	3023
45x45	1842	673	1010	1346	1683	2020	2356	2693	3366	4039	4712
15x50	605	221	332	442	553	633	774	884	1105	1326	1547
20x50	837	306	459	612	765	918	1071	1224	1530	1836	2142
30x50	1321	483	724	966	1207	1448	1690	1931	2414	2897	3380
15x60	726	265	398	530	663	796	928	1061	1326	1591	1856
30x60	1609	588	882	1176	1471	1765	2059	2353	2441	3529	4117
45x60	2493	911	1367	1822	2278	2734	3189	3645	4556	5467	6378
60x60	3389	123	1856	2475	3094	3713	4332	4950	6188	7426	8663
20x75	1284	469	704	938	1173	1408	1642	1877	2346	2815	3284
30x75	1991	728	1091	1455	1819	2183	2547	2910	3638	4366	5093
45x75	3144	1149	1724	2298	2873	3448	4022	4597	5746	6895	8044
60x75	4270	1561	2341	3121	3902	4682	5462	6242	7803	9364	10924
30x90	2456	898	1346	1795	2244	2693	3142	3590	4488	5386	6283
45x90	3795	1387	2081	2774	3468	4162	4855	5549	6936	8323	9710
60x90	5163	1887	2831	3774	4718	5661	6605	7548	9435	11322	13209
75x90	5982	2186	3279	4372	5466	6559	7652	8745	10931	13117	15303
90x90	6800	2485	3728	4971	6214	7456	8699	9942	12427	14912	17398
60x120	6921	2530	3794	5059	6324	7589	8854	10118	12648	15178	17707
75x120	7740	2829	4243	5658	7072	8486	9901	11315	14144	16973	19802
90x120	9805	3584	5375	7167	8959	10751	12543	14334	17918	21502	25085
120x120	12976	4743	7115	9486	11958	14229	16600	18972	23715	28458	33200

Tablo.22.

Parça No	Hava Debisi	Hava Debisi	Geçici Hız	Geçici Kesit	Kanal Ölçüleri	Eşdeğer Çap	Hakiki Hız	Hakiki Kesit	Uzunluk	Basınç Düşüşü	Sürtünme Kaybı	Dinamik Basınç	Özel Direnc Katsayısı	Özel Direnc Kaybı
	m <sup>3</sup> /h	m <sup>3</sup> /s	m/s	m <sup>2</sup>	mm mm	mm	m/s	m <sup>2</sup>	m	mm <sup>SS</sup> /m	mm <sup>SS</sup>	mm <sup>SS</sup>	—	mm SS
					I. NOLU HAVA SANTRALİ		I. NOLU EMİŞ KANALI							
1	8202	2,27	3	0,759	900-800	850	3,15	0,72	10	0,01	0,100	0,596	-	3,6
2	19137	5,31	5	1,06	1200-900	1000	4,91	1,08	9	0,025	0,225	1,446	0,16	3,831
3	35538	9,87	6,1	1,61	1300-1200	1250	6,23	1,56	9	0,025	0,225	2,401	0,1	3,840
4	54600	15,18	7,11	2,13	1600-1300	1400	7,29	2,08	9	0,032	0,288	3,18	0,1	3,918
5	54600	15,18	7,11	2,13	1600-1300	1400	7,29	2,08	21	0,032	0,672	3,18	-	-
6	54600	15,18	7,11	2,13	1600-1300	1400	7,29	2,08	30	0,032	0,960	3,18	3,7	11,766
7	54600	15,18	7,11	2,13	1600-1300	1400	7,29	2,08	3	0,032	<u>0,096</u>	3,18	0,5	<u>1,59</u>
											2,566			28,545
											P = 2,566 + 28,545 = 31,111 mm SS.			
					I. NOLU HAVA SANTRALİ		II. NOLU EMİŞ KANALI							
1	7290	2,025	4	0,506	800-600	700	4,00	0,48	8	0,021	0,168	0,96	-	2,400
2	16402	4,556	5	0,910	1000-800	900	5,695	0,80	8	0,025	0,200	1,945	0,16	2,711
3	27336	7,593	6,1	1,244	1200-1000	1100	6,32	1,2	8	0,025	0,200	2,402	0,1	2,640
4	40100	11,136	7,11	1,56	1300-1200	1250	7,11	1,56	8	0,032	0,256	3,033	0,1	2,703
5	40100	11,136	7,11	1,56	1300-1200	1250	7,11	1,56	20	0,032	0,640	3,033	-	-
6	40100	11,136	7,11	1,56	1300-1200	1250	7,11	1,56	25	0,032	0,800	3,033	2,1	6,369
7	40100	11,136	7,11	1,56	1300-1200	1250	7,11	1,56	3	0,032	<u>0,096</u>	3,033	0,5	<u>1,516</u>
											2,36			18,339
											P = 2,36 + 18,339 = 20,699 mm. SS.			

Tablo 23

Para No	Hava Debisi	Hava Debisi	Geçici Hiz	Geçici Kesit	Kanal Ölçüleri	Eşdeğer Çap	Hakiki Hiz	Hakiki Kesit	Uzunluk	Basınç Düşüşü	Sürtünme Kaybı	Dinamik Basınç	Özel Direnc Katsayısı	Özel Direnc Kaybı
	m <sup>3</sup> /h	m <sup>3</sup> /s	m/s	m <sup>2</sup>	mm mm	mm	m/s	m <sup>2</sup>	m	mm <sup>SS</sup> /m	mm <sup>SS</sup>	mm <sup>SS</sup>	—	mm SS
II. NOLU HAVA SANTRALI I. NOLU EMİŞ KANALI														
1	10935	3,037	4	1,759	900-800	850	4,21	0,77	10	0,017	0,170	1,06	-	3,600
2	20047	5,568	5	1,113	1200-900	1000	5,15	1,08	6	0,025	0,150	1,59	0,1	2,559
3	36448	10,12	6,1	1,65	1300-1200	1250	6,48	1,56	9	0,025	0,225	2,52	0,1	3,852
4	49200	13,66	7,11	1,92	1400-1300	1350	7,505	1,82	6	0,032	0,192	3,37	0,05	2,56
5	49200	13,66	7,11	1,92	1400-1300	1350	7,505	1,82	21	0,032	0,672	3,37	-	-
6	49200	13,66	7,11	1,92	1400-1300	1350	7,505	1,82	3	0,032	0,096	3,37	0,5	1,685
											1,505			14,256
P = 1,505 + 14,256 = 15,761 mm. SS.														
II. NOLU HAVA SANTRALI II. NOLU EMİŞ KANALI														
1	10935	3,037	4	0,759	900-800	850	4,21	0,72	10	0,017	0,17	1,06	-	3,600
2	24603	6,834	5	1,366	1400-900	1100	5,42	1,26	9	0,021	0,189	1,762	0,16	3,880
3	35537	9,87	6,1	1,618	1400-1100	1200	6,40	1,54	6	0,025	0,150	2,460	0,05	2,523
4	48200	13,38	7,11	1,883	1400-1300	1350	7,35	1,82	6	0,032	0,192	3,24	0,05	2,562
5	48200	13,38	7,11	1,883	1400-1300	1350	7,35	1,82	21	0,032	0,672	3,24	-	-
6	48200	13,38	7,11	1,883	1400-1300	1350	7,35	1,82	3	0,032	0,096	3,24	0,5	1,620
											1,469			14,185
P=1.469 +14.185 = 15.654 mm ss														

emiş noktasından başlanılmasıdır, yani sondan başlanılarak santrale kadar boyutlar hesaplanır. Diğer bir fark ise, emiş menfezlerinin hava hızının sondan itibaren giderek artmasıdır. Bu nedenle, aynı emiş menfezi kullanılmasına rağmen hava hızlarının değişik olması nedeniyle debiler değişiktir. Bu değerler, Tablo 22 dan alınarak hesaplar yapılır. Hava santrallerimizde, şartlarımıza en uygun olan 45x60 lık emiş menfezleri seçilmiştir. Emilen hava miktarına ve hızına uygun olarak uygun hava kanalı boyutları hesaplanır ve her üç, dört menfezde bir redüksiyonla kanal büyütülerek devam edilir. Menfezlerin bitiminden itibaren kanal hep aynı ölçülerde santral girişine kadar devam eder. Toplam basınç düşümünde sadece sürtünme kaybı ve özel direnç kaybının toplanmasından bulunur. Başka ısıtıcı, filtre v.s. gibi basınç düşümüne neden olan bir şey yoktur.

Emiş kanallarındaki redüksiyonlardaki özel direnç katsayılarının hesaplanmasında ise aşağıdaki değerler alınır.

$\frac{F_1}{F_2}$	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
$\xi$	1	0,64	0,36	0,16	0,05	0

Mesela, I.Hava Santrali I nolu emiş kanalındaki (900-800) den (1200-900) redüksiyonda  $F_1/F_2=0,72/1,08=0,66 \Rightarrow \xi \approx 0,1$  alındı. Gene aynı kanal üzerindeki (1300-1200)'den (1400-1300)'e olan redüksiyonda  $F_1/F_2=1,56/1,82=0,85$  -  $\xi \approx 0,05$  alınmıştır. Diğer redüksiyonlarda da aynı tablo kullanılmıştır, bu değerlere göre de özel direnç kayıpları hesaplanmıştır.

Emiş ve Basma kanallarının boyutlandırılması ve basınç düşümlerinin hesaplanmasından sonra daha önce 96.000 m<sup>3</sup>/h debili vantilatörün basıncında en büyük değer 46.886 mmss gözönüne alınarak imalatçı firmadan 96.000 m<sup>3</sup>/h debili 50 mmss vantilatörler sipariş etmeliyiz.

## KANALLARIN İZOLASYONLU VE İZOLASYONSUZ DURUMDAKİ ISI KAYIPLARI

Isı kayıplarını ve kanalların en uç noktasındaki sıcaklıkları hesaplamamız için kullanacağımız formüllerdeki terimleri açıklayalım.

$T_1$ ; Kanal giriş sıcaklığı

$T_D$ ; Mahal sıcaklığı

$T_2$ ; Kanal sonundaki sıcaklık

$c=0,24$  kcal/kg °C; Havanın özgül ısısı

$e=1,14$  kg/m<sup>3</sup>; Havanın özgül ağırlığı

$F$ ; Ortalama kanal kesiti

İzolasyonsuz olarak kanal içinden ortama birim boydaki ısı kaybı;

$$q = \frac{T_1 - T_0}{\frac{1}{k}} = \frac{T_1 - T_0}{\frac{1}{\alpha_i} + \frac{L}{k_{gal}} + \frac{1}{\alpha_d}}$$

$T_1=40,6$  °C,  $T_0=18$  °C,  $\alpha_i=20$ ,  $\alpha_d=7$ ,  $L=2$  mm,  $k_{gal}=175$

$$q = \frac{40,6 - 18}{\frac{1}{20} + \frac{2 \cdot 10^{-3}}{175} + \frac{1}{7}} = 117,17 \text{ kcal/hm}^2$$

Bu değerden yararlanarak kanalın en uç noktasındaki sıcaklığı bulabiliriz. Hesaplar için I.hava santralinin I nolu hava kanalını seçerek hesaplarımıza devam edeceğiz. I nolu kanalın toplam kanal alanı 407 m<sup>2</sup> dir. Kullanacağımız formül:

$$L_n \frac{T_2 - T_0}{T_1 - T_0} = - \frac{L}{M \times C} \times \frac{q}{T_1 - T_0}$$

Burada  $M$ =debixe

$$L_n \frac{T_2 - 18}{40,6 - 18} = - \frac{407 \times 117,17}{28.000 \times 1,14 \times (40,6 - 18) \times 0,24}$$

$$T_2 - 18 = (40,6 - 18) \cdot 0,759$$

$$T_2 = 35 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Buradaki hesaplar kanaldaki kayıplar gözönüne alınmadan yapılmıştır. (Dirsek ve yerel kayıplar) Kayıplar gözönüne alındığında gerçek kanal sonu sıcaklığı daha da düşecektir.

Bu hesaplarda göstermektedir ki kanal girişi ile çıkışı arasında hava sıcaklığında 6-7  $^\circ\text{C}$  lik bir azalma gözlenmektedir.

İzolasyonlu olarak, kanal birim boydaki ısı kaybı izolasyon olarak 5 cm. kalınlığında cam yünü kullanacağımızı düşünerek hesabımızı yapalım. Cam yününün k değeri 0,035 kcal/kcal/h m  $^\circ\text{C}$  dir.

$$q = \frac{T_1 - T_0}{\frac{1}{\alpha_i} + \frac{L_1}{K_1} + \frac{L_2}{K_2} + \frac{1}{\alpha_d}}$$

$$q = \frac{40,6 - 18}{\frac{1}{20} + \frac{2 \cdot 10^{-3}}{175} + \frac{0,05}{0,035} + \frac{1}{7}} = 13,94 \text{ kcal/hm}^2$$

Şimdi gene I.nolu hava santralinin I.hava kanalını düşünerek kanal uç noktasındaki hava sıcaklığını bulalım.

$$L_n \frac{T_2 - T_0}{T_1 - T_0} = - \frac{L \cdot q}{M \cdot C_x \cdot (T_1 - T_0)}$$

$$L_n \frac{T_2 - 18}{40,6 - 18} = - \frac{407 \cdot 13,94}{23000 \cdot 1,14 \cdot 0,24 \cdot (40,6 - 18)}$$

$$T_2 - 18 = (40,6 - 18) \cdot 0,96$$

$$T_2 = 39,87 \text{ } ^\circ\text{C}$$



İkinci bulduğumuz  $T_2$  sıcaklığında görüleceği gibi kanala giriş sıcaklığı ile çıkış sıcaklığı arasında çok az bir fark vardır.

Bu olayları ısı kaybı şeklinde incelersek, İzolasyonsuz durumda,

$$Q = m \cdot c \cdot (T_1 - T_2) = 28000 \times 0,24(40,6 - 35) = 37.632 \text{ kcal/h}$$

İzoleli durumda,

$$Q = m \cdot c \cdot (T_1 - T_2) = 28000 \times 0,24(40,6 - 39,87) = 4905,6 \text{ kcal/h}$$

Görülmekteki arada çok büyük fark vardır. Sadece bir kanaldaki ısı kaybı fark olarak,

$$37632 - 4905,6 = 32726,4 \text{ kcal/h dır.}$$

Bu nedenle ısının istenilen bölgeye daha sağlıklı ulaştırılması için kanalların izole edilmesi yerinde bir davranış olacaktır.

## YAKIT SİSTEMİMİZİ FUEL-OİL'den DOĞAL GAZA DÖNÜŞTÜRDÜĞÜMÜZDE ARADAKİ MALİYET FARKI

Yıllık yakıt miktarını veren formül;

$$B = \frac{Q_h \cdot Z \cdot \bar{Z}}{2 \cdot H_u \cdot \eta} \quad \text{Burada;}$$

B; Senelik yakacak miktarını

$Q_h$ ; kcal olarak saatdeki ısı kaybını

Z; Tesisatdaki günlük çalışma süresini

$\bar{Z}$ ; Tesisatın senede kaç gün yakıldığını

$H_u$ ; Kullanılan yakıtın ısı değeri

$\eta$ ; Kazan verimini göstermektedir.

Kabuller;

Z=15 saat. (Sürekli çalışan bir tesis olduğundan)

Z=150 gün. (Bölge şartlarımıza göre alınmıştır.)

$Q_h = 1.178.884$  kcal/h

$\eta = 94\%$  (Kullandığımız su borulu kazanımızın verimi.)

6.nolu fuel-oil alt ısı değeri;  $H_u = 9600$  kcal/kg

Doğal gazın alt ısı değeri;  $H_u = 8537$  kcal/m<sup>3</sup>

Şimdi yukardaki değerlerimize göre yıllık yakacak maliyetimizi hesaplayalım.

a) 6.nolu Fuel-Oil Kullandığımızda

$$B = \frac{Q_h \cdot z \cdot Z}{2 \cdot H_u \cdot \eta} = \frac{1.178.884 \cdot 15 \cdot 150}{2 \cdot 9600 \cdot 0,94}$$

$B = 146968$  kg/yıl

Bir kg. 6.numara fuel-oil'in 20 Aralık 1988 tarihinde nakliyesi ile birlikte fiatı 227 TL/kg dır.

Bu durumda; yıllık yakacak maliyeti

$146968 \times 227 = 33.361.736$  TL/yıl

b) Doğal Gaz Kullandığımızda

$$B = \frac{Q_h \cdot z \cdot Z}{2 \cdot H_u \cdot \eta} = \frac{1.178.884 \cdot 15 \cdot 150}{2 \cdot 8537 \cdot 0,94}$$

$B = 165.268$  m<sup>3</sup>/yıl

1 m<sup>3</sup> doğal gazın fiatı 20 Aralık 1988 tarihi itibarıyla fiatı (Bursa Makina Müh. Odasından alınmıştır) 170 TL/m<sup>3</sup>

Bu durumda yıllık yakacak maliyeti

$165268 \times 170 = 28.095.669$  TL/yıl

c) Fuel-Oil ve Doğal Gaz Kullanıldığında Aradaki Fark

Fiat olarak;

$$33.361.736 - 28.095.669 = 5.266.067 \text{ TL/yıl}$$

Yüzde olarak;

$$\frac{33.361.736 - 28.095.669}{33.361.736} = \% 15,78$$

Bu sonuçta göstermektedir ki yakıt sisteminin doğal gaza dönüştürülmesi maliyet yönünden işletmemize oldukça büyük kazanç sağlayacaktır.