

23101

YILDIZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

HAVADAN HAVAYA
ENERJİ GERİ KAZANIM
SİSTEMLERİNİN İNCELENMESİ

LİSANS ÜSTÜ TEZİ
MAKİNA MÜHENDİSİ YURDAKUL ÇİMTAY

İSTANBUL , 1992

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

ÖNSÖZ

İçinde bulunduğumuz yüzyılda ulaşılmış olan teknoloji daha güçlü, daha süratli ve hassas çalışan makinelerin kullanılmasına olanak vermektedir. Ancak, bununla birlikte enerji fiyatlarındaki artıştan, enerjiye olan talebin azaltılabilmesi, bu enerji tüketimi sonucu çevreye verilecek olumsuz etkilerin en aza indirilebilmesi enerjiyi verimli olarak kullanmakla mümkündür. Buda ancak yüksek verimli makinelerin kullanımıyla ve çevreye atılan enerjinin geri kazanılmasıyla mümkündür.

Çalışmamda teorik incelemelerden ziyade pratikte kullanılan cihazları ve bunların uygulanabilirlik hesaplarını incelemeyi uygun buldum. Çalışmamın bu bir eksikliği gidereceğini ve konu ile ilgili meslektaşlarıma faydalı olacağını ümit ederim.

Projemi yürüten ve beni yönlendiren sayın Doç. Oğuz Soylu'ya ve Doç. İsmail Teke'ye ve çok değerli bilgi, görüş ve kaynakları ile bana yardımcı olan Mak. Y. Müh. Bengiz Bayraktaroğlu'na, Mak. Müh. Deniz Ünal'a, Mak. Y. Müh. İzzet Nası'ya, Mak. Müh. Kemal Ata Çetinörs'e, Mak. Y. Müh. Kevork Çilingiroğlu'na ve Mak. Müh. Tunç Korun'a teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Saygılarımla

<u>BÖLÜM NO</u>	<u>KONU</u>	<u>SAYFA NO</u>
I-)	Havadan Havaya Enerji Geri Kazanım Sistemleri	I
2-)	Enerji Geri Kazanım Sistemlerinin Kullanım Amaçları	2
3-)	Havadan Havaya Enerji Geri Kazanım Ekipmanlarının Sınıflandırılması	2
4-)	Havadan Havaya Enerji Geri Kazanımı Uygulama Alanları	4
4.A-)	Prosesten Proseste Enerji Geri Kazanım Uygulamaları	5
4.B-)	Prosesten Konfora Enerji Geri Kazanım Uygulamaları	6
4.C-)	Konfordan Konfora Enerji Geri Kazanım Uygulamaları	7
5-)	Havadan Havaya Enerji Geri Kazanım Ekipmanlarının İncelenmesi	IO
5-I)	Dönel Tip Enerji Değiştiriciler	IO
	Genel Bilgiler	IO
	Duyulur ve Gizli Isı Transferi	I2
	Hava Şartları Değişiminin Psikro- metrik Kart Üzerinde İncelenmesi	I4
	Etkinlik	I7
	Performans	20
	Konstrüksiyon	20
	Matris malzemesi ve Geometrisi	2I
	Matris Geometrisinin Etkisi	22
	Rotor Kütlesi ve Hızının Etkisi	24
	Hava Akımlarının Geçiş Kirlenmesi	25
	I- Carry Over (taşma)	25
	2- Leakage (kaçak)	26
	Fan Yerleri	26
	Dönel Enerji Geri Kazanım Ekipman- larının Karşılacağı Hava Debisi	28
	Fan Kapasiteleri	28
	Filtrasyon	30
	Otomatik Kontrol	3I
	Uygulama Alanına Göre Rotor Malzemesi Seçimi	35
	Isı Tekerinin Tesis Edilmesi	38
	Bakım	39
5-2)	Bataryalı Enerji Geri Kazanım Devreleri	4I
	Genel Bilgiler	4I
	Sistemin Düzenlenmesi	42
	Etkinlik	43

KONU NO	KONU	SAYFA NO
	Batarya Malzemesi	43
	Hava Akımlarının Geçiş Kirlenmesi	44
5-3)	Plakalı Eşanjörler	45
	Genel Bilgiler	45
	Dizayn Çalışmaları	46
	Performans	47
	Basınç Düşümü	48
	Faz Değişimi	48
5-4)	İkiz Kule Entalpi Geri Kazanım	
	Devreleri	51
	İşletme Metodu	51
	Dizayn İncelemeleri	52
	İşletme Sıcaklığı Sınırları	52
	Entalpi Geri Kazanım Etkinliği	52
	Hava Akımı Basınç Düşüsü	52
	Statik Basınç Etkisi	53
	Hava Akımlarının Geçiş Kirlenmesi	53
	Kış İşletmesi	54
	Multi Tıp Kule Sistemi	55
	Bakım	55
5-5)	Isı Borulu Isı Değiştiriciler	56
	Genel Bilgiler	56
	Yüzey Hızı ve Basınç Düşüsü	57
	Hava Akış Düzenlemesi	57
	Etkinlik	58
	Boru ve Kanat Malzemesi	59
	Hava Akımlarının Geçiş Kirlenmesi	60
	Yoğuşma ve Donma	60
	Kontrol	60
6-)	Cihaz Seçimine Etki Eden Faktörler	63
7-)	Korozyon ve Kirlenme Etkileri	63
8-)	İlk Yatırım ve Enerji Tasarruflarına	
	Genel Bakış	63
9-)	Enerji Geri Kazanımının Termodinamik	
	İncelemesi	66
	Genel Bilgiler	66
	Hesap Yöntemi	67
10-)	Enerji Geri Kazanımının Ekonomik İncelemesi	72
II-)	Enerji Geri Kazanım Sistemlerinin Faydalı-	
	lığı ile İlgili Örnekler	73
	Örnek I	73
	Örnek II	II4
12-)	Sonuç ve Öneriler	II7

ÖZET

Bu çalışmada,HVAC ve endüstriyel tesislerde kullanılan havadan havaya enerji geri kazanım sistemleri incelenmiştir.

Çalışmanın ana bölümleri,havadan havaya enerji geri kazanım sistemlerinin tarifi ve sınıflandırılması, mevcut cihazların incelenmesi,termodinamik ve ekonomik hesapları ve örnekler konularından oluşmaktadır.

Teorik bilgilerden ziyade pratik çalışmalara uygulanabilen konular ele alınmıştır.

SUMMARY

In this study , air to air energy recovery systems which are used at HVAC and industrial installations were investigated.

The main parts of the study consist of the subjects of description and classification of air to air energy recovery systems, investigation of existing devices, thermodynamics and economical calculations and examples.

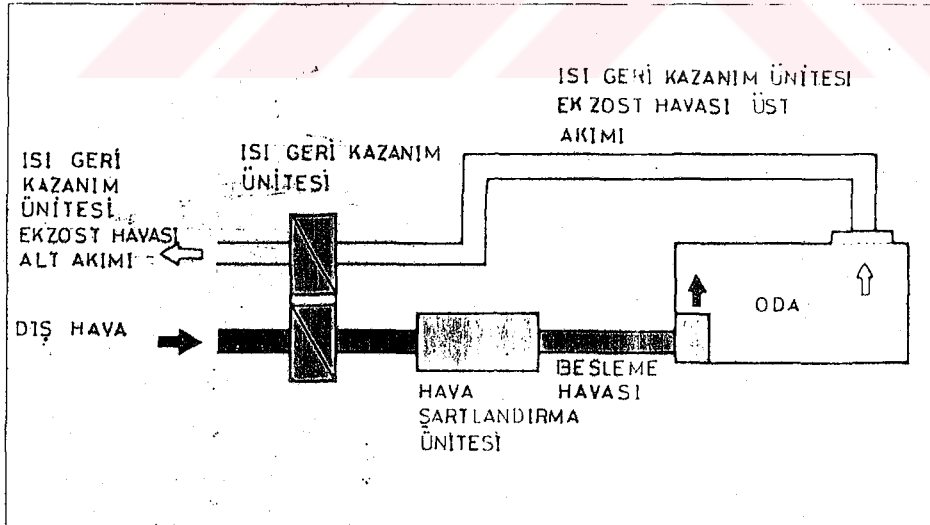
The subjects which are applicable to practical works were examined rather than theoretical study.

I-) HAVADAN HAVAYA ENERJİ GERİ KAZANIM SİSTEMLERİ

Enerji tasarrufu her dâldâ giderek önem kazanan bir ihtiyaç haline gelmektedir. Enerji kaynaklarının sınırlı olması ve giderek tükenmekte oluşu, zaman zaman çeşitli nedenlerle temininde karşılaşılan zorluklar enerji tasarrufunu gerektiren etkenler olsalarda enerji tasarrufu ihtiyacını doğuran ana sebep enerji maliyetlerinin ulaştığı boyutlarıdır.

Günümüzde enerji geri kazanımı gerek mevcut sistemlerin iyileştirilmesinde gerekse yeni yapılan bina ve tesisatlardaki en iyi, en etkili ve en esnek enerji koruma yöntemidir.

Bu durumda havadan havaya enerji geri kazanım sistemleri HVAC ve endüstriyel hava işleme ünitelerinden atılan ekzost havasındaki enerjiyi etkin bir şekilde kullanan sistemlerdir.



ŞEKİL 1 ENERJİ GERİ KAZANIM ÜNİTESİNİN DÜZENLENMESİ

2-) ENERJİ GERİ KAZANIM SİSTEMLERİNİN KULLANIM AMAÇLARI

Isı geri kazanım ekipmanları özel sistemlerin kullanılması durumunda ağırlıklı olarak gerekli olan ekipmanlar olmamakla birlikte yinede gerek verimliliği emniyetli bir şekilde artırmak ve gerekse aşağıdaki şu özellikleri sağlamak için düşünülürler;

1- Dış havanın kışın ısıtma ve nemlendirme, yazın ise soğutma ve nem alma yüklerinin azalmasını sağlamak. Böylece daha küçük kapasitede ve boyutta ısıtma ve soğutma sistemlerinin kurulmasına imkan sağlamak.

2- Azalan bu ısıtma ve soğutma yüküne karşılık olarak ısıtma ve soğutma için enerji tüketiminde azaltılmasını sağlamak.

3- Azalan bu enerji tüketimine karşılık olarak çevreye partikül ve termal etki şeklinde daha az zarar verilmesini sağlamak.

4- Birim ürün başına enerji masraflarını düşürerek Kar/maliyet oranını artırmak.

Yukarıdaki maddelerden enerji geri kazanımının ulusal ve iş ekonomisi üzerindeki faydaları açıkça görülmektedir. Buna bir örnek olarak : Enerji Bakanlığının verilerine göre; sanayi kesiminde, konutlarda ve ulaştırma sektöründe 1991 yılında enerji tasarrufu kurallarına uyulabilseydi 9.7 trilyon TL tasarruf sağlanabilecekti. Bu, aynı yıl ulaştırma için harcanan enerjinin karşılanacağı anlamına gelmektedir.

3-) HAVADAN HAVAYA ENERJİ GERİ KAZANIM EKİPMANLARININ SINIFLANDIRILMASI

Havadan havaya ısı geri kazanım cihazlarının ekonomik etkinlik hesabı için kurallar ve temel mühendislik gerektirileri VDI 207I'de "HVAC sistemlerinde ısı geri kazanımı" ve Isı geri kazanım cihazları için hazırlanan EUROVENT 10 standartlarında tanımlanmıştır. Isı geri kazanım karakteristikleri; duyulur ısı değişimi için sıcaklık etkinliği ve

gizli ısı değişimi için nem etkinliğidir ve aynı zamanda her ikisi içinde basınç düşümü bir diğer karakteristiktir.

I - Regeneratif Isı Değiştiriciler :

Dönel metalik ısı transfer matrisine sahip regenerator ısı değiştiricilerdir. Bu matrisin sırasıyla sıcak ve soğuk hava akımlarıyla dönerik temas etmesi sırasında, ısı sıcak hava akımından alınarak matris üzerinde depolanır ve soğuk hava akımına girdiği zaman depolanmış olan ısı bu hava akımına bırakılır. %90'a varan sıcaklık ve nem transferi etkinliğine varabilirler.

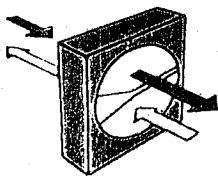
2 - Kapalı Çevrim Sistemleri :

Sıcak ve soğuk hava akımları içersine yerleştirilmiş üniteler arasındaki kapalı devre içersinde ısı taşıyıcı ortamın (akışkanın) tabii veya cibri olarak sirküle ettiği sistemlerdir. Isı taşıyıcı ortam (akışkan) sıcak hava kanalındaki ünite vasıtasıyla sıcak havadaki enerjiyi alarak, soğuk hava akımına bırakır. Bu tip sistemler % 50 sıcaklık etkinliğine ulaşabilir.

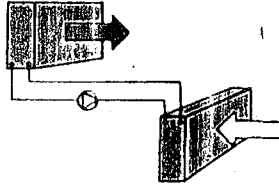
3 - Reküperatif Isı Değiştiriciler :

Metal, plastik ve cam malzemeden yapılan reküperatör ısı değiştiriciler plakalı veya borulu olarak dizayn edilebilen ekipmanlardır. Bu ekipmanlarda ısı değiştirici yüzeyin bir tarafından akan sıcak havanın enerjisi yüzeyin diğer tarafından akan soğuk hava tarafından direkt olarak alınır. Bu ekipmanlar % 70 sıcaklık etkinliğine ulaşabilirler.

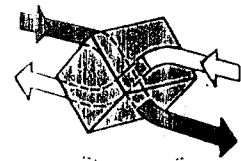
Bu ısı değiştiricilerin temsili resimleri şekil 2'de görülmektedir.



REJENERATOR

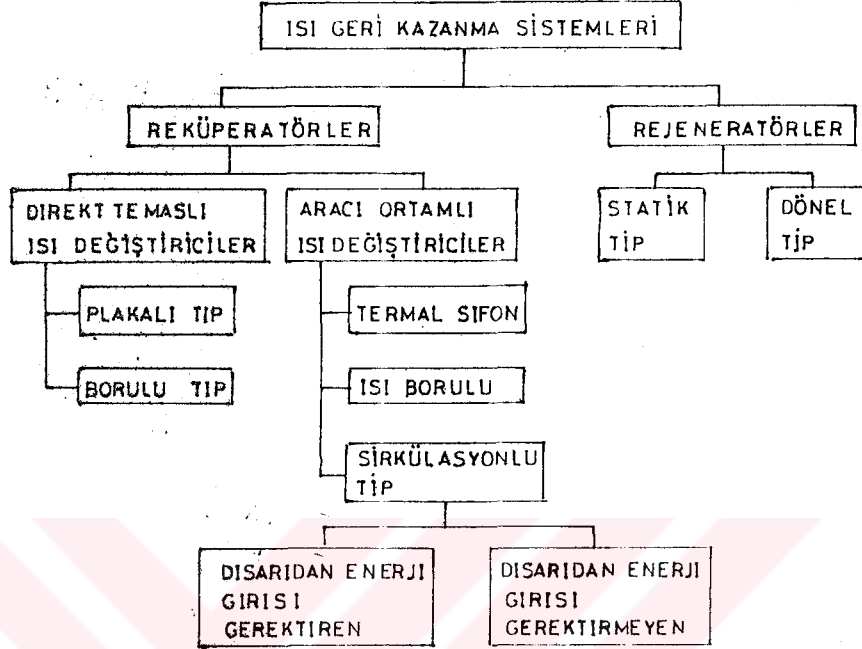


KAPALI ÇEVİRİM SİSTEMLERİ



REKÜPERATÖR

Üç kategoride toplanmış olan bu ısı değıştiricileri aynı zamanda aşğıdaki şemada görüleceğı üzere özel isimleri altındada sınıflandırabiliriz.



SEKİL 3 ISI GERİ KAZANMA SİSTEMLERİNİN SINIFLANDIRILMASI

HVAC sistemlerinde ısı geri kazanımı için düşünülen bu ısı eşanjörlerinin işletme şartları önemli derecede içinde bulunulan sezonun hava şartlarına bağlıdır. Avrupa klima şartlarında sıcaklığın kışın -30°C 'a kadar düştüğü ve yazın $+35^{\circ}\text{C}$ 'a kadar yükselmesi mümkündür. Bu durumda $20-25^{\circ}\text{C}$ olan ekzost sıcaklığı ile aralarında sadece $10-50^{\circ}\text{C}$ gibi çok küçük sıcaklık farkı bulunmaktadır. Buda havadan havaya enerji geri kazanım cihazlarının yüzey alanlarının çok büyük olmasının sebebidir.

4-) HAVADAN HAVAYA ENERJİ GERİ KAZANIMI UYGULAMA ALANLARI
Havadan havaya enerji geri kazanım uygulamalarının üç temel alanı mevcuttur.

- 4.A Prosesten prosese enerji geri kazanımı uygulamaları
- 4.B Prosesten konfora enerji geri kazanımı uygulamaları
- 4.C Konfordan konfora enerji geri kazanımı uygulamaları

4.A-)PROSESTEN PROSESE ENERJİ GERİ KAZANIMI UYGULAMALARI

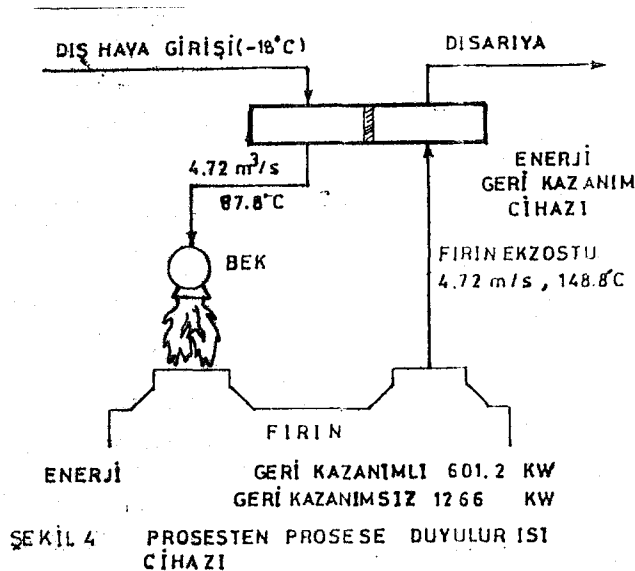
Bir proses havası sisteminde,hava,üretim prosesi esnasında bir kütle ve enerji taşıyıcı ortam olarak kullanılır.Bu tip proseslerde havanın

- Proses enerji girişi
- Soğutma prosesi boyunca ısı çekilmesi
- Kurutma prosesi boyunca nem alınması
- Gazların,boya tozlarının,çözücülerin,buharların v.b. işlenmesi
- Pnomatik taşıma ve toz,kırıntı,lif,toz,halindeki malzemelerin v.b. iletimi
- ve yukarıda bahsedilen proseslerin kombinasyonu

gibi işler için kullanılması günümüzde tipik uygulamalardır.

Prosesten prosese ısı geri kazanımı uygulamalarında, ısı prosesin ekzost havasından alınarak,taze havasına aktarılır.870°C' a kadar yükselen proses ekzostunu işleyebilen cihazlar mevcuttur.

Tipik uygulamaları kurutucu tüneller,ocaklar, fırınlardır.Şekil 4 kış şartları altında % 70 duyulur ısı etkinliği ile çalışan bir fırın uygulamasını göstermektedir.



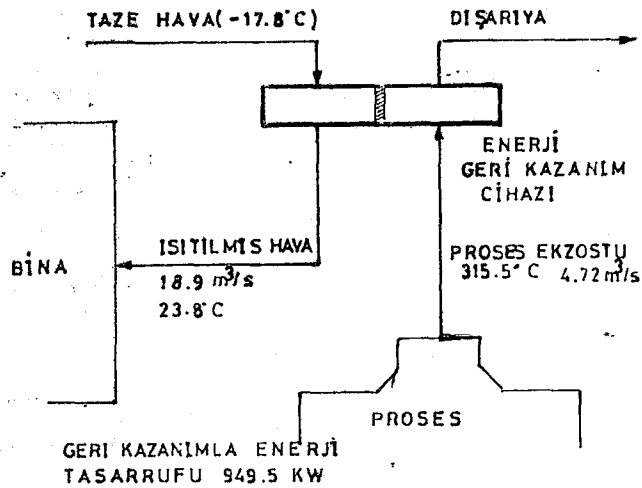
Proses ekzostundan enerji geri kazanım uygulaması incelenirken şu maddeler ele alınmalı :

- Korozyonun etkisi
- Kondensin etkisi
- Kirletici partiküllerin etkisi
- Diğer elemanlar üzerindeki etki

Prosesten prosese enerji geri kazanım cihazları genelde sadece duyulur ısıyı geri kazanıp gizli ısıyı geri(nemi) transfer etmezler, zaten çoğu zaman nem proses için zararlıdır. Prosesten prosese uygulamalarında max. geri kazanım istendiğinden geri kazanılan enerjinin modülasyonu ne istenir nede gereklidir. Fakat bazı durumlarda ekzost hava akımının aşırı soğutulmasını engellemek için modülasyon gerekebilir.

4.B-)PROSESTEN KONFORA ENERJİ GERİ KAZANIM UYGULAMALARI

Prosesten konfora uygulamalarında atık ısı proses ekzostundan alınarak kış ayları boyunca 'bina ısıtma' havası hazırlamada kullanılır. Tipik uygulamaları dökmühaneler, kağıt hamuru ve kağıt fabrikaları gibi ısıtılmış proses ekzostuna sahip alanlar ile fazla miktarda hazır hava gerektiren yerlerdir. Şekil 7 böyle bir uygulamayı göstermektedir.



ŞEKİL 5 PROSESTEN KONFORA DUYULUR ISI CİHAZI

Prosesten prosese uygulamalarında genellikle mümkün olan en büyük enerji geri kazanımı istenirken prosesten konfora uygulamalarında ılık havalarda hazırlanacak ısıtma havasının aşırı ısınmasını önlemek için kazanılan enerjinin modülasyonu gerekebilir. Gerek yaz aylarında geri kazanım modülasyonu yapıldığından yıllık enerji tasarrufu prosesten prosese uygulamalarındaki kadar büyük değildir.

Prosesten konfora uygulamaları incelenirken şu maddeler ele alınmalıdır :

- Korozyonun etkisi
- Kondensin etkisi
- Kirletici partiküllerin etkisi

Prosesten konfora enerji geri kazanım cihazları genellikle sadece duyulur ısıyı geri kazanıp iki hava akımı arasında fiziksel olarak nemi transfer etmezler.

4.C-) KONFORDAN KONFORA ENERJİ GERİ KAZANIM UYGULAMALARI

Bu gruptaki HVAC sistemleri endüstriyel bina sınıfında toplanamayan yüksek, modern binalarda kurulan sistemlerdir. Bu tip HVAC sistemlerinde şu dört temel prosesten birini veya bir kaçını yerine getirmesi beklenir. Bunlar

- Isıtma
- Soğutma
- Nemlendirme
- Nem alma

Kurulan sistemin kalitesine bağlı olarak literatürlerde verilen sınırlar içersinde hava sıcaklığı ve/veya nemi sabit değerlerde tutulabilir.

Konfordan konfora enerji geri kazanımında, enerjibina ekzost havasından taze havasına transfer edilir. Bu uygulamalarda binanın taze havasının entalpisi sıcak havalarda düşürülür ve soğuk havalarda yükseltilir.

Konfordan konfora uygulamaları için mevcut olan havadan havaya enerji geri kazanım cihazları iki grupta toplanabilir :

1- Duyulur Isı Cihazları

2- Toplam Isı Cihazları

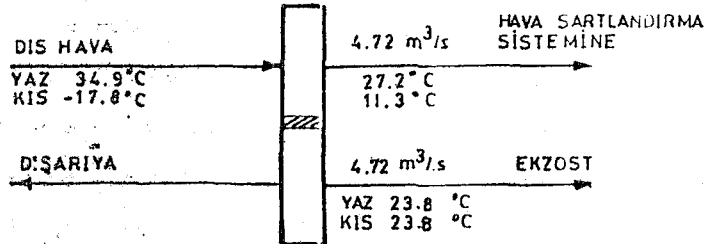
1-) Duyulur Isı Cihazları :

Bu cihazlar ekzost havasının;çiy noktası altındaki bir sıcaklığa kadar soğutuldukları durumlar haricinde ekzostve taze hava akımları arasında sadece duyulur ısıyı(kuru termometre sıcaklığı)transfer ederler. Ekzost havasının çiy noktası sıcaklığı altındaki bir değere kadar soğutulması durumunda kondensasyon meydana gelecek ve kullanılan cihaz tipine bağlı olarak sistemi etkileyecektir.

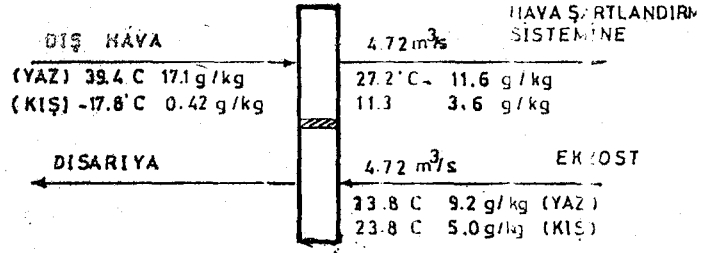
2-) Toplam Isı Cihazları :

Bu cihazlar hem duyulur hemde gizli ısıyı (nemi) ekzost ve taze hava akımları arasında transfer eder. Proses-ten prosese ve prosesden konfora uygulamalarından farklı olarak konfordan konfora uygulamalarında gizli ısı transferide gerekebilir.

Şekil 6 sadece duyulur ısıyı % 70 etkinlik ile transfer eden bir cihazı,şekil 7 ise aynı şartlar altında çalışan,duyulur ve gizli ısılarda her ikisininide transfer eden % 70 etkin bir cihazı göstermektedir.Bu iki örneği karşılaştırırsak;aynı yaz dizayn şartları altında çalışan toplam ısı cihazının,duyulur ısı cihazının yaklaşık üç katı daha fazla enerjiyi geri kazandığını;aynı kış dizayn şartları altında ise % 25 daha fazla enerjiyi geri kazandığını görürüz.

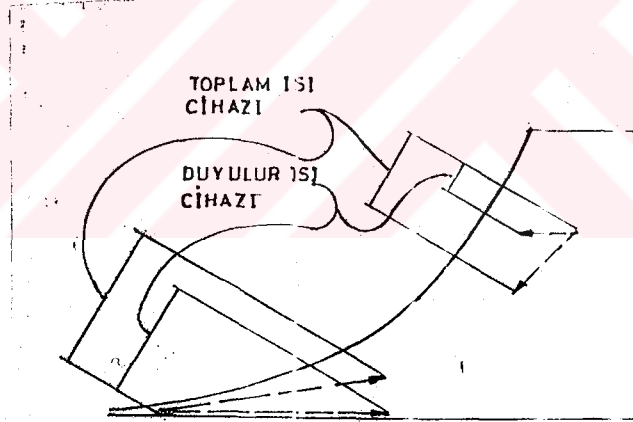


ŞEKİL 6 KONFORDAN KONFORA DUYULUR ISI CİHAZI



ŞEKİL 7 ENERJİ ANALİZİ
 YAZINTASARRUF EDİLEN ENERJİ 125.3 KW
 KIŞIN TASARRUF EDİLEN ENERJİ 213.6 KW
 KONFORDAN KONFORA TOPLAM ISI CİHAZI

Şekil 8 bu örnek sistemlerin herbiri için psikrometrit diyagram üzerinde yaz ve kış dizayn şartları için taze havanın uğradığı prosesleri göstermektedir; bu diyagram vasıtasıyla enerji transferinin direkt olarak karşılaştırılması yapılabilir.



ŞEKİL 8 KONFORDAN KONFORA DUYULUR ISI ve TOPLAM ISI GERİ KAZANIMI

Konfordan konfora enerji geri kazanımı uygulamaları incelenirken şu maddeler ele alınmalıdır.

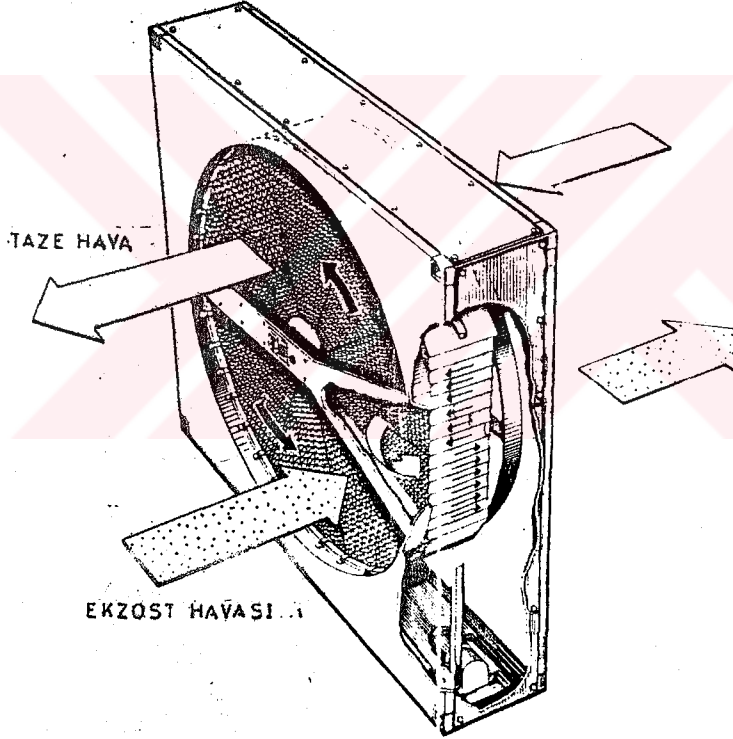
- Kirletici partiküllerin etkisi
- Gaz ve buhar halindeki kirleticilerin etkisi
- İç hava nem seviyesinin etkisi
- Enerji geri kazanım cihazlarının karşılaştırılması

5-) HAVADAN HAVAYA ENERJİ GERİ KAZANIM EKİPMANLARININ İNCELENMESİ

5-I) DÖNEL TİP ENERJİ DEĞİŞTİRİCİLER

Genel Bilgiler :

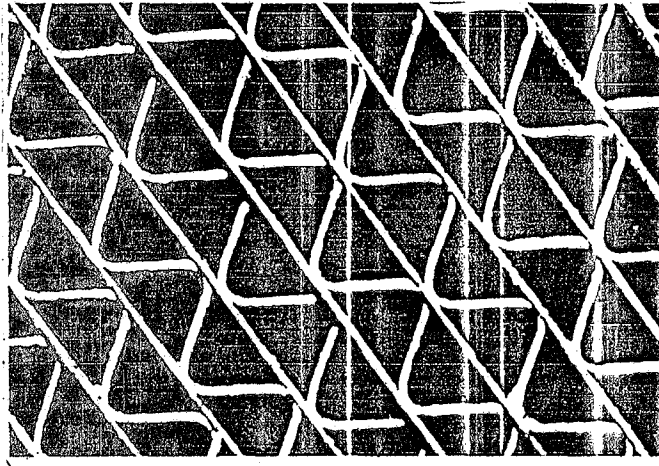
Yaygın olarak "Isı Tekerı" diye bilinen dönel havadan havaya enerji değıştiricileri,içlerinden geçen hava ile te-için büyük bir iç yüzeye sahip hava geçiren bir ortam ile dolu,dömen bir silindirdir.Yan yana olan ekzost ve taze ha-va akımlarından herbiri eşanjörün bir yarısından ve zıt yönde akar.Şekil 9



ŞEKİL 9 HAVADAN HAVAYA DÖNEL ENERJİ DEĞİŞTİRİCİLER

Hava akımına paralel,küçük üçgen pasajlardan meydana gelen ısı transfer ortamı (ısı depolama matrisi,şekil 10) dönme hareketi esnasında sıcak ve nemli hava akımı içinde bulunduğu sırada üzerine ısıya ve nemi depolar ve matrisin dönme hareketine devam etmesiyle üzerine ısıya ve nemi de-

polamış bu bölüm soğuk ve daha az nemli hava akımına girerek bu hava akımına ısıyı verir. Matrisin dönmesi ile tekrar sıcak ve nemli hava akımına girerek çevrimi tamamlar.



SEKİL 10 ISI DEPOLAMA MATRİSİ

Dönel enerji değiştiriciler ısı transfer matrisinin sadece duyulur ısıyı veya hem duyulur hemde gizli ısıları (toplam ısıyı) transfer etme kabiliyetlerine göre sınıflandırılabilirler. Toplam ısı matrisleri herhangi bir malzemeden (örneğin Alüminyumdan) imal edildikten sonra nem geri kazanma kabiliyetleri için yüzeyi uygun bir kurutucu ile doyurulurlar.

Dönel enerji değiştiricilerinde ekzost havasının taze havaya karışması iki sebepten meydana gelebilir.

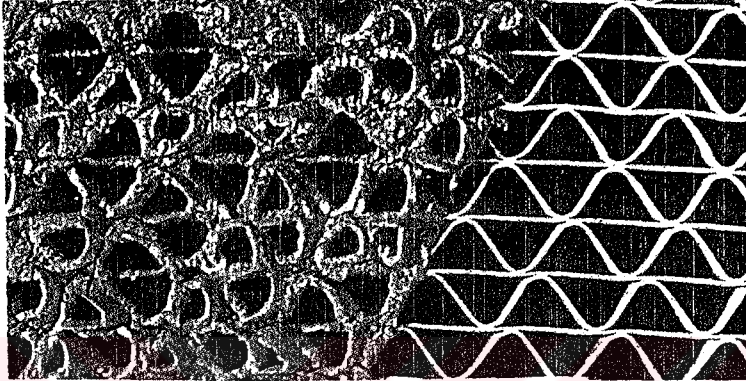
1- Taşma (Carry-over)

2- Kaçak (leakage)

Leakage, iki hava akımı arasındaki statik basınç farkından meydana gelir ve iyi bir fan düzenlemesi ile en aza indirilebilir. Carry-over, matrisin ekzost hava akımından taze hava akımına girdiği sırada pasajlarda kalan ekzost havasının taze havaya karışması ile meydana gelir ve matris yüzeyine uygun bir purge bölümünün montaj edilmesi ile en aza indirilebilir. Fakat resirkülasyon havası kullanılan sistemlerde purge bölümü iptal edilebilir.

Isı depolama matrisindeki pasajlarda ekzost ve taze

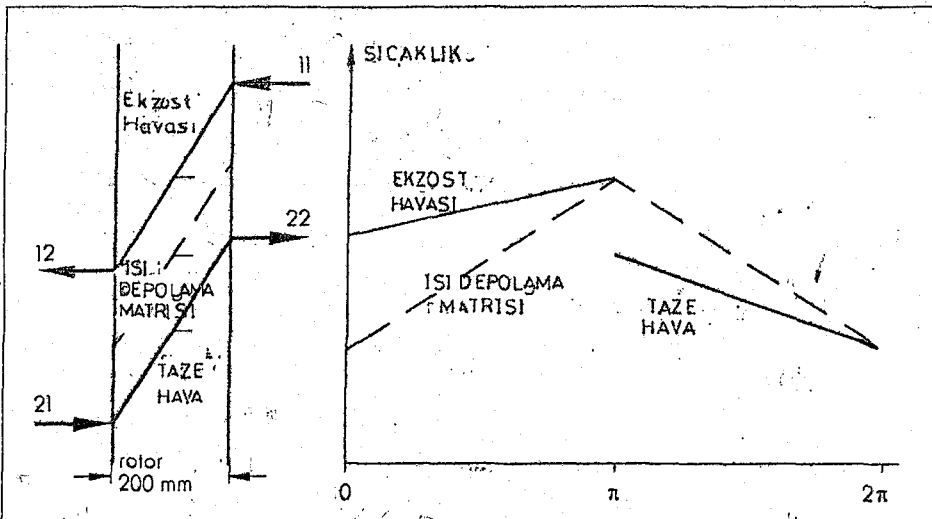
hava akımları zıt yönde aktığından matris tabii olarak bir kendi kendini temizleme etkisi gösterir. Şekil II'ye gerek pasaj yüzeylerinin pürüzsüz olmasından gerekse matrisin kendi kendini temizleyebilme kabiliyetinden ötürü dönel havadan havaya enerji değiştiricileri en sivri, kuru, hareket-sizkirleticilere bile duyarsızdır ve tıkanma problemi görülmeksizin çalışabilirler.



ŞEKİL II ISI TEKERİNİN KENDİ KENDİNİ TEMİZLEME ETKİSİ

DUYULUR ve GİZLİ ISI TRANSFERİ

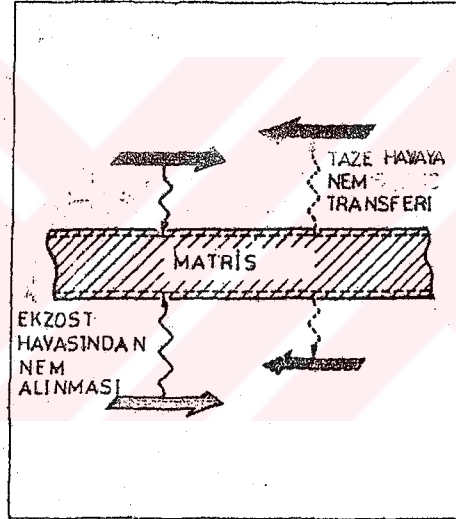
Duyulur ısı transferi, ısı depolama matrisinin sıcak hava akımı içerisinde bulunduğu sırada sıcak hava akımından ısıyı üzerine depolaması ve dönmesi esnasında üzerine ısı depolanmış bu ılık matris bölümünün soğuk hava akımına girerek burada soğuk havaya ısıyı transfer etmesi ile gerçekleşir. Şekil I2



ŞEKİL I2 MAX. HIZDA SICAKLIK PROFİLİ

Gizli ısı transferi, toplam ısı tekerlerinde neminyüksek nemli hava akımından ayrıştırılarak matrisin higroskopik kaplaması tarafından depolanması ve bu matris bölümünün düşük nemli hava akımına girdiği zaman depolanmış olan bu nemin buharlaşma yolu ile bu hava akımına bırakılması ile gerçekleşir. (Ekzost hava akımı buhar basıncının, matrisin buhar basıncından yüksek olması nemin ekzost hava akımından matrise aktarılmasını mümkün kılar. Matrisin dönmeye devam etmesiyle bu bölüm ters yönde akmakta olan taze hava akımına girer. Isı depolama matrisinin buhar basıncı taze hava akımının buhar basıncından yüksektir. Böylece nem taze hava akımına yayılarak taze havanın nemlenmesini sağlar.

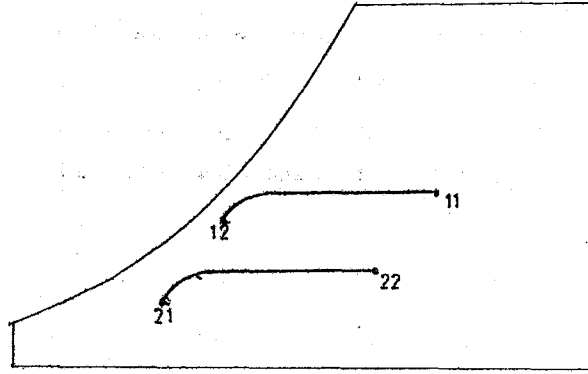
Şekil 13



ŞEKİL 13 TOPLAM ISI TEKERİNDE NEM TRANSFERİ

Duyulur ısı tekerlerinde nem transferi ancak matrisin sıcak hava akımının çiy noktası sıcaklığı altındaki bir hava akımı sıcaklığı ile soğutulması durumunda gerçekleşir. Eşanjörün taze hava kanalındaki bölümünün ekzost hava akımının çiy noktası sıcaklığı altındaki bir sıcaklığa kadar soğutulması durumunda bu bölüm ekzost hava akımına girdiği zaman matris yüzeyinde kondensasyon meydana gelir. Bu durumda nemlendirme işletme şartları ile değişir ve nem değişiminin kesin hesabı için bir hesap yöntemi yoktur. Genelde Duyulur ısı rejeneratörleri nemlendirmenin gerekmediği te-

sisatlarda kullanılır.Şekil I4



ŞEKİL 14 DUYULUR ISI TEKERİNDE GİZLİ ISI GERİ KAZANIMI

HAVA ŞARTLARI DEĞİŞİMİNİN PSİKROMETRİK KART ÜZERİNDE İNCELENMESİ

Toplam ısı rejeneratörlerinde en yüksek hızda sıcaklık ve nem etkililiği eşittir. Ekzost ve taze hava şartlarının değişimi Tekere giriş şartları arasındaki doğru üzerinde yürür.

Higroskopik olmayan tekerlerde kondensasyon görülmediği sürece esas olarak duyulur ısı transfer edilir. Kondensasyon oluşması durumunda, taze hava akımına iletilen nem burada buharlaşır. Böyle bir durumda psikrometrik kart üzerinde prosesin gelişimi işletme şartlarına bağlıdır ve genellikle hesaplanamaz.

Şekil I5 ve I6, % 75 etkin higroskopik ve higroskopik olmayan tekerler için farklı işletme şartlarını göstermektedir. Kesikli çizgiler higroskopik, sürekli çizgiler higroskopik olmayan tekerleri ifade eder.

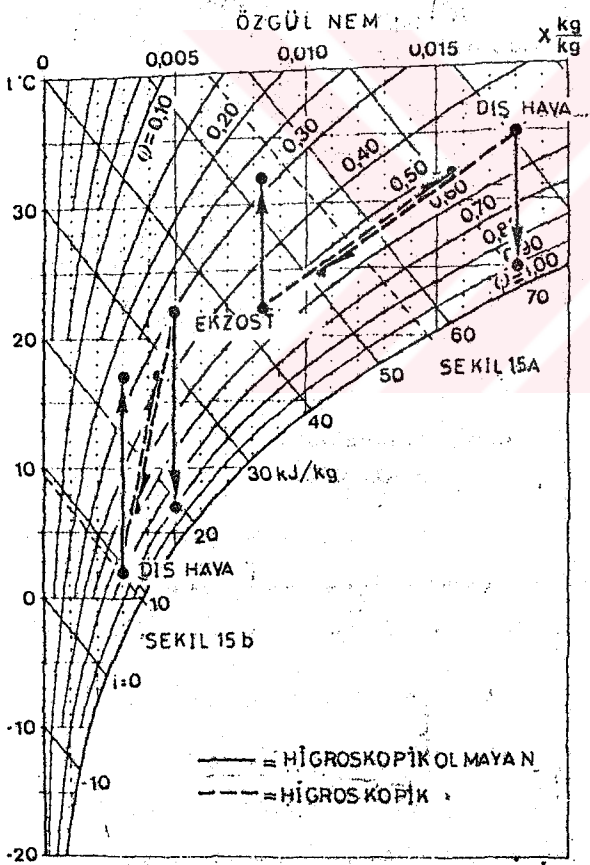
I) Yaz İşletmesi :

Şekil I5a yaz şartları altında proseslerin gelişimini göstermektedir. Higroskopik tekerler ekzost havası şartlarına bağlı olarak taze havanın hem nemini hem de sıcaklığını düşürürler ve %75 entalpi etkililiğine ulaşır. Higroskopik olmayan tekerler aynı yaz şartları altında yalnızca sıcaklığı düşürür fakat nem transferini gerçekleştiremez-

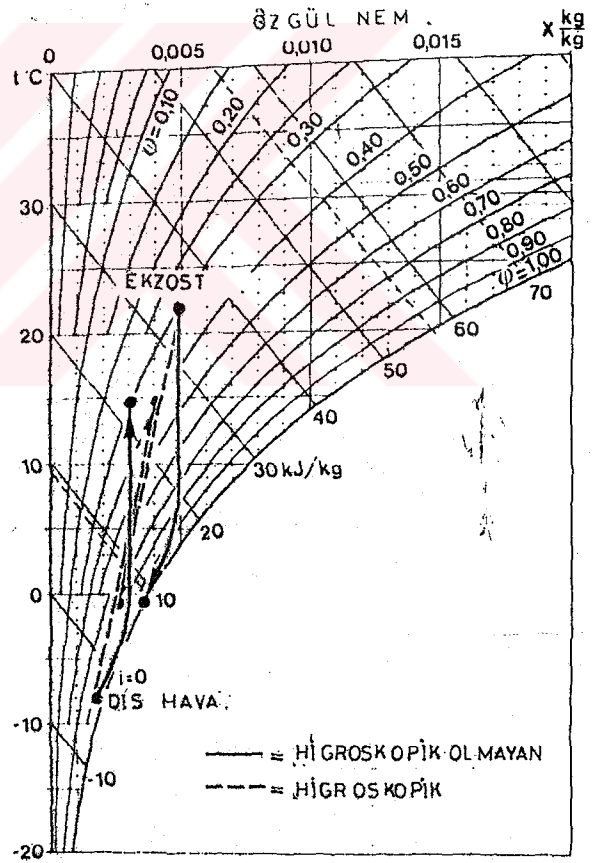
ler. Higroskopik tekerlerle aynı yaz şartları altında çalışan higroskopik olmayan tekerler ancak %25'lik bir entalpi etkinliğine ulaşabilirler

2) Kış İşletmesi (I) :

Şekil 15b kış şartları altında proseslerin gelişimini göstermektedir. Bu şekil higroskopik olmayan tekerlerde kondensasyonun oluşmadığı bir durumu göstermektedir. Bu durumda higroskopik olmayan teker taze havaya nem transferini gerçekleştiremez. Higroskopik tekerler yaklaşık 1.5 g / kg lik nem transferi ile çok önemli olan taze hava nemlendirme işinin bir bölümünü gerçekleştirirler .



ŞEKİL 15a, 15b



ŞEKİL 15

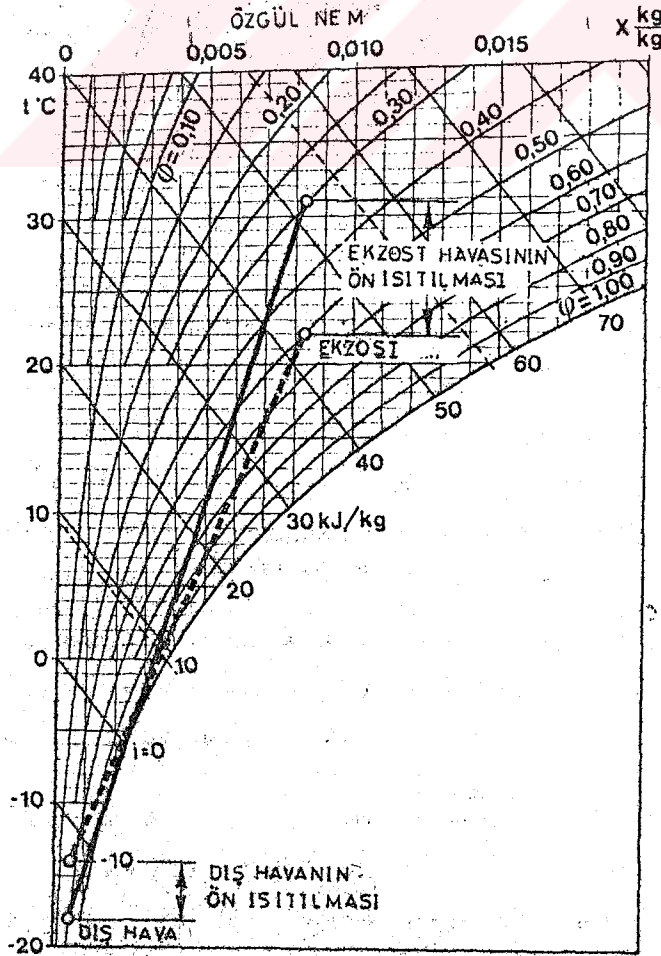
3) Kış İşletmesi (II) :

Higroskopik olmayan tekerler 0°C 'da, yoğunlaşma meydana gelse bile don riski olmaksızın çalışmaya devam edebilir. Şekil I6 taze havanın doyma eğrisini kesmeden nemi nemi absorbe ettiği böyle bir çalışma durumunu göstermektedir. Bu durumda nem etkinliği %45'e ulaşmaktadır.

Higroskopik tekerler aynı şartlar altında %75'lik nem etkinliği, higroskopik olmayan tekerlerden 1 g/kg daha fazla nem geri kazanmasına olanak sağlar.

4) Don Olayı

Higroskopik tekerlerde, teker girişindeki ekzost ve taze hava şartlarını birleştiren doğru psikrometrik kart üzerinde doyma eğrisini ($\phi=1$) keserse bir don riski görülebilir. Kabaca bir hesap için hava giriş sıcaklıklarının geometrik ortalamasının 0°C 'dan büyük olması durumunda don tehlikesi görülmek denilebilir. Örnek olarak şekil I7'deki higroskopik teker don riski olmaksızın çalışabilir.



ŞEKİL 17 DUYULUR ve TOPLAM ISI TEKERLERİNDE DON OLAYI

Higroskopik olmayan tekerler için prosesin psikrometrik diyagramda ki gelişimi ve donmayı engellemek için kurallar higroskopik tekerlerdeki kadar kolay değildir. Böyle bir durumda hava hızı, etkinlik ve dış hava sıcaklığının sürekliliği gibi faktörler önemlidir.

Eşanjör yüzeyinde birikecek buz miktarı taze hava sıcaklığına, ekzost havasının nem oranına, eşanjör etkinliğine ve don şartlarının sürekliliğine bağlıdır. Günlük sıcaklık dalgalanmaları don riskini azaltabilir. Genellikle don ilk olarak ekzost hava akımının matristen çıkış yüzeyinde görülür ve don şartlarının şiddeti ve sürekliliği ile hem kalınlık hem derinalık yönünde ilerler. Yoğun şartlar altında hava akımı tamamen kesilebilir.

Don başlangıcı tekerdeki basınç düşümünün artışı ile görülür ve soğuk taze hava akımının eşanjörden önce ön ısıtılması ile veya tekerde geri kazanılan enerji miktarının azaltılması ile önlenmelidir. Ön ısıtma, tekerin önüne taze hava akımı içersine ön ısıtıcı batarya koyularak taze havanın yeteri kadar ısıtılması ile gerçekleştirilebilir. Enerji azaltılması ise ya teker dönme hızının düşürülmesi veya soğuk taze hava akımının bir miktarının teker etrafından by-pass edilmesi ile gerçekleştirilebilir. Fakat bu yöntem ekzosttan kazanılan ısı azalmasını kompanze etmek için ilave bir son ısıtıcı gerektirir. (Teker hızının düşürülmesinin değermanzuru için etkinlik bölümünü inceleyiniz) Don tehlikesine karşı diğer bir yöntem ekzost hava akımının ısıtılmasıdır.

ETKİNLİK

Sıcaklık ve nem etkinliği ısı eşanjörlerinin performans değerlendirmesinde önemli kriterlerdir. İki etkinlikte gerçekte ulaşılan değişim ile teorik olarak ulaşılabilecek değişim arasındaki bağlantı olarak tanımlanmıştır.

VDI 2071 ve EUROVENT IO' a uygun olarak

Taze Hava Sıcaklık Etkinliği

$$\eta_{t2} = \frac{t_{22} - t_{II}}{t_{II} - t_{2I}}$$

Taze Hava Nem Etkinliği

$$\eta_{X2} = \frac{X_{22} - X_{2I}}{X_{II} - X_{2I}}$$

t : Sıcaklık , °C

X : Özgül nem , g/kg

II : Tekere giren ekzost havası

I2 : Tekerden çıkan ekzost havası

2I : Tekere girin taze Hava

22 : Tekerden çıkan taze hava

Duyulur ve toplam ısı tekerleri için ortalama etkinlik eşit ekzost ve taze hava kütlesi akımı ve genellikle kullanılan eşanjör yüzey hızları için % 70-85 arasındadır.

Higroskopik tekerlerde max. devir hızında ve eşit küt-
le akımında

$$\eta_{t2} = \eta_{X2} = \eta_{tI} = \eta_{XI}$$

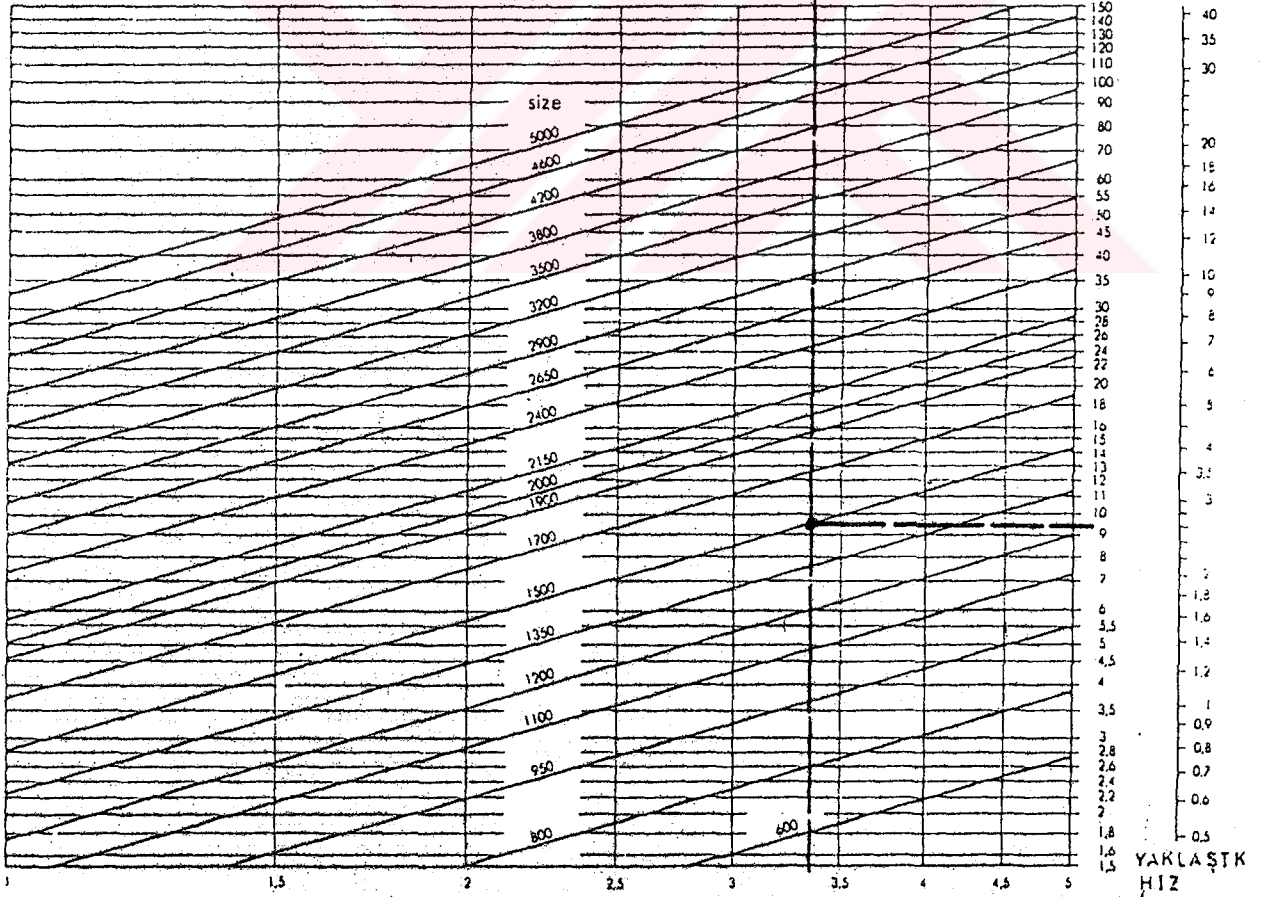
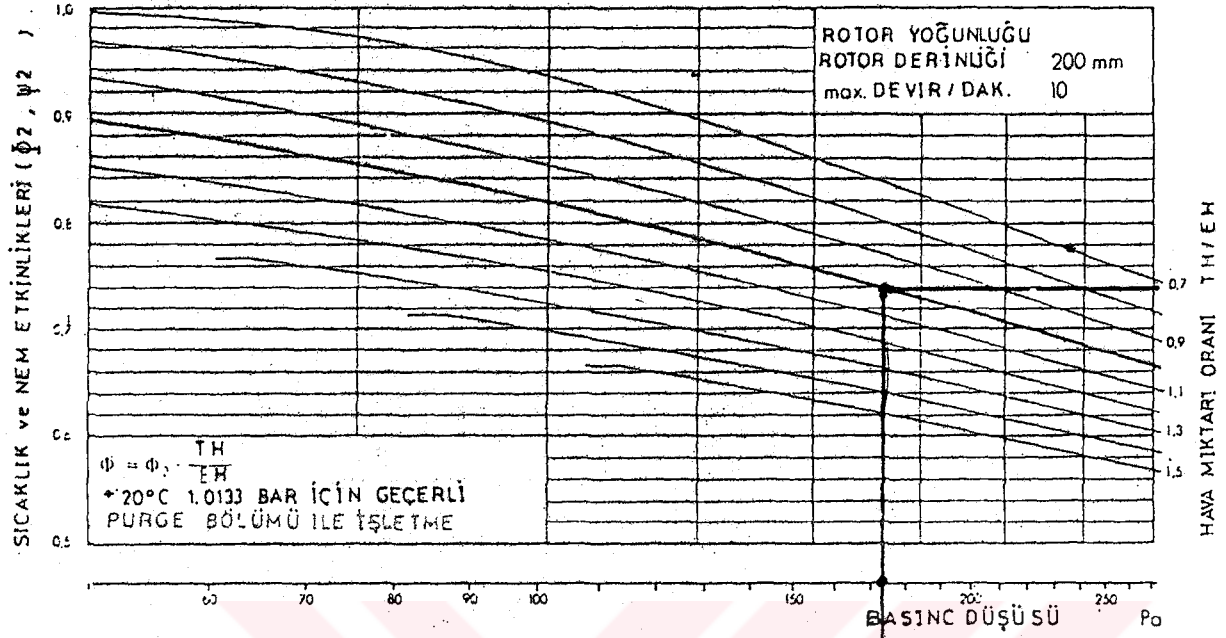
yine max. devir hızında fakat eşit olmayan ekzost ve taze
hava kütlesi akımı durumunda

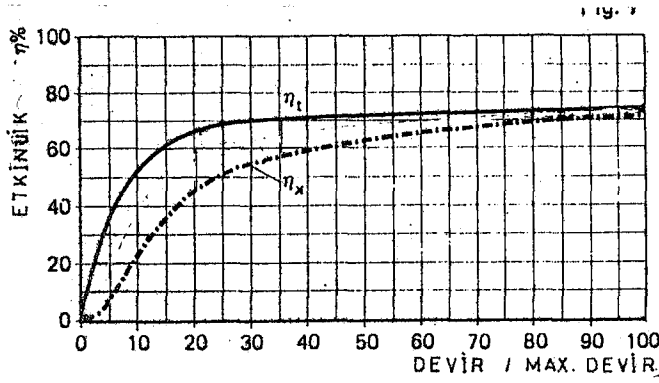
$$\eta_{t2} = \eta_{X2} , \eta_{tI} = \eta_{XI}$$

Şekil 18'deki performans diyagramı sıcaklık ve nem etkinli-
ğini vermektedir.

Max. devir hızından farklı hızlarda higroskopik teker-
lerin sıcaklık ve nem etkinliği şekil 18'deki gibi bir di-
yagramla verilir. Aşağıdaki diyagram belli bir ^{yüzey} hız için çı-
karılır (örneğin 4 m/s yüzey hızı için) ve bu değerden sap-
malar büyük değerlerde ise, düşük yüzey hızındaki sıcaklık ve
nem etkinliği enterpolasyon yöntemiyle hesaplanabilir.

Genel olarak Alüminyumdan yapılan bütün higroskopik
tekerler için düşük devir hızlarında nem etkinliğinin, sı-
caklık etkinliğinden daha düşük olduğu söylenebilir.





ŞEKİL 10b ÇEŞİTLİ TEKER HIZLARINDA
SICAKLIK ve NEM ETKİNLİĞİ

Higroskopik olmayan tekerler eşit ekzost ve taze hava kütlesi akışı durumunda

$$\dot{Q}_{t2} = \dot{Q}_{t1}$$

olacak şekilde davranırlar. Higroskopik tekerler kondensasyonun meydana gelmediği durumlarda sadece duyulur ısıyı transfer ederler. Eğer kondensasyon meydana gelirse bunun için genel bir hesap yöntemi yoktur.

PERFORMANS

Dönel tip enerji değiştiricilerin performansı eşanjör etkinliği ve basınç düşümü ile tanımlanır. Genellikle kabul edilebilen yüzey hızları 2.5 m/s ile 4 m/s arasındadır. Düşük hızlarda daha düşük basınç kayıpları, daha yüksek etkinlik değeri ve daha düşük işletme maliyetlerine ulaşılır fakat ilk yatırımı ve tesisat alanı daha büyüktür.

2.5 m/s yüzey hızında çeşitli matris malzemeleri için tipik basınç kayıpları 100-175 Pa arasındadır.

32 m³/s kapasiteye kadar tek parçalı rotorlu dönel enerji değiştiricileri mevcuttur ve çapları nakliye, dikme ve yerine monte zorluklarından dolayı 4.25 m'den büyük değildir. -60 ila 800°C arasında çalışabilen tekerler mevcuttur.

KONSTRÜKSİYON

Dönel ısı değiştiriciler, üzerinde yataklama merkezi ve shaftı bulunan bir rotor, tahrik kayışı ve bunların içinde toplandığı bir gövdeden meydana gelir. (Şekil 9)

Leakage (kaçak) hava akımlarını en aza indirmek için gövde ile rotor arasına, rotorun her iki yüzeyine ince fırçalar koyulur. Ayrıca ekzost havasının taze havaya taşmasını (carry-over) önlemek için matrisin ekzot havası giriş yüzüne bir purge bölümü monte edilebilir. Dönel ısı tekerleri değişken veya sabit hızlı bir motor ile tahrik edilebilirler. Rotor şartlarını test etmek için tekerin her iki tarafına kontrol delikleri koyulmalı ve ölçüleri aşağıda verilen değerlerden küçük olmamalıdır. Şekil 19

ROTOR ÖLÇÜSÜ	KONTROL
	DELİĞİ min. mm
600	4 e.a. 150 x 150
800 - 1500	4 e.a. 300 x 300
1700 - 1900	4 e.a. 500 x 500
2000 - 2400	1 e.a. 500 x 1200
	3 e.a. 500 x 500
2650 - 5000	1 e.a. 500 x 1400
	3 e.a. 500 x 500

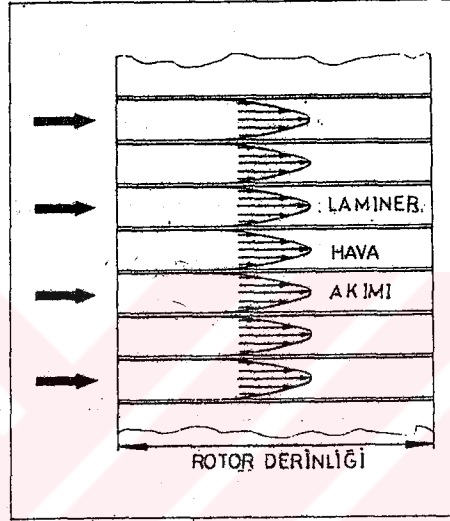
ŞEKİL 19 KONTROL DELİĞİ ve ÖLÇÜLERİ

MATRİS MALZEMESİ ve GEOMETRİSİ

Dönel enerji dönüştürücülerinde , gövde ve rotor için malzeme seçimi, taze havanın özelliği ile olduğu kadar kirlleticilerin özelliklerinden , çiy noktasından , ekzost sıcaklığında da etkilenir. Konfor sistemlerinde Alüminyum ve çelik, gövde ve matris için sıkça kullanılan malzemelerdir.

Isı transfer matrisi hava akımına paralel küçük üçgen pasajlardan meydana gelir (Şekil 10). Küçük hava pasajlarının kullanımı tabiki hem kirlenme ve temizleme yönünden hem de basınç kayıpları yönünden bir dezavantajdır. Fakat gerek kompakt ve gerekli yüzeyi küçük hacimde vermesi gerekse küçük pasajların bir alternatifinin olmaması, küçük pasajların kullanılmasını kaçınılmaz kılar. Üçgen formundaki pasajların kullanılmasının sebepleri ise ; birim hacimde en büyük

yüzeyini vermesi, oluklu ve düz plakaların birbirinin aralarına koyularak kolayca imal edilmeleri ve mekanik yönden güçlü olmaları şeklinde verilebilir. Eşdeğer çap 1.3 ile 5 mm olan bu pasajlarda Reynold sayısı 100 ile 1000 arasında değişir ve akım laminar rejimdedir (Şekil 20). Yinede ısı transfer katsayısı oldukça iyidir. Çünkü levhaların kalınlığı çok ince ve kanat yüksekliği çok küçük olduğundan kanat etkinliği oldukça yüksektir.



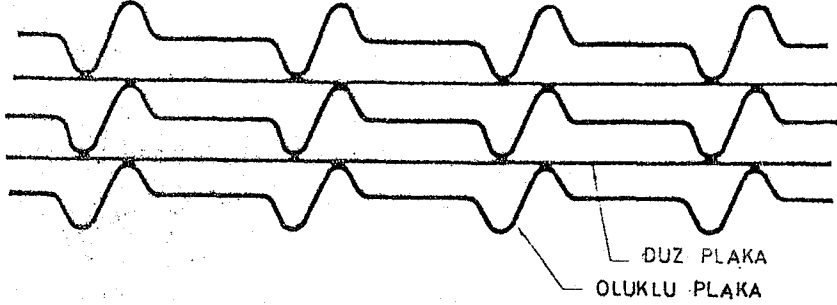
SEKİL 20 HAVA PASAJLARINDA LAMİNER HAVA AKIMI

Düşük ve orta sıcaklıklar için Alüminyum plakalar, organik levhalar, kimyasal işlem görmüş levhalar ve sentetik malzemeler; yüksek sıcaklık ve koroziv atmosferler için paslanmaz çelik ve seramik malzemeler kullanılır.

Ortam tipine ve fiziksel şekline göre yüzeyler 330 ile 3300 m²/m³ arasında değişmektedir. Ortamlar duyulur ve yatoplam ısıyı transfer etmek üzere iki grupta toplanabilir. Sadece duyulur ısı geri kazanımı için ortamlar alüminyum, bakır, paslanmaz çelik ve monel malzemedan imal edilir. Toplam ısı geri kazanımı için önce yukarıdaki malzemelerden birinden (alüminyum, mineral veya insan imali) imaledilerek sonra özgül nem geri kazanımı için kimyasal işleme tâbi tutulurlar. Alüminyum yüzeyler alüminyumoksit veya başka bir kurutucu ile kaplanırlar. Mineral ve insan imali malzemeler ise genellikle lityumklorid olmak üzere bir kurutucu ile doyurulabilir.

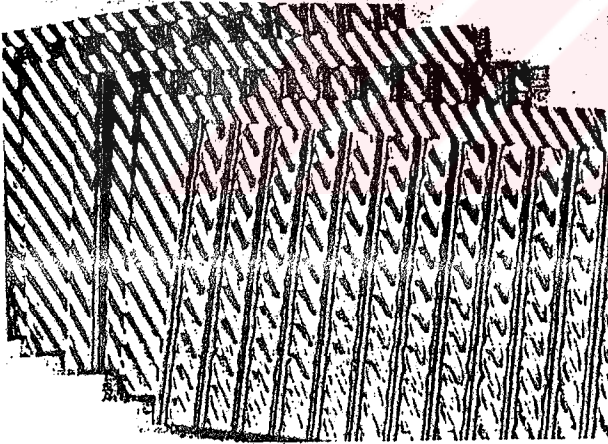
MATRİS GEOMETRİSİNİN ETKİSİ

Çoğu gaz ısı değıştiricilerinde olduğu gibi akışkanın pompalanma güçlerinin incelenmesinde akış formunun Laminer bölgede veya yakınında olması, incelemelere konu edilir. Bu nedenle ısı transfer matrisinde şekil 21'deki basit yapılardan ziyade türbülanslı akımın bazı formlarının tanımlanması için çalışılır.

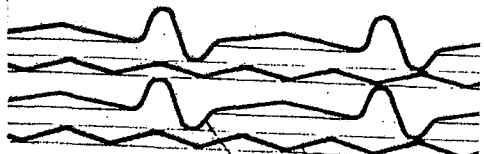
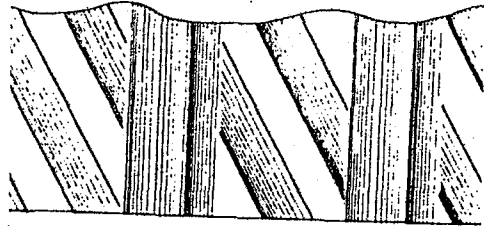


SEKİL 21 KLASİK TİP MATRİS DETAYI

Testler, düz plakalar yerine şekil 22 ve 23'deki gibi dalgalı plakaların uygulanması ile performansın artırılabilir. Bileceğini göstermiştir.



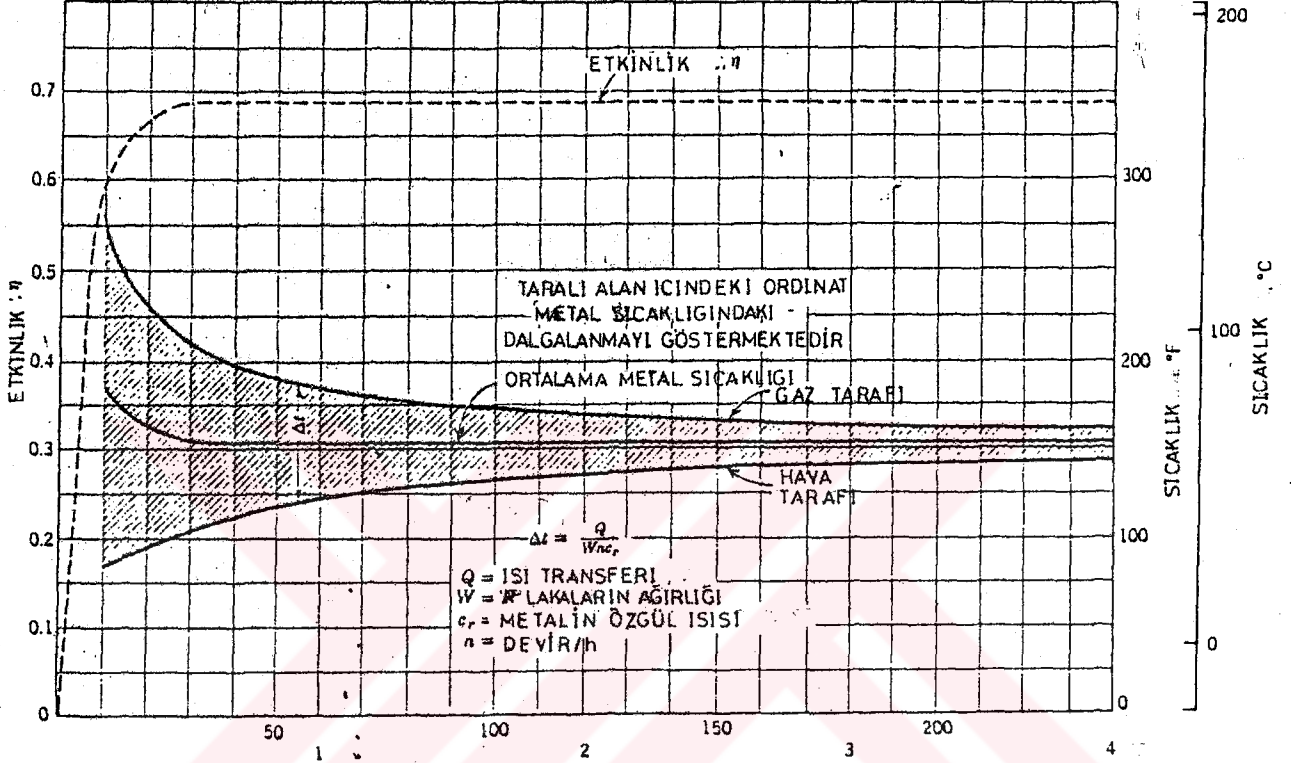
SEKİL 22 TURBULANS GELİSTİRİCİ DİAGONAL DALGALI MATRİS LEVHALARI



SEKİL 23 ŞEKİL 22 ÖNDEN ve ÜSTTEN GÖRÜNÜŞÜ

ROTOR KÜTLESİNİN ve HIZININ ETKİSİ

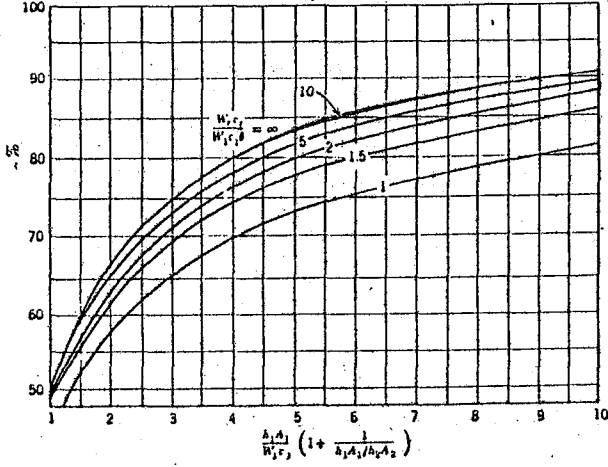
M Metal yüzeyin herhangi bir bölümündeki sıcaklık şekil 24'de gösterildiği gibi rotorun dönüşüyle dalgalanmaktadır. Sıcaklık değişimi rotor kütlesi ve hızı ile ters orantılıdır.



SEKİL 24 ROTOR HIZININ, ETKİNLİK ve SOĞUK HAVA GİRİŞ UCUNDAKİ YEREL METAL SICAKLIĞI ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

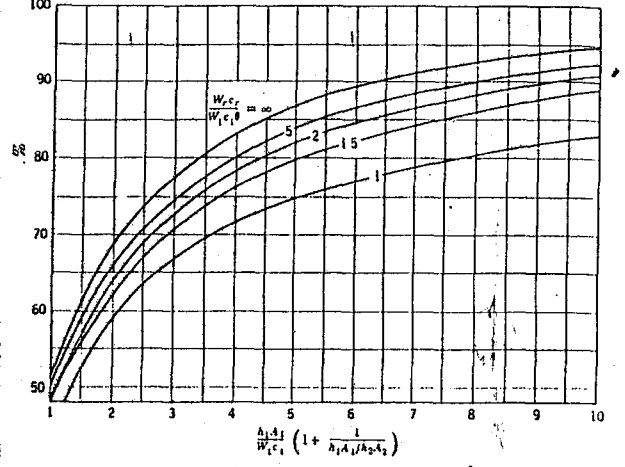
İncelemelerde rotor kütlesi ısıyı taşıyan üçüncü bir ortam gibi düşünülür. Analizlerde $W_r \times C_r / (W_2 \times C_2 \times \theta)$ parametresinin kullanılmasının uygun olacağı görülmüştür. Burada W_r rotor kütlesi, C_r rotor malzemesinin özgül ısısı, θ rotorun dönme periyodunu ifade etmektedir.

Bu parametrenin $W_2 \times C_2 / (W_1 \times C_1) = I$ ve 0.9 değerleri için rejeneratör etkinliği üzerindeki etkisi şekil 25 de gösterilmiştir. Eğrilerden görüleceği üzere iyi bir performans için $W_r \times C_r / (W_2 \times C_2 \times \theta)$ parametresinin 5 veya daha büyük olmalıdır. Bu hava ve diğer gazlar için yeterli bir şarttır.



$$W_1 C_1 / W_2 C_2 = 1.$$

SEKİL 25 ISI TRANSFER MATRİSİNİN, KÜTLESİNİN ve HIZININ ETKİNLİK ÜZERİNDEKİ ETKİSİ



$$W_1 C_1 / W_2 C_2 = 0.90$$

HAVA AKIMLARININ GEÇİŞ KİRLENMESİ

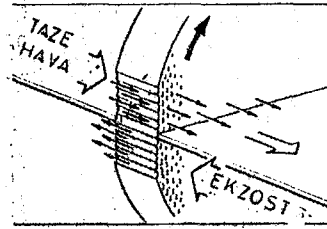
Ekzost ve taze hava akımlarının geçiş kirlenmesi veya birbirine karışması iki sebepten meydana gelen fiziksel bir süreçtir.

1- Carry-over (Taşma)

2- Leakage (Kaçak)

1- Carry-over (Taşma) :

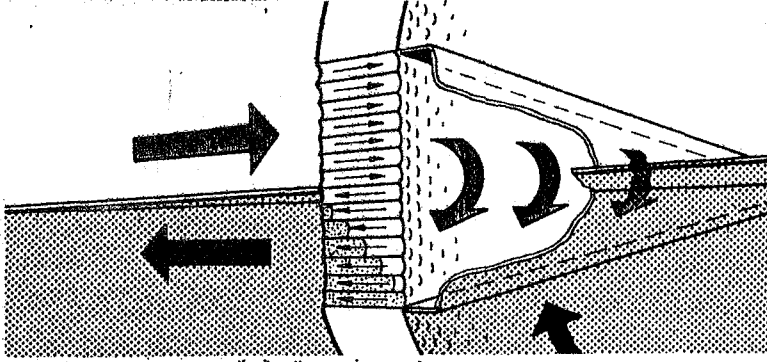
Ekzost hava akımının, ekzost ve taze havayı birbirinden ayıran, bölücü yüzeye çok yakın akan bölümü, teker pasajlarına girdiği zaman, bu pasajlardan çıkana kadar, rotorun bu bölümü taze hava akımına girmiş olabilir. Bu durumda ekzost havasının bir kısmı taze havaya taşınmış olur. Şekil 26



SEKİL 26 PURGE BÖLÜMÜ BULUNMAYA BİR ISI TEKERİNDE CARRY-OVER OLAYI

Taze havanın ekzost havasına taşması zararlı değildir. Bazı durumlarda ekzost havasının, taze havaya taşması is-

tenmeyebiliriz. Böyle bir durumda tekerin ekzost giriş tarafına ekzost ile taze hava akımının ayrıştıran kısma bir purge bölümü monte edilir (Şekil 27). Resirkülasyon havasının kullanıldığı tesisatlarda ekzost havasının taze havaya karışması büyük bir problem olmadığından purge bölümünü iptal etmek mümkündür.



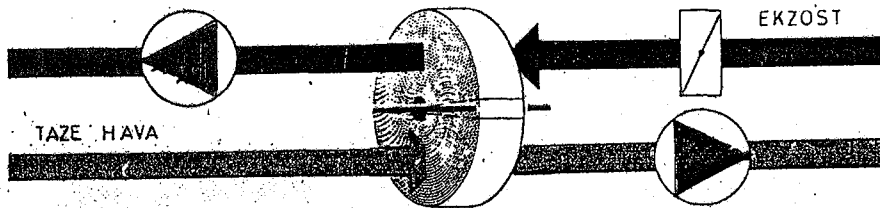
ŞEKİL 27 PURGE BÖLÜMÜ ve İŞLEVİ

2- Leakage (Kaçak) :

İki hava akımı arasında statik basınç farkından meydana gelen ve yüksek basınçlı havanın alçak basınçlı havaya karışmasıdır. Fırçalar dönel ısı değiştiricinin yüzeyine sıkıca bastırılmazlar. Bu sebeple bir miktar hava kaçak yapabilir. Ekzost havasının taze havaya karışmasının istenmediği durumlarda fanlar öyle yerleştirilmelidir ki doğru bir basınç dengesi oluşsun. Taze hava basıncı, tekerin her iki tarafındada, ekzost havası basıncından yüksek olmalıdır,

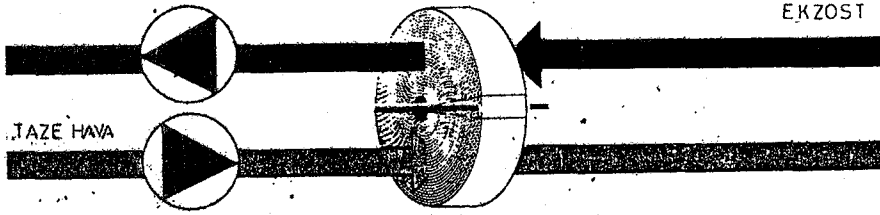
FAN YERLERİ

I - Her iki fanda rotorun geniş tarafında (Şekil 28 a). Böyle bir fan düzenlemesiyle taze hava tarafından ekzost hava akımına, doğru bir basınç düşüşü gerçekleştirilebilir. Gerekirse ekzost hava kanalının rotor girişi tarafına koyulacak bir damper vasıtası ile basınç düşümü ayarlanabilir.



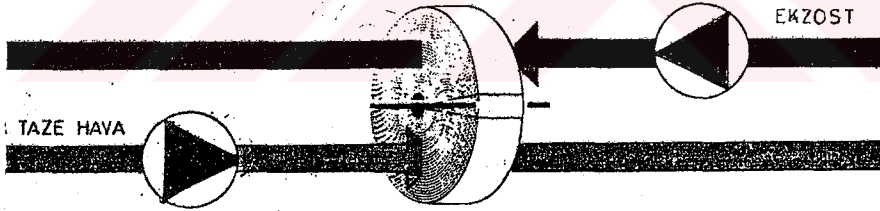
ŞEKİL 28 A

2 - Ekzost fanının rotorun emiş tarafında, taze hava fanının rotorun önünde olduğu fan düzenlemesi (Şekil 28 b). Ekzost havasının taze havaya taşma tehlikesi yoktur. Fan kapasitelerini gereksiz bir şekilde artıracak olan purge bölümünden geçecek olan hava miktarının çok fazla olmaması için çok yüksek basınç farklarından kaçınılmalıdır.



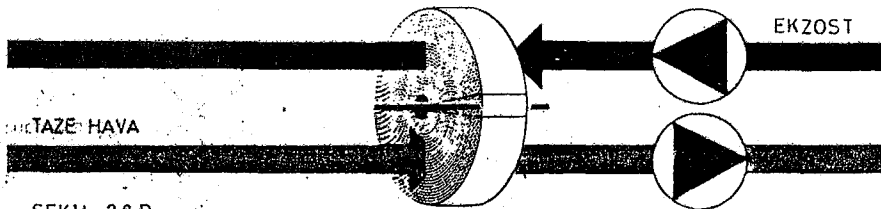
ŞEKİL 28 B

3 - Her iki fanında rotorun önünde bulunduğu fan düzenlemesi (Şekil 28 c). Purge bölümünün sağlıklı çalışabilmesi için, doğru basınç düşümünü sağlamak oldukça zordur. Bu tip fan düzenlemesi ile ancak resirkülasyon havası kullanıldığı durumlarda çalışılır.



ŞEKİL 28 C

4 - Ekzost fanının rotorun önünde, taze hava fanının rotorun emiş tarafında bulunduğu fan düzenlemesi (Şekil 28 d). Böyle bir fan düzenlemesi ile ancak bütün işletme şartlarında re sirkülasyon havasının kullanılması durumunda çalışılır.



ŞEKİL 28 D

DÖNEL ENERJİ GERİ KAZANIM EKİPMANININ KARŞILAYACAĞI HAVA DEBİSİ

I-Sabit Sirkülasyon Havallı HVAC Sistemleri

Hava akımının sadece bir kısmının dışarıdan alınan taze hava olduğu yerlerde dönel enerji geri kazanım ekipmanı sadece bu taze hava ve onun karşılığı ekzost havası için kurulur. Sirküle edilen hava miktarı, ekzost hava akımına göre, rotor önünde taze hava ile karışımı yapılır.

2-Değişken Sirkülasyon Havallı HVAC Sistemleri

Dış hava sıcaklığına bağlı olarak artan dışarıdan alınan taze hava akımı ile çalışan tesisatlarda dönel enerji geri kazanım ekipmanı dışarıdan alınan en küçük taze hava miktarı için dizayn edilir.

3-Çok Farklı Hava Akımlarıyla Çalışan HVAC Sistemleri

Eğer HVAC sisteminin ekzost ve taze hava akımlarının birbirine oranı %50'den farklı ise (Taze hava/ekzost=1.5), miktarı büyük olan taze havanın bir miktarının by-pass yapılması uygun görülür.

FAN KAPASİTELERİ

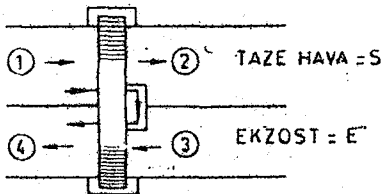
Fan kapasiteleri rotorun giriş veya çıkış yönünde olmalarına göre değişim gösterir.

S : Nominal besleme havası

E : Nominal ekzost havası

P : Purge Havası

L : Leakage (kaçak) havası



ŞEKİL 32

Taze Hava Fanı Kapasitesi :

1 noktasına yerleştirilirse, $Q = S + P + L$

2 noktasına yerleştirilirse, $Q = S$

Ekzost Fanı Kapasitesi :

3 noktasına yerleştirilirse, $Q = E$

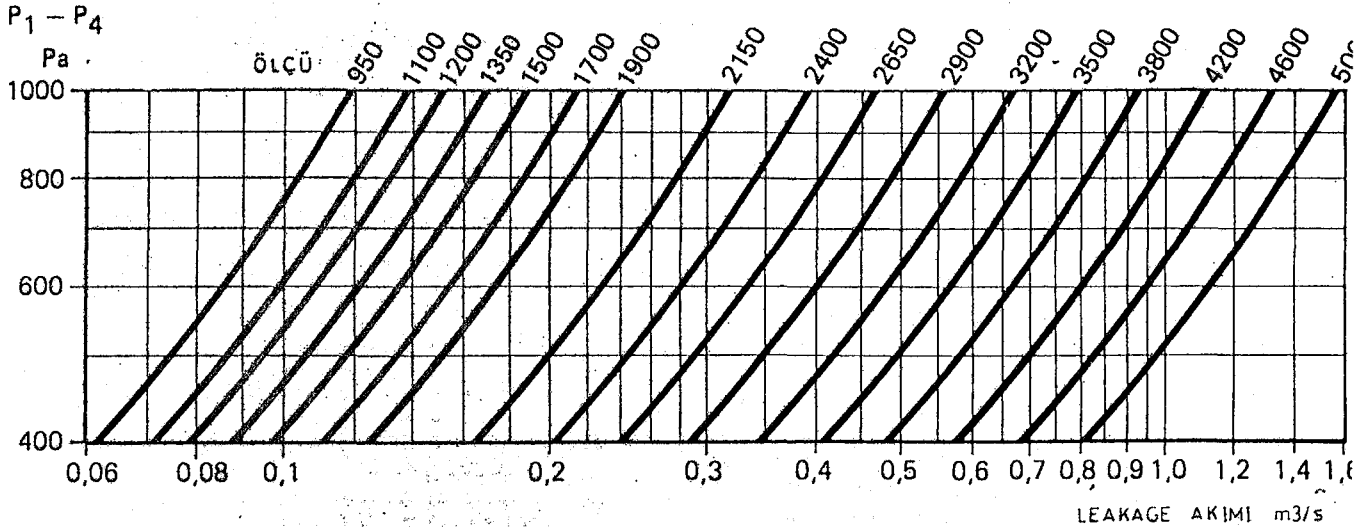
4 noktasına yerleştirilirse, $Q = E + P + L$

Purge debisinin bulunmasında her firmanın kendi ekipmana için geliştirdiği aşağıdaki gibi bir tablodan faydalanılır.

BASINÇ DÜŞÜŞÜ		PURGE AKIMI (% TAZE HAVA OLARAK) :	
$(P_1 - P_2)$ Pa	$(P_1 - P_4)$ Pa	EKİPMAN KODU	EKİPMAN KODU
100	200	2,9	
100	400	5,4	
100	600	7,8	
150	200	2,0	2,2
150	400	3,8	3,8
150	600	5,4	5,2
200	200	1,5	1,6
200	400	2,9	2,9
200	600	4,1	4,0
250	200	1,2	1,8
250	400	2,3	2,4
250	600	3,3	3,3
300	200		1,1
300	400		2,1
300	600		2,9

PURGE DEBİSİ

Leakage debisi her firmanın kendi cihaz ölçülerine göre düzenlediği Şekil 33'deki gibi diyagramlardan bulunabilir.



ŞEKİL 33 LEAKAGE (KAÇAK) HAVASI DEBİSİ

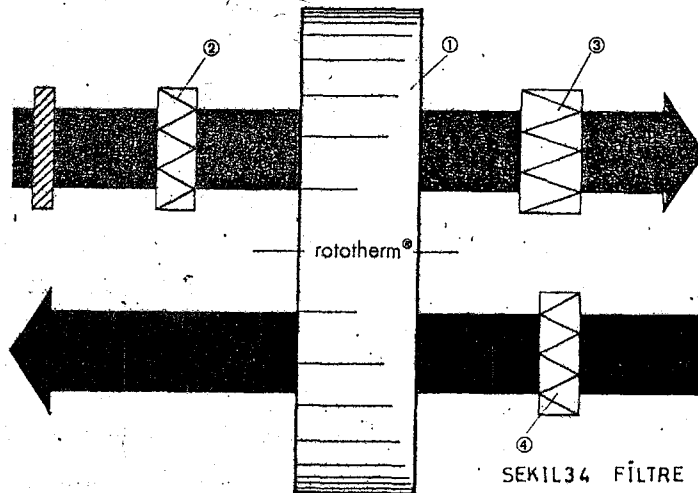
FİLTRASYON

İsa depolama matrisinin büyük bir bölümünün boşluklu olması ve ekzost ve taze hava akımlarının ters akmasından dolayı matrisin kendi kendini temizleme etkisinin yüksek olmasından dolayı en sivri, kuru ve hareketsiz kir partikülleri bile matristen, problemsiz olarak, rahatlıkla geçerler. Böylede olsa gerek eşanjöre giren partikül konsantrasyonunu azaltmak gerekse temizleme aralığını artırmak için ekzost ve taze hava kanalına filtre konması tavsiye edilir. Özellikle ekzost havasındaki kir partikülleri yağlı yapışkan, lifli ise veya yoğun ise ekzost filtresi büyük önem kazanır. Taze hava filtresi ise böcek, yaprak veya diğer yabancı partiküllerin tutulmasında faydalıdır. Matris yüzeyleri en az yılda bir kere kontrol edilmelidir.

Hastane, okul, yönetici kadroların bulunduğu binalar gibi düşük kirli ekzost havasının beklendiği yerlerde ekzost kanalındaki filtre (4) iptal edilebilir. Şekil 34

Normal taze hava şartları altında taze hava giriş kanalındaki filtre (2) 'ye gerek yoktur. Şekil 34

Matris çıkışına, sisteme bağlanan cihazların gerektiği taze hava kalitesini sağlamak için, filtre koyulabilir. Böyle bir filtre besleme havasının yoğun bir şekilde toz içermesi durumunda özellikle tavsiye edilir.



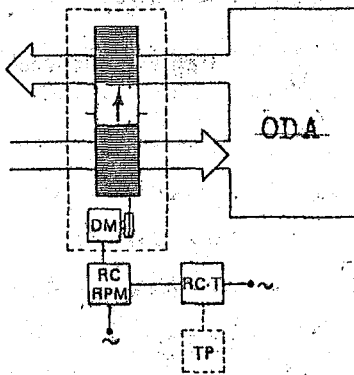
OTOMATİK KONTROL

Enerji değıştirci kontrolü, belirli şartlardaki taze havayı sağlamak üzere, geri kazanılan enerji miktarının regülasyonunu gerçekleştirmektedir. Çoğu ısı tekeri değışen geri kazanım şartları altında çalıştığından dolayı kontroll sistemleri esnek olmalıdır. Çoğu havalandırma sistemleri ekstrem dış dizayn şartları altında, istenilen şartlardaki besleme havasını vermek üzere incelenir. ve bu nedenle sistemin çalışma süresinin çoğunda geri kazanılan enerjinin modülasyonunu gerektirir.

Teker enerji geiri kazanım miktarını regüle etmek için iki yöntem vardır.

1- Taze hava kontrolü by-pass ile geçer, taze hava sıcaklığı tekerden geçmesine izin verirken taze hava miktarı ile kabul edilir. Tekerleğin taze hava çıkış sıcaklığını hissedebilir bir sensör ile kontrol edilen bir damper, açılıp kapanarak, daha fazla veya az taze havanın tekerleğin çevresinden by-pass yapmasını sağlar.

2- Tekerlek dönme hızı değıştirilerek kazanılan enerji miktarı ayarlanır. Tekerlek dönme hızı on-off ve a kademe siz olarak değıştirilebilir. On-off kontrolde etkinlik derecesi ya sıfırdır veya en yüksek değerdedir. Kademesiz kontrolde ise teker hızı sıfır değerinden en yüksek değerine kadar kademesiz olarak değıştirilebilir. Etkinlik değeri şekil 19'daki gibi değışir ve çok dikkatli bir kontrol gerektirir .



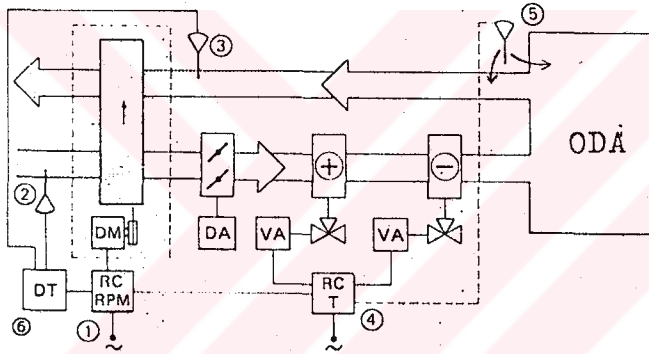
RC RPM	= Hız kontrolörü
RC T	= Sıcaklık Kontrolörü
DM	= Tahrik motoru
VA	= Motorlu vana
DA	= Damper Motoru
TT	= Sıcaklık Sensörü
TP	= Oransal Termostat

SEKİL 35 TEKER HIZ KONTROLÜ

Isı ve Soğu Geri Kazanımı :

Yaz kontrolünde, 5 nolu sıcaklık sensörü, sıcaklıkta ki bir azalmayı hissederek önce soğutma kapasitesini düşüren 4 nolu kontrol ünitesi vasıtasıyla, oda sıcaklığını tutar. Eğer 2 nolu sensör 3 nolu sensörden daha yüksek bir sıcaklık hissederse teker en yüksek hızla dönmeye başlar, (Şekil 36)

Eğer sistemde soğutma yapılmıyorsa ve sıcaklık düşmeye devam ediyorsa teker harekete geçer ve hızı sıcaklık düşüşü kadar artar. Eğer teker en yüksek hızına ulaşması na rağmen ısıtma gücü artışı gerekiyorsa ısıtma bataryası çalışır. (Şekil 36)

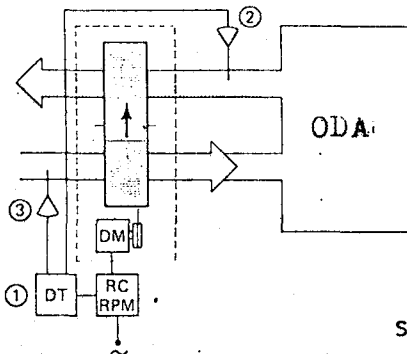


- | | |
|----------------------|--------------------------------|
| 1 - Hız Kontrolörü | 4 - Çeşitli Kontrol Elemanları |
| 2 - Sıcaklık Sensörü | 5 - Sıcaklık Sensörü |
| 3 - Sıcaklık Sensörü | 6 - Diferansiyel Termastat |

SEKİL 36 ISI VE SOĞU GERİ KAZANIM KONTROL DEVRESİ

Max. Hızda Soğu Geri Kazanımı :

Eğer dış hava sıcaklığı ekzost sıcaklığından daha yüksekse, * eşanjör max. devir hızıyla döner (Şekil 37)

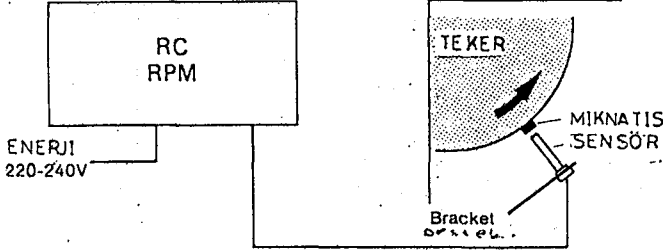


- | |
|--------------------------|
| 1 DIFERANSİYEL TERMOSTAT |
| 2 SICAKLIK SENSÖRÜ |
| 3 SICAKLIK SENSÖRÜ |

SEKİL 37 MAX. HIZDA SOĞU GERİ KAZANIM DEVRESİ

Teker Hızı Kontrolü :

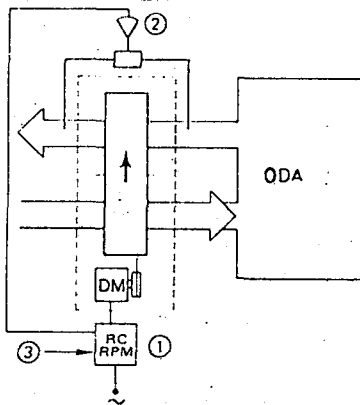
Dönel ısı değıştiricilerinde,teker hızını kontrol etmek üzere bir hız kontrolörü kullanılabilir.Bu kontrol cihazı teker hızını kontrol ederek,eğer teker hızı otomatik sıcaklık kontrol sistemi tarafından ayarlanan hız ile aynı değil ise sinyal verebilir.(şekil 38)



ŞEKİL 38 TEKER HIZI KONTROL DEVRESİ

Don Kontrol Devresi :

Dönel ısı değıştiricilerde çok düşük dış hava sıcaklıklarında ve yüksek nemli eksost havası . . işletmelerinde teker içersinde meydana gelebilecek don olayını göstermek üzere bir don kontrol devresi kurulabilir (şekil 39).Eğer basınç düşüşü 2 nolu diferansiyel basınç anahtarı üzerinde ayarlanan değeri aşarsa ve teker,devri değışebilir bir motorla tahrik ediliyorsa teker hızı 0.5 devir/dakikaya düşürülür.Eğer teker sabit devirli bir motorla tahrik ediliyorsa ya bir miktar hava teker etrafından by-pass ettirilir veya taze hava fanı durdurularak defrost ettirilir.Diferansiyel basınç anahtarı ne zaman damperin açılacağını ne zaman taze hava fanı durdurulacağını ayarlar.

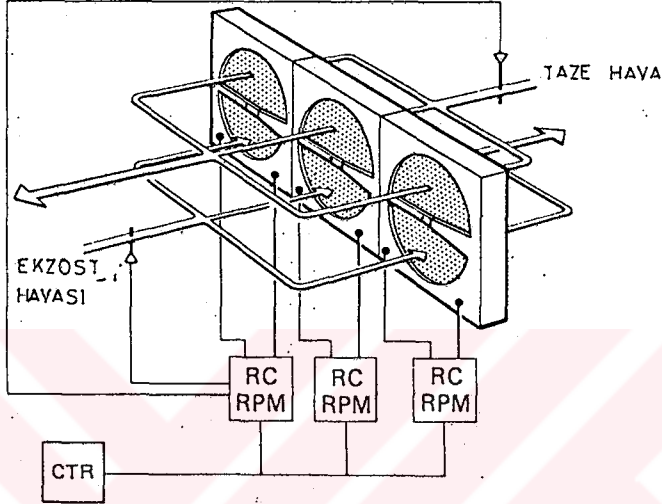


- 1 HIZ KONTROL ELEMANI
- 2 DIFERANSİYEL BASINÇ ANAHTARI
- 3 KONTROL SİNYALI

ŞEKİL 39 DON KONTROL DEVRESİ

Paralel Bağlantı Devresi :

Eğer bir havalandırma tesisatına birden fazla dönel enerji geri kazanım ekipmanı bağlanmışsa (paralel olarak) bu durumda her tekerin ayrı bir hız kontrol elemanı olmalı ve hepsi aynı anda kontrol edilmelidir. Fakat yine de kontrol üniteleri ve sıcaklık hissedicileri sadece tek bir hız kontrolü ünitesine bağlanabilir. (Şekil 40)

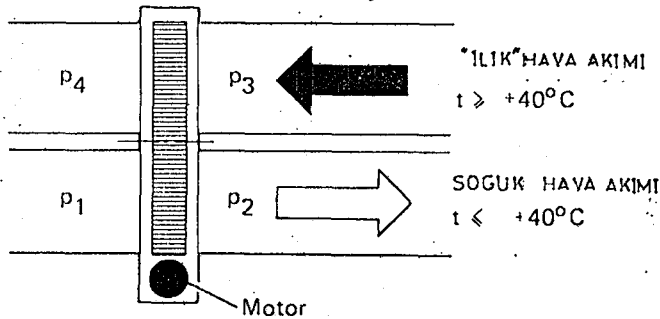


CTR = KONTROL ELEMANI

SEKIL40 PARALEL BAĞLANTI DEVRESİ

Tahrik Motoru İçin Hava Akımları Sıcaklık Sınırları :

Tahrik motorunun gövde içinde montaj edildiği bölümde etkili bir şekilde soğutulmasının sağlanabilmesi için hava akımlarının sıcaklığı 40°C 'in üzerinde olmamalıdır. Eğer ekzost veya taze hava akımlarından birinin sıcaklığı 40°C 'in üzerinde ise ısı eşanjörü öyle tesisedilmelidir ki kaçak hava akımı soğuktan sıcaklığa doğru olsun. Bu ise $P1 > P4$ ve $P2 > P3$ şartının sağlanması ile elde edilebilir (Şekil 41).



ŞEKİL 41

Eğer hava akımlarının her ikisinde 40°C 'tan daha sıcak iseler motor ya ayrı bir fan ile soğutulur veya gövde dışına yerleştirilir.

UYGULAMA ALANINA GÖRE ROTOR MALZEMESİ SEÇİMİ

Isı transfer ortamı (rotor malzemesi) Alüminyum veya Alüminyum alaşımından imal edilmiş ısı tekerlerinin uygulama yerine göre malzeme seçimi aşağıdaki tablodan yapılabilmekle beraber imalatçı firmalarla bağlantı kurulmalıdır.

(Tablo I ve Tablo 2)

Isı Transferi	Rotor Malzemesi	Sıcaklık Alanı	Uygulama Alanı
Higroskopik	Alüminyum	75°C	Korozyon tehlikesi olmayan, konfor sınıfı atmosferler.
Higroskopik Olmayan	Alüminyum	75°C	İçinde çözücü ve/veya kuru toz partikülü bulunan ekzost havası. Korozyon riski bulunmayan atm.
Higroskopik Olmayan	Alüminyum Alaşımı	75°C	Çözücü ve/veya kuru toz ihtiva eden ekzost havası. Az miktarda korozyon tehlikesi olan endüstriyel alanlar
Higroskopik	Alüminyum Alaşımı	75°C	Korozyon tehlikesi olmayan konfor sınıfı binalar

Tablo I

DÖNEL ENERJİ GERİ KAZANMA EKİPMANI SEÇİMİ

Yukarıdaki tablo I ve tablo 2 vasıtasıyla ısı tekerinin çalışacağı ortama ve ekzost hava akımına uygun olarak teker malzemesi seçimi yapıldıktan sonra uygun seçimi için şu üç sorunun karşılığı bilinmelidir:

ROTOR MALZEMESİ			ALÜMİNYUM		AL. ALAŞIMI	
MALZEME KALINLIĞI			50 µm	50 µm	80 µm	100 µm
ROTOR CİNSİ			H	NH	H	NH
UYGULAMA ALANLARI	İKLİM BÖLGESİ	DENİZ KİYİSİ	N	N	N	N
		İÇ BÖLGELER	R	R	R	R
	ÇEVRE	AĞIR ENDÜSTRİ	N	N	N	R
		ENDÜSTRİ	A	A	A	R
		ŞEHİR MERKEZİ	A	A	R	R
		ŞEHİR DIŞI	R	R	R	R
	HAVA SICAKLIĞI	200 C	N	N	N	N
		150 C	N	N	N	N
		130 C	N	N	R	R
		75 C	R	R	O	O
	GERİ KAZANIM	NEM ve SICAKLIK GERİ KAZANIMI	R	N	R	N
		SICAKLIK GERİ KAZANIMI	O	R	O	R

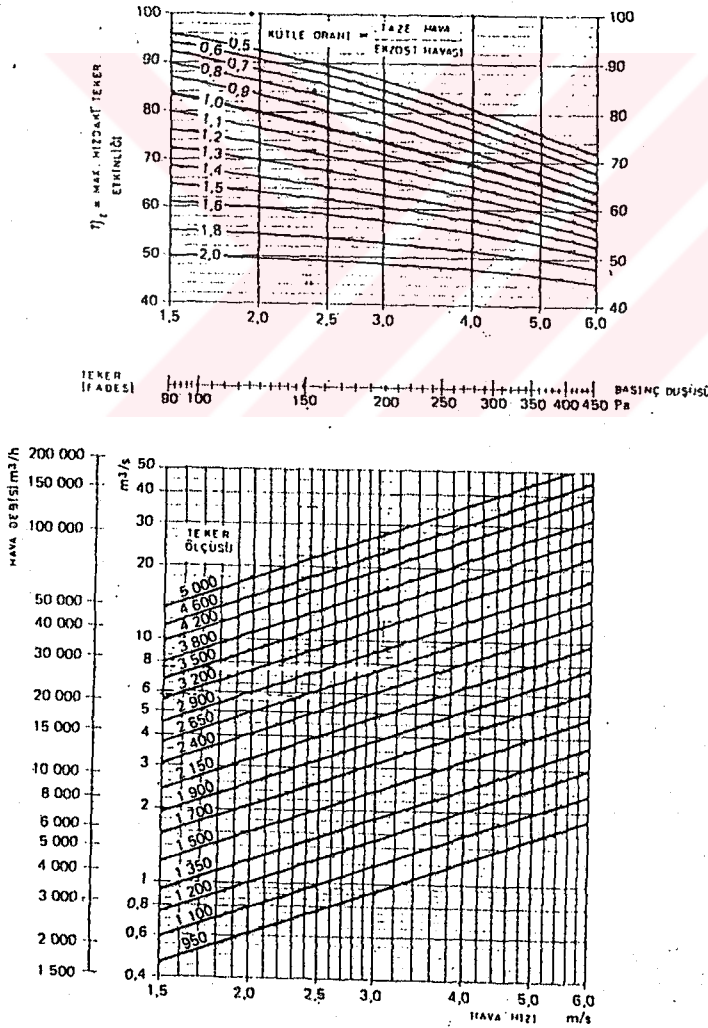
Tablo 2

- 1 - Tekerden geçecek taze hava debisi,
2 - Matris yüzeyindeki hava hızı,
3 - Taze hava kütlesi/ekzost havası kütlesi oranı

Tekerden taze hava debisi ve taze hava kütlesi/ekzost havası kütlesi oranı tekerin kullanılacağı yer için literatürlerden alınacak donelerle yapılacak hesaplar sonucunda tespit edilir. Matris yüzeyindeki hava hızı performans

bölümündede belirtildiği gibi 2.5 m/s ile 4 m/s arasında alınabilir.

Bu değerlerden taze hava debisi ve matris yüzeyindeki hava hızı şekil 42'deki diyagramın I nolu (alttaki) bölümünde sırasıyla düşey ve yatay eksenlere işaretlenirler. Bu iki değerın kesiştiği noktadan geçen eğimli doğrular (rotor ölçüleri) cihazı tayin eder. Bu noktadan diyagramın 2 nolu bölümüne düşey bir doğru çizilerek bu bölümde keseceği taze hava kütlesi/ekzost havası kütlesi oranı eğrisinden sağa veya sola çizilecek yatay doğru ile bu tekerin max. devirde ulaşacağı etkinlik bulunur. Bu değer higroskopik tekerlerde hem duyulur hemde gizli ısı etkinliğidir; higroskopik olmayan tekerlerde ise sadece duyulur ısı etkinliğidir.



SEKİL 42 TEKER ETKİNLİK DİYAGRAMI

Yukarıya çıkılan dikmenin bu iki bölüm arasında çizilen bu cihazlara ait basınç düşüşü doğrusunu kestiği nokta, bu tekerdeki, bu hava hızı için, basınç düşümünü verir.

Matris yüzeyindeki hava hızı için 2.5 - 4 m/s arasında birkaç farklı değere göre birkaç cihaz ölçüsüne tabiki etkinlik değeri bulunarak bu cihazlardan, yapılan hesaplar sonucu, optimum değeri veren cihaz tesisata uygulanır. (Örnekler bölümünü inceleyiniz)

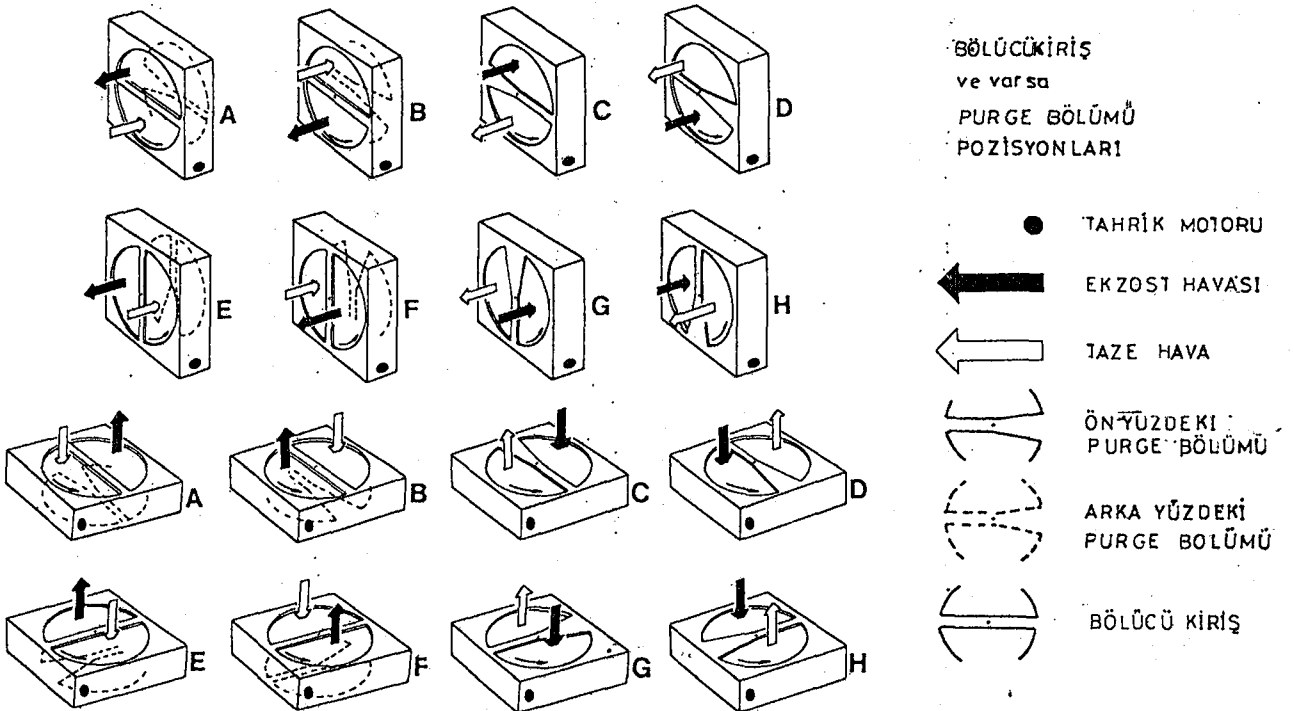
Burada örnek olarak 5000 m³/h taze hava debisi ve kütle oranı I olan bir tesisatı incelersek;

1 - 2.72 m/s için I200, 3.6 m/s için II00 mm çaplı cihazlar seçilir.

2 - 2.72 m/s için %74 etkinlik ve 185 Pa basınç düşüşü ve 3.60 m/s için %71 etkinlik ve 245 Pa basınç düşüşü bulunur.

ISI TEKERİNİN TESİS EDİLMESİ

Dönel enerji geri kazanım ekipmanları hava işleme ünitesine, kanal sistemine veya makina dairesine yatay veya dikey olarak tesis edilebilirler (Şekil 43). Fakat ısı eşanjörü düzgün bir destek yüzeyine monte edilmeliler.



ŞEKİL 43 DÖNEL ENERJİ GERİ KAZANIM EKİPMANININ TESİS EDİLMESİ

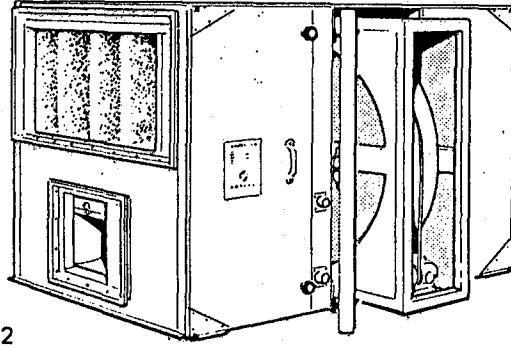
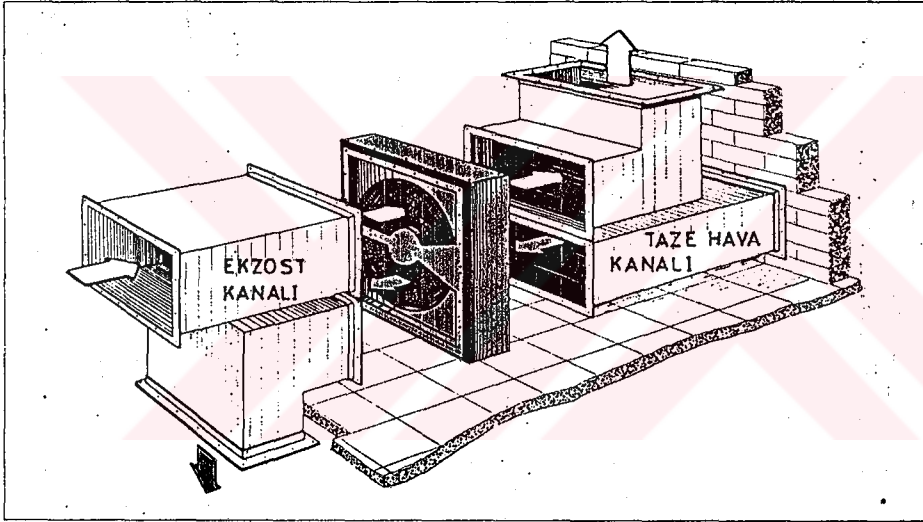


Fig. 42

SEKİL 44 ISI TEKERİNİN KLMA SANTRALİNE
UYGULANMASI



SEKİL 45 ISI TEKERİNİN KANAL TESİSATINA
UYGULANMASI

BAKIM

Dönel enerji geri kazanım ekipmanları normalde en az bakımla çalışan ekipmanlardır. Fakat yinede en iyi perfor - mansı alabilmek için aşağıdaki önlemlere dikkat edilmeli:

I. - Ekzost hava akımında lifli katı partiküller, toz veya diğer yabancı kirletici partiküllerin bulunması durumunda ısı depolama matrisinin temizlenmesi gerekebilir. Herhangi bir tip için uygun olan bir temizleme yöntemi diğer bir

tip için uygun olmaya bilir.Örneğin toplam ısı tekerinin yüzeyi sıvı bir kurutucu ile kaplanmış olabilir ve bu yüzden ıslatılmamaları gerekebilir.Budurumda teker yüzeyinde vakum oluşturulmasıyla veya teker pasajlarına basınçlı hava üflenmesi ile temizlenebilir.

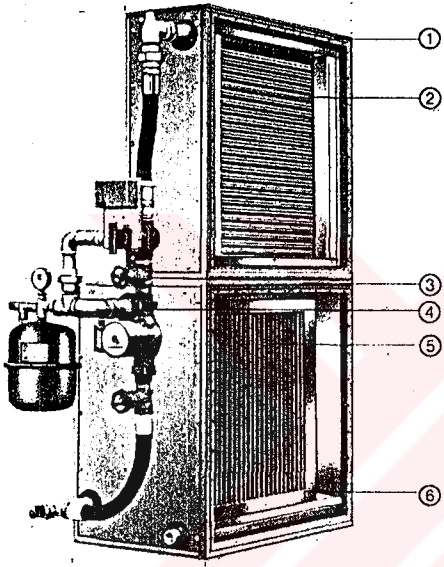
2 - Tahrik motorunun periyodik olarak bakımı yapılmalıdır.

3 - Yedek parça veya parçaların yerine ikinci kez takılması sırasında imalatçıların tavsiyelerine uyulmalıdır.

5 - 2) BATARYALI ENERJİ GERİ KAZANIM DEVRELİRİ

GENEL BİLGİLER :

Bataryalı enerji geri kazanım devreleri bina veya prosesin egzost ve taze hava akımlarına yerleştirilmiş kanatlı borulu su bataryalarından yararlanan bir sistemdir . Bataryalar birbirlerine ters akımlı olarak düzenlenmiş bir boru devresi ile bağlıdır.Bataryalarda ve boru devresinde su veya donmayan bir çözelti,ısı transfer ortamı olarak pompalanır.Şekil 46



- 1- Gövde
- 2- Taze hava eşanjörü
- 3- Egzost havası eşanjörü
- 4- Komple Boru tesisatı
- 5- Nem tutucu
- 6- Drenaj tavası

SEKİL 46 BATARYALI ENERJİ GERİ KAZANIM DEVRESİ

Bu sistem sıcak hava akımında soğuk hava akımına enerji transferini kabul eder.Tipik konfordan konfora uygulamalarında bu sistem,mevsime göre,tersine çevrilir. Böyle bir sistem genelde duyulur ısı geri kazanımı için kullanılır,

Egzost kondensatının donmasını önlemek için ölçümler yapılmalıdır.Egzost bataryası üzerinde don teşekkülünü önlemek için kullanılan üç yollu sıcaklık kontrol vanasının iki amacı vardır.

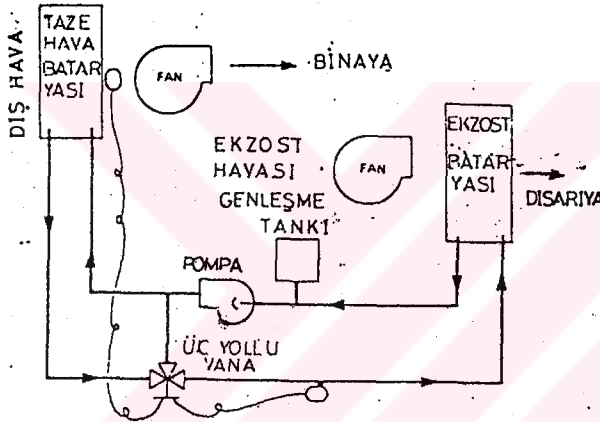
I- Vana Egzost bataryasına giren çözelti sıcaklığını $^{\circ}\text{C}$ 'ın altına düşürmeksizin giriş çözeltisi sıcaklığını sağlamak üzere kontrol edilir.Bu,çözeltinin bir miktarının taze ha-

va bataryasından by-pass edilmesi ile sağlanır.

2- Vana geri kazanılan enerjinin sınırlandırılması gerektiği uygulamalarda taze hava çıkışındaki hava sıcaklığının belirtilen değeri aşmamasını sağlar.

SİSTEMİN DÜZENLENMESİ

Bataryalı enerji geri kazanım devreleri oldukça esnek ve bu özelliği sistemi endüstriyel uygulamalar için oldukça uygun kılar. Bu sistem birbirinden uzağa yerleştirilmiş ekzost ve taze hava kanallarını bağdaştırma imkanı vermesi gibi aynı anda birde fazla ekzost ve taze hava akımlarından enerji geri kazanımında mümkün kılar. Şekil 47 bu sistemin temel bir düzenlemesini göstermektedir.



SEKİL 47 BATARYALI ENERJİ GERİ KAZANIM DEVRESİ DÜZENLEMESİ

Sistemde ki genleşme tankına şu sebeplerden ihtiyaç duyulmaktadır.

- 1- Ne zaman olursa olsun sıvı sıcaklığı ilk doldurulma sıcaklığından düşük dahi olsa sistemin dolu olmasını sağlar.
- 2- Hacımsal genleşmelere karşı birtank görevi görür.
- 3- Devrede etilen glikol dolaştığı zaman oksidasyonu ve sonrası korozyonu önler.

Standart kanatlı borulu su bataryaları kullanılır. Gerçek basınç düşüşünü hesaplamak için imalatçı eğrilerine başvurulmalıdır. Batarya yüzeylerinde hava hızı 1.5 ile 3 m/s arasında olmalıdır. Daha düşük hızlar ilk yatırımı daha yüksek hızlar işletme maliyetini artırır.

ETKİNLİK

Bataryalı ısı geri kazanım devresi esasen bir ısıtma cihazıdır. Böyle bir sistem, nem transferi gerçekleştirime - diğinden sadece duyulur ısı geri kazanımı için kullanılırlar.

Çoğu uygulamalarda taze hava sıcaklığı, iki hava akımı arasındaki sıcaklık farkının % 60-65'i kadarıyla yükseltilebilir. Ekzost havasının miktarı taze hava miktarını aştığı ve/veya ekzost havasının yüksek bir nem seviyesine sahip olduğu uygulamalarda, taze hava sıcaklığı, iki hava akımı arasındaki sıcaklık farkının %85'e ulaşan değeriyle artırılır.

Bataryalı enerji geri kazanım devresinin etkinliği çok dikkatlice analiz edilmelidir. Etkinlik her zaman enerji tasarrufunun gerçek değerini vermez. Sistem dizaynı ekonomik değer yönünden yapıldığı zaman, en iyi dizayn en büyük net tasarrufa sahip olanıdır. En büyük verimlilik demek dış dış hava sıcaklığını, ısıtma ve soğutma yükünü, sistemin işletme maliyetlerini, işletme süresini, coğrafik yerleşimini ve sistemin kapasite programını hesaba katarak en doğru şekilde hesaplanmış ve seçilmiş en büyük net kazanç ile aynı anlama gelmemektedir. İmalatçıların böyle bir dizayn analizini sağlamak üzere gelişen tecrübeleri ile hazırladıkları bilgisayar programı mevcuttur.

Genellikle bataryalı enerji geri kazanım devreleri dış havası sıcaklığı aralığında sabit bir duyulur ısı etkinliğine sahiptir. Kapasite kontrol edildiği zaman kapasite azalır.

BATARYA MALZEMELERİ

Bataryalı enerji geri kazanım devreleri, maruz kaldıkları işletme ^{ve} çevre şartlarına uyacak şekilde konstrüksiyonu sağlanmış bataryaların birleştirilmesine imkan verir. Tipik konfordan konfora uygulamalarında standart batarya konstrüksiyonları yeterli gelmektedir. Prosesten prose ve prosesten konfora uygulamalarında yüksek sıcaklık,

yoğuşma, koroziyonların ve batarya(lar) üzerindeki kirleticilerin etkilerinin incelenmesi gerekmektedir.

Yüksek sıcaklıklarda kanat boru birleşim kesitinin sürekliliğinin bulunması gereklidir. Yoğuşma ve diğer olumsuz şartlar özel batarya konstrüksiyonu ve/veya kaplama gerektirmektedirler.

HAVA AKIMLARININ GEÇİŞ KİRLENMESİ

Hava akımları birbirlerinden tamamen ayrılmış olduklarından ekzost ve taze hava akımları arasında ki muhtelif bir geçiş kirlenmesi tamamen giderilmiştir.

BAKIM

Bataryalı enerji geri kazanım devreleri normalde çok az bakım gerektiren sistemlerdir. Hareketli parçaları sadece sirkülasyon pompası ve üç yollu kontrol vanasıdır. Yine de optimum işletme için aşağıdaki maddeler incelenmelidir. Hava filtresi, yüzeylerin temizliği, pompa ve vanaların periyodik bakımı. Enerji geri kazanım bataryaları, aynı şartlar altında çalışan nemlendiricinin gerektireceği filtrasyonu gerektirir.

Bataryalar buhar, basınçlı hava, sıcak sabunlu su veya uygun bir çözelti kullanılarak temizlenebilirler. Eğer sık sık temizlemek gerekiyorsa otomatik yıkama sistemi kurulabilir.

Boru devresinde normalde antifriz olarak etilenglikol çözeltisi kullanılır. 135°C 'tan yüksek sıcaklıklarda etilenglikol kullanılmamalıdır. Bu sıcaklığın üzerinde etilenglikolün yapısı bozularak asidik çamura dönüşür. Eğer antifriz kullanmak şart ise ve ekzost havası sıcaklığı 135°C 'ın üzerinde ise susuz sentetik ısı transfer akışkanları kullanılabilir. Isı transfer sıvısı üreticileri ile onların tavsiyeleri için bağlantı kurulmalıdır.

5 - 3) PLAKALI EŞANJÖRLER

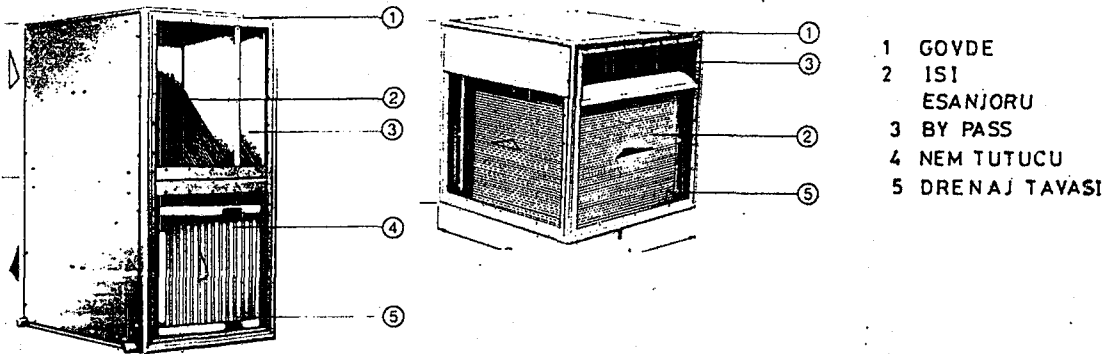
GENEL BİLGİLER

Plakalı havadan havaya enerji geri kazanım eşanjörleri kabaca iki grupta toplanabilir.

- 1- Yalın yüzeyli plakalı eşanjörler,
- 2- Kanatlı yüzeyli plakalı eşanjörler,

Yalın yüzeyli plakalı eşanjörler genelde ters akımlı olarak dizayn edilirler. Kanatlı yüzeyli plakalı eşanjörler karşılıklı yüzeyler arasına yerleştirilen kanatlardan meydana gelir ve bazen ters akıma yaklaşmak için ayarlanmış bağlantılarla çarpaz akımlı olarak dizayn edilirler. Ters akım maksimum ısı transferi için en büyük sıcaklık farkını sağlar. Fakat çarpaz akım bazen daha uygun hava bağlantısı imkanı sağlar. Plakalı eşanjörler, sıcaklığın diğer tarafta akan hava akımında yoğunlaşma görülebilecek kadar düşük olduğu durumlar hariç, sadece duyulur ısıyı transfer ederler.

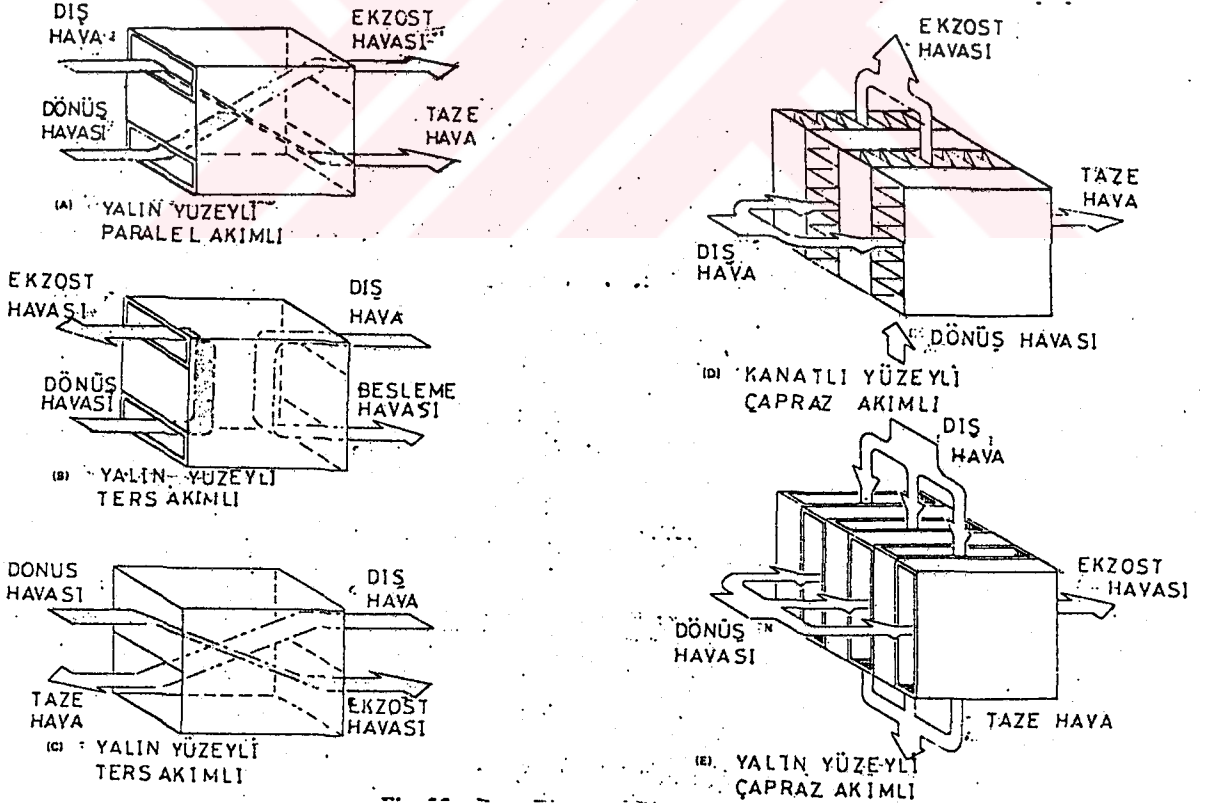
Plakalı ısı değiştiriciler tasarlanırlarken ve üretilirken özel dikkat gösterildiği takdirde iki hava akımı arasında kaçak olmayan statik cihazlardır. Su veya başka başka bir ısı taşıyıcı ortam olmadığından sıcaklık aralığı en kaba olan enerji geri kazanım ekipmanlarıdır.



ŞEKİL 48 PLAKALI EŞANJÖR

DİZAYN ÇALIŞMALARI

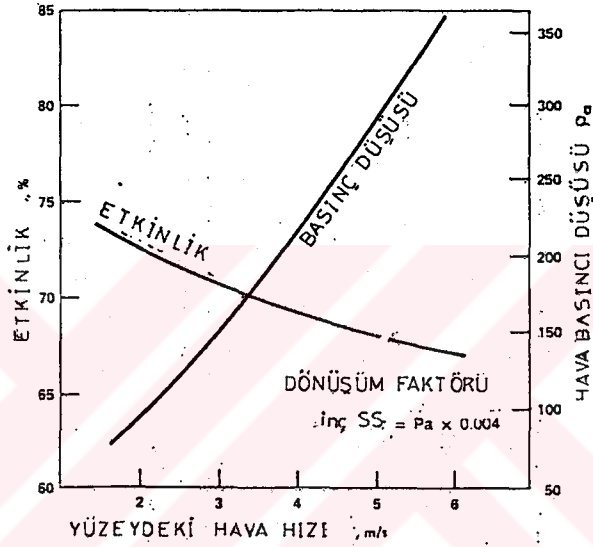
Plakalı eşanjörlerin çoğu imalatçı firmaların özel imalatıdır. Bu cihazlar ağırlık, boyut, akış geçitleri yönünden imalatçıya bağlıdır (Şekil 49). Çoğu modüler formda imal edilirler. Çünkü hemen hemen her hava akımı ve basınç düşüşü isteğine göre modül ilavesiyle eşanjör elde edilebilir. Genelde boyutları 0.5 m³/s ve 375 ile 125 Pa için 0.2 ile 0.5 m³ arasında tahmin edilir. 80-400 kanat/m olan kanatlı yüzeyli plakalı eşanjörler mevcuttur. En yaygın konstrüksiyon malzemesi Alüminyumdur. Bunun sebebi bu malzemenin kondüksiyon ısı iletiminin yüksek olması değil daha ziyade korozyon direnci ve diğer malzemelere göre olanışlenme kolaylığı üstünlüğüdür. Bağlı inceliğinden dolayı malzemenin kondüksiyon ısı iletiminin düz yüzeyli plakalı eşanjörlerin etkinliği üzerinde ihmal edilebilir. bir etkisi vardır. Bu nedenle bu eşanjörler 870°C'a kadar çeşitli çelik alaşımlarından imal edilebilirler.



SEKİL 49 PLAKALI EŞANJÖRLER

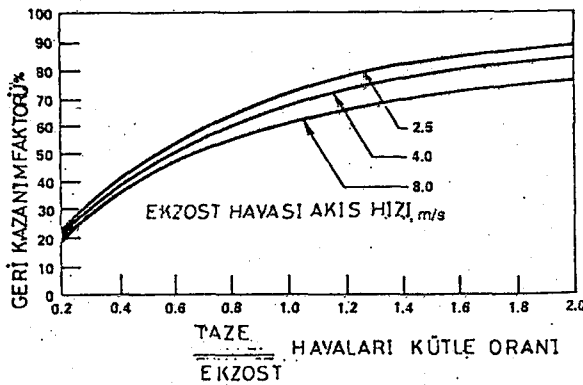
PERFORMANS.

Plakalı ısı eşanjörleri sadece birincil yüzeylerden meydana geldiğinden yüksek duyulur ısı geri kazanım etkinliğine ulaşırlar. Bu sebeplede ısı transfer kapasitelerini artırmak için kanat etkinliğine bağlı değildirler. Şekil 50'de plakalı eşanjörler için tipik bir etkinlik eğrisi verilmiştir. İkincil bir ısı transfer ortamı olmadığından plakalı eşanjörlerin etkinliği, işletme sıcaklığından bağımsızdır.



ŞEKİL 50 SABİT PLAKALI EŞANJÖRLER İÇİN
TİPİK ETKİNLİK ve BASINÇ DÜŞÜŞÜ

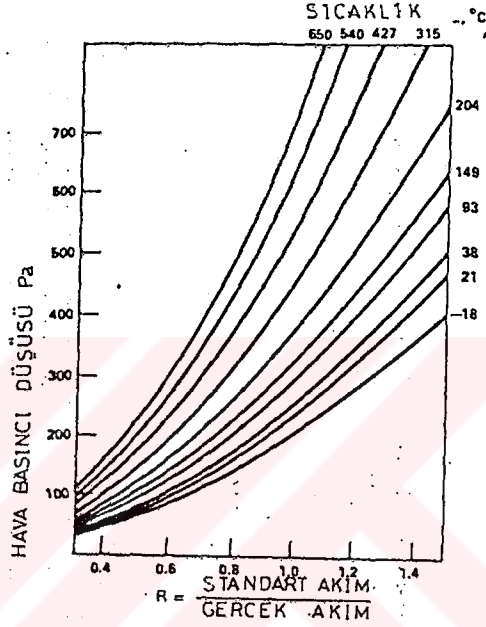
Bütün havadan havaya enerji değiştiricilerinde olduğu gibi plakalı eşanjörlerle atık gaz akımından taşınan enerjinin verimliliği Şekil 51'de gösterildiği gibi büyük oranda giriş ve çıkış hava akımları oranına bağlıdır.



ŞEKİL 51 DENGELENMİŞ AKIM İÇİN
GERİ KAZANIM FAKTÖRÜ

BASINÇ DÜŞÜŞÜ

Belirli bir dizayndaki plakalı ısı değıştiricide basınç düşüşü esasen gaz sıcaklığının ve akan kütle miktarının bir fonksiyonudur. Şekil 52 boyutsuz bir akış parametresi olan R faktörüne bağılı olarak tipik bir bağıntıyı göstermektedir. Yukarıya kadar kadar yükselen eğrilerle gösterildiği gibi plakalı eşanjörlerdeki akım, türbülanslı bölgeye düşmektedir.



SEKIL 52 PLAKALI EŞANJÖRLERDE ÇEŞİTLİ SICAKLIKTA AKIM - BASINÇ DÜŞÜŞÜ

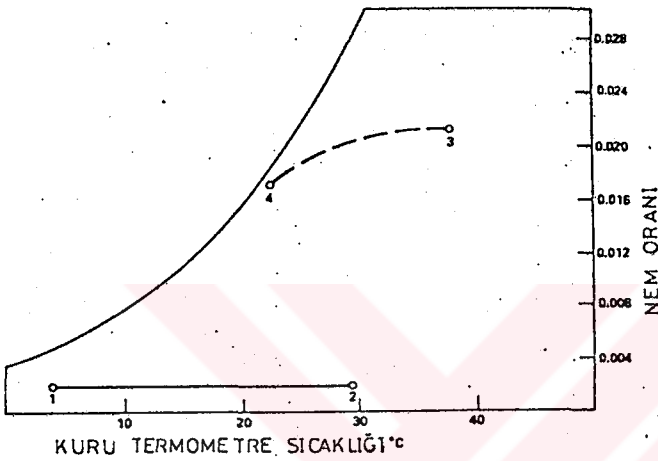
FAZ DEĞİŞİMİ

Ekzost hava akımı içersinde yoğunlaşma :

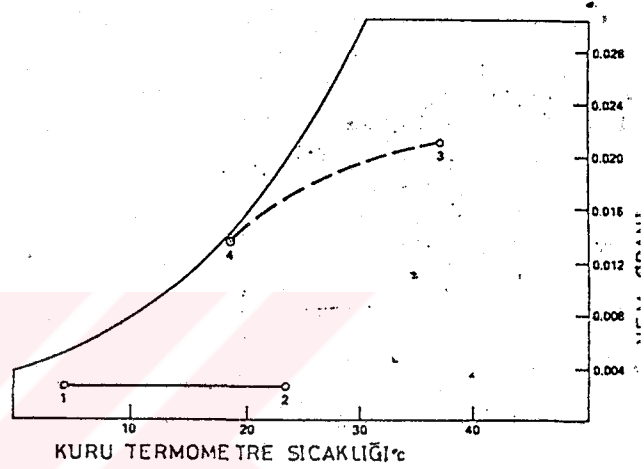
Bir çok ısı geri kazanım uygulamasında yüksek nemli ekzost gazları ile çalışılır. Isıtılacak hava, kondensasyonun gizli ısılarından faydalanabileceğinden plakalı eşanjörlerde bu tip uygulamalara diğer ısı değıştiriciler kadar uygundur. Ekzost tarafında yoğunlaşan her kg nem için alınan taze havaya yaklaşık 500 kJ enerji transfer edilir.

Çoğu plakalı ısı eşanjörleri, fabrikada, bir yoğunlaşma ve atık su hattı ile imal edilirler (Yıkama sisteminin atık suyu için). Geri kazanılan ısı yüksek nemli ekzost a-

kımina sahip bir binaya veya prosese geri veriliyorsa, taze hava akımında nem istenmediği durumlarda, duyulur ısı eşanjörü kuhlankmak en iyisidir. Şekil 53 ve 54 bir duyulur ısı eşanjöründeki tipik bir yoğunlaşma halini göstermektedir. Şekil 53 dengeli akım için termodinamik prosesi şematik olarak göstermektedir. Şekil 54 taze hava miktarının ekzost miktarının iki katı olduğu durumu göstermektedir.



SEKIL 53 PLAKALI DUYULUR ISI EŞANJÖRÜNDE DENGELİ AKIM İÇİN YOĞUŞMA HALİ



SEKIL 54 PLAKALI DUYULUR ISI EŞANJÖRÜNDE DENGELENMEMİŞ AKIM İÇİN YOĞUŞMA HALİ

Şekil 53 ve 54'den ekzost hava akımının daha yüksek nemli olması durumunda ekzost pasajlarında daha az don olayının meydana geldiğini göstermektedir. Aşağıdaki tablo don olayının başlangıcında nem mevcudiyetinin etkisini anlatmaktadır. Donma, taze havanın ön ısıtılması veya bir bölümünün by-pass edilmesiyle kontrol edilebilir. İkinci bir metod tablodaki X oranının azaltılması ile sağlanır ve bu ikinci yöntem daha iyi olanıdır.

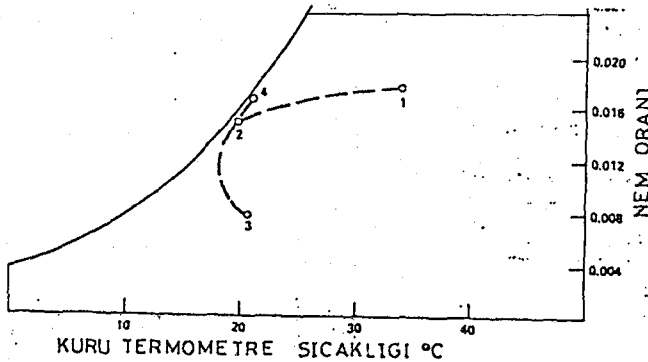
Ekzost hava akımı içersinde buharlaşma :

Duyulur ısı enerjisi geri kazanım cihazları indirek evaporatif soğutma veya kuru soğutma denilen bir kavramı kullanabilirler. Normalde evaporatif soğutma nem içeriğini

ÇEŞİTLİ EKZOST HAVASI ŞARTLARI İÇİN DON BAŞLANGIÇ SICAKLIĞI T_i

EKZOST HAVASI ŞARTLARI			TAZE HAVANIN EKZOST HAVASINA ORANI, K							
T _s		RH, %	0.5		0.7		1.0		2.0	
F	°C		F	°C	F	°C	F	°C	F	°C
60	16	30	2	-16	15	-9	23	-5	32	0
60	16	40	2	-16	15	-9	23	-5	32	0
60	16	50	-4	-20	9	-13	18	-7	32	0
60	16	60	-9	-22	4	-15	13	-10	32	-5
70	21	30	-13	-25	5	-15	17	-8	28	-2
70	21	40	-21	-29	-3	-19	10	-12	21	-6
70	21	50	-27	-33	-9	-22	3	-16	15	-9
70	21	60	-32	-35	-13	-25	-1	-18	10	-12
75	24	30	-25	-31	-4	-20	10	-12	23	-5
75	24	40	-33	-36	-12	-24	2	-17	15	-9
75	24	50	-40	-40	-20	-29	-6	-21	7	-14
75	24	60	-47	-44	-26	-32	-12	-24	1	-17
80	27	30	-35	-37	-11	-24	4	-15	19	-8
80	27	40	-44	-42	-20	-29	-5	-20	10	-12
80	27	50	-53	-47	-30	-34	-14	-25	1	-17
80	27	60	-62	-52	-39	-39	-23	-30	-8	-22
90	32	30	-58	-50	-30	-34	-11	-24	5	-15
90	32	40					-24	-31	-8	-22
90	32	50							-20	-29

arttırırken taze hava sıcaklığını düşüren adyabatik bir p-rosestir. İndirrek evoparatif soğutma taze havanın entalpi-sini düşürür, kesin şartlar altında, taze havadaki nemi yoğuşturur. Bu ekzost havasına, eşanjör girişinden önce su buharı püskürtülmesi ile sağlanır. Bu buhar ekzost yüzey-lerinde birikmek sureti ile ekzost girişine yakın plaka yüzeylerin sıcaklığını ekzost yaş termometre sıcaklığına kadar düşürür. Isı eşanjörüne giren taze hava, soğutulmuş yüzeylerle temas eder ve dış havadış hava kuru termometre ve ekzost tarafı yaş termometre sıcaklıkları arasındaki sıcaklık farkının %25'i kadar istenilen şartlara yaklaşır. Sabit yaz duyulur ısı geri kazanımı %25-40 ile karşılaş-tırılırsa enerji geiri kazanım etkinliği % 50-65 arasın-dadır.



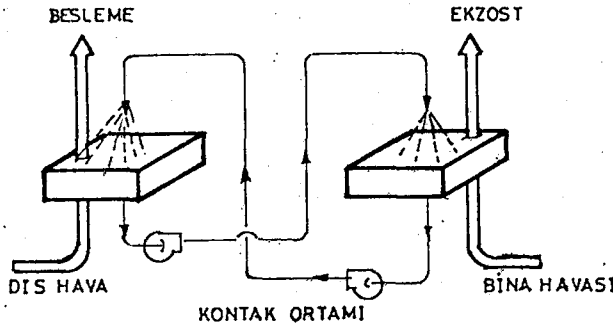
SEKİL 55 İNDİREK EVOPARATİF SOĞUTMANIN TERMODİNAMİK PROSESİ

5 - 4) İKİZ KULE ENTALPİ GERİ KAZANIM DEVRELERİ İŞLETME METODU

İkiz kule sistemi havadan-sıvıya,sıvıdan-hvaya entalpi geri kazanım sistemidir.Böyle bir sistem bina veya prosesin ekzost ve taze havalarının işlemek için iki veya daha fazla temas kulesinden oluşur.Ekzost ve taze hava kuleleri arasında sirküle ettirilen sorbent sıvısı,direkt olarak her iki kule ile temas eder (Şekil 56).Bu sıvı iki hava akımı arasında ısıyı olduğu kadar nemide transfer eden bir araç gibi davranır.Tipik bir konfor uygulamasında bina taze havası yazın soğutulup nemi alınırken kışın ısıtılarak nemlendirilir.

Kuleler arasında bir pompa vasıtası ile sirküle ettirilen sorbent sıvışı genelde lityum-klorit-su gibi bir halojen tuz çözeltisidir.

Temas kuleleri dikey veya yatay olmak üzere her iki yapıdadı imal edilirler.Düsey hava akımı düzenlemesinde ekzost ve taze hava akımı mümkün olan en yüksek temas etkinliğine ulaşabilmek için,sorbent sıvısına ters yönde akar.yatay hava akımı düzenlemesinde,hava akımı sorbent sıvısına çapraz ve temas yüzeylerinden yatay olarak geçer;bu durumda temas etkinliği hafif düşer.Her iki yapıdaki temas kuleleri 47.2 m³/s kapasiteye kadarmevcuttur.



SEKIL56 İKİZ KULE ENTALPİ GERİ KAZANIM
DEVRESİ

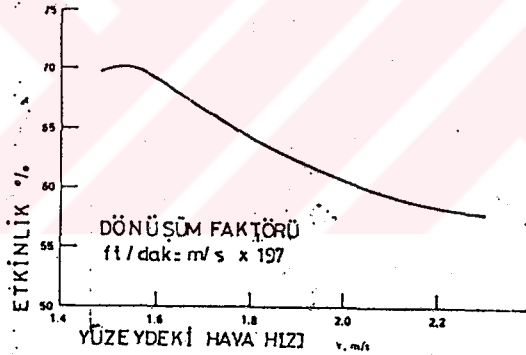
DİZAYN İNCELEMELERİ

İşletme Sıcaklığı Sınırları :

İkiz kule entalpi geri kazanım sistemleri esasen konfor şartlandırması sınırlarındaki işletme sıcaklıkları için dizayn edilirler. Endüstriyel fırınlar gibi yüksek sıcaklık uygulamaları için uygun değildir. Yaz işletmelerinde 46°C 'a kadar olan bina taze havası sıcaklıklarıyla çalışabilir. Kış aylarında sorbent sıvısı, kullanılan bütün konsantrasyonlarda etkili bir antifriz olduğundan don problemi olmadan, taze hava sıcaklığı -40°C 'a kadar düşmesine tolerans tanınabilir.

Entalpi Geri Kazanım Etkinliği :

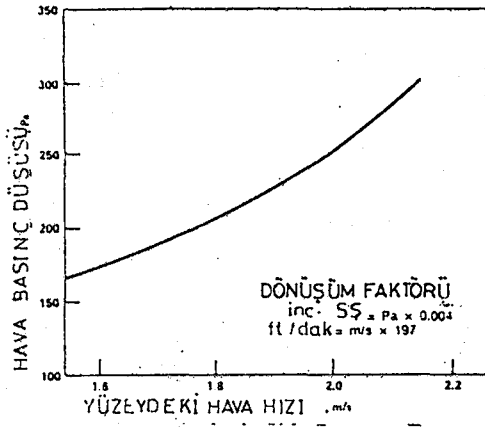
Şekil 57'de ikiz kule sistemi için tipik bir entalpi geri kazanım etkinliği gösterilmektedir. Etkinlik, temas yüzeyindeki hava hızının fonksiyonu olarak gösterilmiştir.



ŞEKİL 57 ENERJİ GERİ KAZANIM ETKİNLİĞİ

Hava Akımı ve Basınç Düşüşü :

Şekil 58 ikiz kule sistemi için tipik bir hava tarafı basınç düşüşünü ve yüzeydeki hava hızı eğrisini göstermektedir. Temas yüzeyleri genelde 1.5 ile 2.2 m/s arasındaki hava yüzey hızlarında çalışmak üzere dizayn edilirler. Hava tarafı basınç düşüşü, şartlara bağlı olarak, genelde 170 ile 300 Pa arasındadır.



SEKİL 58 HAVA TARAFI BASINÇ DÜŞÜŞÜ

Statik Basınç Etkisi :

Ekzost ve taze hava kuleleri birbirlerine sadece boru hattı ile bağlı üniteler olduğundan, ekzost ve taze hava fanları istenilen yerlere yerleştirilebilirler. Temas kuleleri genelde -1500 Pa'dan +1500 Pa'ya kadar olan hava girişi statik basıncında çalışmak üzere dizayn ediliirler. Ekzost kulesi havasından taze havaya geçiş kirlenmesi tehlikesi olmaksızın taze hava kulesinden daha yüksek bir statik giriş basıncında çalıştırılabilirler.

Hava Akımlarının Geçiş Kirlenmesi :

Taze hava ve ekzost havası kuleleri birbirlerine sadece çözeltiyi taşıyan boru tesisatı ile bağlı bağımsız birimlerdir. İkiz kule sisteminde partiküller ıslatılarak çöktürülüp, kalanı sorbent sıvısı içersinde filtre edilinceye kadar dolaştığından partikül kirliliği meydana gelmez. Gaz yönünden bir geçiş kirlenmesi gazın sorbent çözeltisi içerisindeki çözülebilirliğine bağlı olarak sınırlı bir dereceye kadar meydana gelebilir. Sülfürhakszaflorid kullanılarak yapılan gaz geçiş kirlenmesi ikiz kule sistemi tipik gaz geçiş kirlenmesi miktarının % 0.025 olduğunu göstermiştir .

Sorbent çözeltileri (özellikle tuzlu salamuralar) uygun konsantrasyonlarda, havanın taşıdığı bakteri ve virüsler için gidericidir. Yapılan testlerde, kuleye hava saye -

sinde giren mikro organizmaların %94'ünün uzaklaştırılarak etkili bir filtregörevi yaptığı görülmüştür.

Bina ve Proses Kirletici Partiküllerinin Etkisi :

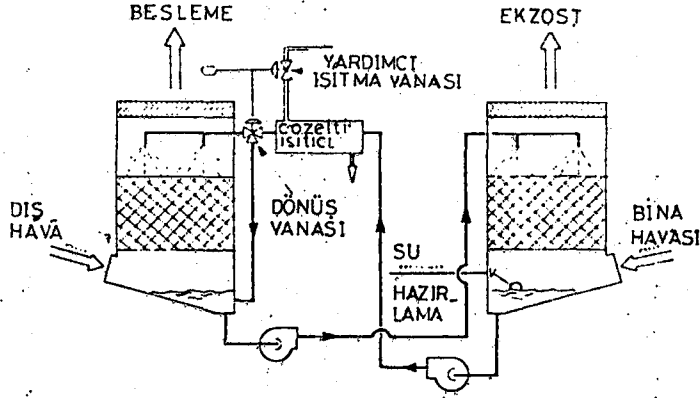
Eğer bina veya proses ekzostu,büyük miktarda hayvan tüyü veya diğer yabancı partikülleri içeriyorsa,kule girişinden önce ön filtreden geçmesi gereklidir.

Eğer bina veya proses etzostu büyük miktarda kimyasal duman veya hidrokarbon lar gibi gaz kirliliği içeriyorsa bu kirleticilerin sorbent sıvısı üzerindeki geçiş kirlenmesi etkisi kadar,sorbent üzerindeki kirlilik etkiside incelenmelidir.

Kış İşletmesi :

Nem kontrolü yapılan binalarda veya soğuk iklimli bölgelerde çalışan ikiz kule uygulamalarında mümkün olan çiylenme etkisi incelenmelidir.Diğer enerji geri kazanım cihazlarında yoğunlaşmaya,donmaya ve buzlanmaya sebep olan çiylenme etkisi ikiz kule sisteminde sorbent sıvısının seyrrelmesine sebep olur.Bu olay şekil 59'da gösterildiği gibi taze hava kulesindeki sorbent sıvısının ısıtılması ile önlenebilir.Isıtma taze hava kulesinin çıkışındaki hava akımının sıcaklık ve neminin yükselmesini sağlar,bu arada sistem hem seyrrelmeyi engellemiş hemde nem dengesine ulaşılmış olur.

Genelde,çözelti ısıtıcısı,taze hava temas kulesinden çıkan hava sıcaklığını hisseden bir termostat ile kontrol edilir.Bu sayede ikiz kule sistemi taze hvayı,dış hava sıcaklığına bağlı olmaksızın sabit sıcaklıkta sağlayabilir .Sorbent çözeltisinin Sabit konsantrasyonunu sürdürmek için otomatik su hazırlama ilavesi sistemin soğuk havalarda sabit nemli taze hava sağlamasını mümkün kılar.Taze havanın sıcaklığı ve neminin sabitliği ikiz kule sistemi tarafından ön ısıtmasız ve nemlendirmesiz veya son ısıtıcısız olarak sağlanır.

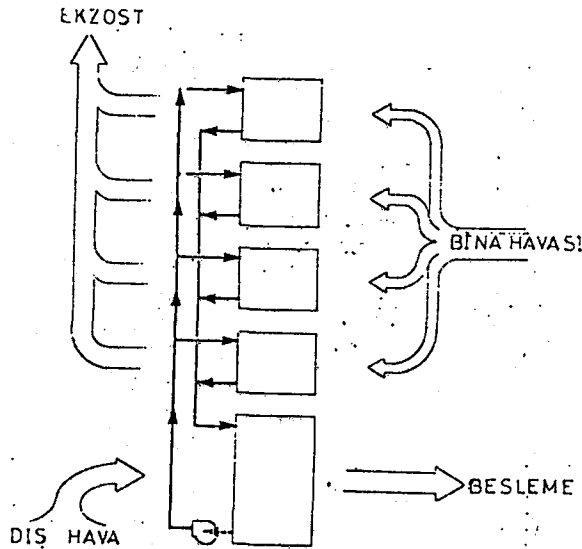


SEKIL 59 İKİZ KULE ENTALPİ GERİ KAZANIM DEVRESİ
Multi Tip Kule Sistemi KİŞ İŞLETME Sİ ve KONTROLÜ

Şekil 60'da gösterildiği gibi çok sayıda taze hava kulesi tek bir ekzost kulesi ile veya tek bir taze hava kulesi çok sayıdaki ekzost kulesi ile birleştirilebilirler. Şekildende görüleceği üzere taze hava ve ekzost kuleleri arasında yeterli yükseklik farkı varsa yerçekimi etkisi, sorbent sıvısının yüksek kuleden alçak kuleye dönmesinde kullanılabilir.

BAKIM

İkiz kule entalpi geri kazanım sistemleri bilinen bakımlarla işletilmek üzere dizayn edilirler. Her tesisatınayrı bir bilgi ve yedek parça listesi bulunan işletme el kitabı vardır. Sprey nozülleri, sirkülasyon pompası, duman gidericiler periyodik olarak kontrol edilmeli ve gerekiyorsa düzeltilmelidirler.

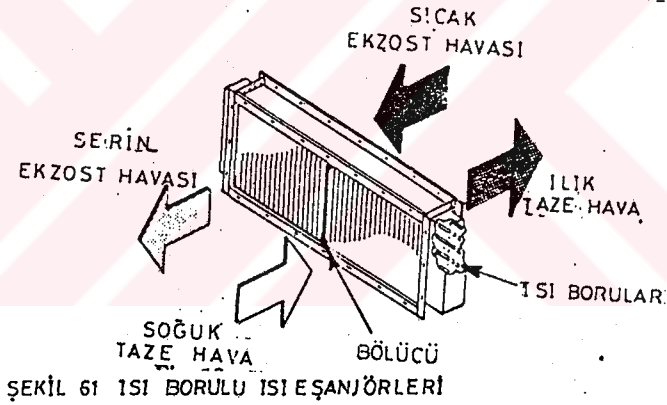


SEKIL 60 MULTI TİP ENTALPİ GERİ KAZANIM DEVRESİ

5 - 5) ISI BORULU ISI DEĞİŞTİRİCİLER

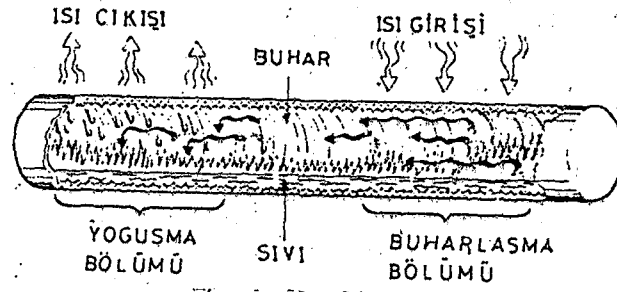
GENEL BİLGİLER

Isı borulu ısı değıştirciler hareket eden parçası olmayan pasif enerji geri kazanım cihazlarıdır. Standart buhar veya soğuk su bataryalarına çok benzeselerde esasen iki yönden farklılık gösterirler. 1-Şekil 61'de gösterildiği gibi bir tüp, bir dirsekle veya başlıkla diğerine bağlanan bir tüpten ziyade, tek başına bir ısı borusudur. 2-Isı borulu ısı değıştirciler iki hava akımı yoluna bölünmüşlerdir. Sıcak hava eşanjörün bir tarafından akarken soğuk hava diğer taraftan ters yönde akar (Eğer ters akımlı dizayn edilirse) Duyulur ısı eşanjörün diğer tarafına, soğuk hava tarafından alındığı tarafa, ısı boruları ile taşınır. Isı boruları üniteye enlemesine yerleştirilsede hava akımlarının geçiş kirlenmesini önlemek için iki hava akımı arasına bir bölücü yerleştirilir.



ŞEKİL 61 ISI BORULU ISI EŞANJÖRLERİ

Şekil 62'de bir ısı borusunun şematik bir resmi görülmektedir. Bir ısı borusu uygun bir transfer sıvısıyla dolu, kılcal yapıllı fitilli ve her iki tarafı kaynaklı olarak imal edilen bir tüptür. Sıvı HVAC uygulamalarında bir soğutucudur. Fakat su ve alkali metaller bile küçük sıcaklık uygulamaları için uygun ısı transfer sıvılarıdır. Uçlardan birine uygulanan termal enerji, bu uçtaki ısı transfer sıvısının buharlaşmasına neden olur. Isı taşıyıcı ortam buhar formuna geçerek borunun diğer ucuna ilerler bu sırada yoğunlaşma gizli ısısını vererek kondense olur. Sıvı çevrimi tamamlamak üzere tekrar buharlaştırıcı bölüme akar. Temel olarak ısı



SEKİL 62 ISI BORUSU

boruları prosesi devam ettirecek sıcaklık farkı bulunduğu sürece buharlaşma/yoğuşma çevrimi ile işler. Isı borusunda enerji transferi çok küçük bir sıcaklık düşümü ile gerçekleşen izotermal bir cihazdır. Isı boruları ısı kapasiteleri tüp çapından, fitil dizaynından, çalışılan akışkandan ve yataya göre eğimden bağımlı olan sonlu ısı transfer kapasitesine sahiptir.

YÜZEY HIZI ve BASINÇ DÜŞÜMÜ

Isı borulu ısı değiştiriciler için yüzey hızı 2 ile 4.1 m/s arasında ve genellikle 2.3 m/s'dir. Dizayn edilen yüzey hızları genelde geri kazanım performansından ziyade mücadele edilebilir basınç düşümüne göre seçilir. % 60 etkinlikteki basınç düşümü, 2 m/s için 100 ile 175 Pa ve 4 m/s hız için 375 ile 500 Pa arasındadır. Geri kazanım performansı veya etkinlik hızın artmasıyla azalır fakat etkinlikteki azalma basınç düşümündeki artış kadar hızlı olmaz.

Mevcut kanat dizaynları, oluklu plakalı, sürekli düz ve spiral kanatları içerir. Bu kadar çeşitli kanat dizaynları ve tüplere sıralanmaları yukarıda verilen yüzey hızlarında çok çeşitli basınç düşümlerine sebep olur.

HAVA AKIŞ DÜZENLEMESİ

Isı borulu ısı değiştiriciler, maksimum etkinlik için ters akışlı hava akımları ile çalıştırılmalıdırlar. Yinede etkinlikleri azalsada paralel akımlı olarak çalıştırılabilirler. Örneğin ters akımlı olarak düzenlenen eşit kütle akımlı %60 duyulur ısı etkinliğine sahip ısı borulu 1-

ısı değiştirici paralel akımla düzenlendiği zaman %48 duyulur ısı etkinli verir.

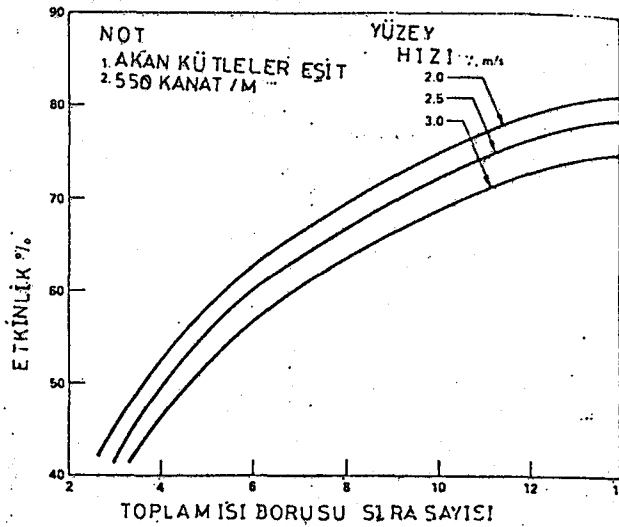
ETKİNLİK

Bir ısı borulu ısı değiştiricinin etkinliği bir çok değişkene bağlıdır. I-Boru demetleri ve kanatların birleşimi ile elde edilen ısı transfer yüzey alanı, 2-İki hava akımının ısı kapasitelerinin oranı, 3-Isı değiştiriciden geçen hava miktarı.

Daha önceden gösterildiği gibi ısı boruları dizaynve yerleştirilmesine bağlı olarak sonlu ısı transferine sahip cihazlardır.Sonuç olarak ısı değiştiriciler sadece bölücü duvarın bir tarafındaki yüzeylerden değil, borunun ulamındaki ısıyıda diğer uca götürüp orada hava akımına dağıtabilmelidirler.ř

şekil 63 çeşitli yüzey hızları için tipik etkinlik eğrilerini göstermektedir.Tp dizilerinin toplam sayısı 6 veya 7'yi aşarsa etkinlik daha düşük miktarda artar.r-negın 6 borulu 550 kanat/m'li bir ısı borusu %60 etkinlik verirken boru sayısının iki katına 12'ye çıkartılması durumunda etkinlik ancak %75'e ulaşacaktır.Isı borulu ısı değiştiricinin etkinliği bir ünitedeki dizi sayısına değil, toplam dizi sayısına bağlıdır.Nitekim, tek ünite ile aynı dizisine sahip iki ünite ,tek ünite gibi etkinlik verir.Seri niteler endüstriyel uygulamalarda çalışma ve işi kolaylaştırma imkanı yönünden sık sık kullanılırlar.

Kanat dizaynı seçimi ve yerleştirilmesi iki hava akımının kirliliğine ve temizlenmesine olan gereksinim temeline oturtulmalıdır.HVAC sistemleri için 550 kanat / m başarılı bir şekilde uygulanmaktadır. Endüstriyel uygulamalarda geniş aralıklarla, genellikle 315-435 kanat/m şeklinde,yerleştirilir.Plakalı kanatlı ısı değiştiriciler ekzost ve taze hava akımlarına farklı sayıda kanat yerleştirilmesi ilede elde edilir;böyle bir seçimde ekzost tarafı geniş kanat aralıklı,taze hava tarafı daha sık kanat aralıklı olacak şekilde kabul edilebilir.



ŞEKİL 63 ÇEŞİTLİ YÜZEY HIZLARI İÇİN ETKİNLİK EĞRİLERİ

BORU ve KANAT MALZEMLERİ

Isı borulu ısı değıştirciler, 260°C altındaki ekzost sıcaklıklarında çoğunlukla alüminyum tüp ve alüminyum kanat olarak imal edilir. Yanı sıra HVAC sistemleri için bakır borulu, alüminyum kanatlı ünitelerde kullanılır. Boru ve kanatlar farklı malzeme kullanılması halinde üniteler genelde farklı genleşme kat sayısına sahiptir. Termal çevrim, eşanjör veriminin düşmesine sebep olan kanat boru bağlantısının gevşemesine sebep olabilir. Ekzost sıcaklığı ne kadar yükselirse problemlerde okadar büyür.

Bakır borulu ve kanatlı üniteler daha büyük yüzeyli olmalarına rağmen aynı sıcaklık aralığında alüminyum üniteler kullanılır. Çünkü mukayese edilebilir etkinliğe karşı, alüminyum birimlerden çok daha pahalıdır. Bakır genelde alüminyumun korozyon ve temizleme problemlerinin uygun olmadığı yerlerde kullanılır.

260°C 'ın üzerinde genelde çelik tüp, çelik kanat dizaynı ısı borulu ısı değıştirciler kullanılır. Paslanmayı engellemek üzere kanatlar genelde alüminyumla kaplanırlar. Özel uygulamalar için farklı konstrüksiyon malzemeleri ve/veya farklı çalışma sıvılarına sahip birimlerin birbirine eklenmesi ile karmaşık sistemler elde edilebilir.

HAVA AKIMLARININ GEÇİŞ KİRLENMESİ

Hava akımları arasında 12.5 kpa basınç farkına kadar geçiş kirliliği sıfırdır. Kaynaklı bölücü iki hava akımının birbirine kaçak yoluyla karışmasını etkili bir şekilde önler. Yinede ilave önlem olarak iki hava akımı arasında küçük bir boşluk yaratacak şekilde iki bölücü levha da kullanılabilir.

YOĞUŞMA ve DONMA

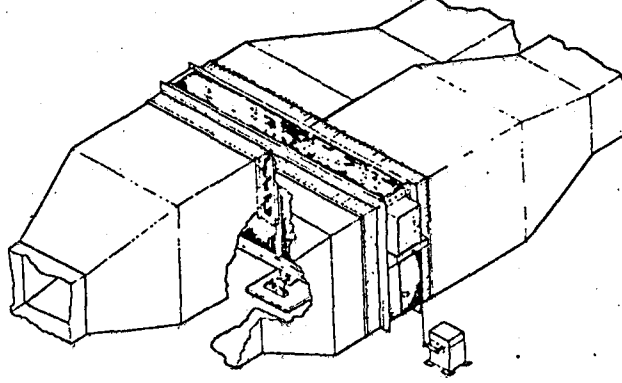
Taze hava sıcaklığının ve ekzost bağıl neminin kesin şartları altında konfor ekzost havasında taşınan nem yoğunlaşabilir. Çok düşük dış hava sıcaklıklarında bu kondensat donabilir. Bu don teşekkülü ısı değiştiriciye zarar vermezken enerji geri kazanımının azalmasına ve ekzost tarafının basınç düşümünün artmasından ekzost hava akımının azalmasına sebep olur.

Endüstriyel proseslerin ekzost buharları genelde soğutuldukları zaman yoğunlaşırlar. Yoğuşmanın miktarı başlangıç buhar konsantrasyonuna ve soğuma yüküne bağlıdır. Bu kondensatın donması ise ekzost sıcaklığı çok ılık olduğundan çok nadirdir. Bu kondensat donmadıkça, yoğunlaşmış olan su veya diğer buharların kondensatı ekzost tarafı ısı transfer kat sayısını artırır ve ısı geri kazanımını geliştirir. Fakat ekzost tarafı basınç düşüsünde artmasına sebep olur.

KONTROL

Isı borusunun sıcak ucu yatayın altında olacak biçimde eğimli olarak çalıştırılırsa, yer çekimi kondensatın evaporatör bölümüne dönmesine yardım etmek için kullanılabilir. Eğer sıcak uç yatayın üzerine gelecek biçimde konursa yer çekimi kondensatın evaporatör bölümüne dönmesine engel olur. Bu eğim değişikliği ısı borusunun ısı transferinin kontrol edilmesine imkan sağlar. Böylece ısı borulu ısı değiştiricinin etkinliği regüle edilebilir.

Pratikte eğrilik kontrolü, eşanjörün taban merkezinin eksenlenerek ve sıcaklık kontrollü hareket ettiricinin bir uca bağlanması ile sağlanır. Büzgülü eksen bantları küçük eğim hareketlerine imkan sağlar. Şekil 64 eğrilik kontrolü bir ısı borulu ısı değiştiriciyi göstermektedir.



SEKİL 64 EĞRİLİK KONTROLLÜ İSİ BORULU İSİ DEĞİŞTİRİCİLER

Isı borulu ısı değiştiricilerin eğimini kontrol etmenin üç sebebi vardır.

- 1- Sezon değişikliklerinde sıcak ucu aşağıda tutarak en en büyük enerji transferini sağlamak.
- 2- Eşanjör çıkışında taze hava sıcaklığını sabit değerde tutmak.
- 3- Düşük sıcaklıklarda ekzost yüzeyinde don teşekkülünü engellemek.

Eğrilik kontrolü yukarıdaki üç fonksiyonunda karşılar-ken, yukarıdaki isteklerden birini karşılamak için farklı metodlar vardır. Don teşekkülü veya taze hava eşanjörden çıkış sıcaklığını ayarlamak için by-pass damperlerinden yararlanılabilir. Yine don teşekkülünü engellemek için taze havanın ön ısıtılması diğer bir çözümdür.

BAKIM

Ekzost tabiyatına bağlı olarak ısı değiştiriciler nasıl temizlenmelidir. Örneğin mutfak ekzostunda biriken yağlar çoğunlukla otomatik yıkama sistemleri ile uzaklaştırılırlar. Diğer kir çeşitleri, ünitelerin elle kumandalı sprey temizlemeyi, bir tank içinde yıkamayı veya is üfleyiciler -

den yararlanmayı gerektirir. Temizleme yöntemi kararı dizayn aşamasında verilmeli çünkü öyleki özel bir ısı borusu seçimi yapılabilir.

Temizleme sıklığı ekzost hava akımının kalitesine bağlıdır. HVAC sistemleri genelde seyrek temizlemeyi, Endüstriyel sistemler genelde daha sık temizlemeyi gerektirir.



6-) CİHAZ SEÇİMİNE ETKİ EDEN FAKTÖRLER

Cihaz seçiminde, gerek tesisatın kurulması sırasında gerekse işletme sırasında herhangi bir problem çıkmaması için aşağıda verilen maddelerin karşılıkları kesin olarak bilinmelidir;

- 1 - Ekzost havasının, taze havaya karışmasına müsaade edilebilirlik,
- 2 - Kurulacak ekipman için yeterli alanın bulunması,
- 3 - Kurulacak ekipmanın verimliliği,
- 4 - Ekipman yüzeylerinin temizleme için kolaylıkla ulaşılabilirliği.

Cihaz seçiminde en önemli etken verimlilik gibi görünmekle beraber asıl önemli olan egzost havasının taze havaya karışabilirliğidir. Sirkülasyon havası kullanan tesisatlarda bu madde önemini yitirmektedir. Diğer bir etken ise ekipman yüzeylerinin temizleme için ulaşılabilir olmasıdır. Her ne kadar ön filtreleme ve otomatik sistemlerle bu olumsuzluk giderilebilsede böyle bir problem daha sistem dizaynı aşamasında ele alınmalıdır ve gerekiyorsa diğer bir ekipman tercihine gidilmelidir.

Aşağıdaki tablodan; yukarıda verilen maddelerin bölüm 4'de anlatılan uygulama alanları ve bölüm 5'de incelenen cihaz özelliklerindeki incelenmesi ile; cihaz seçimi için faydalanılabilir.

7-) KOROZYON ve KIRLENME ETKİLERİ

Laboratuvar testlerinde, orta derecedeki bir korozyon veya kirlenmenin sonucu olarak yüzeyin pürüzlenmesi ısı transferini kötüleştirmedeği görülmüştür.

Korozyon ve kirlenmenin sonucu olarak yüzeyin pürüzlenmesi, başlangıçta ısı transfer kat sayısını artırmaktadır. Yinede yüzeyin sürekli kirlenmesi, yüzey pürüzlülüğünün artması yanında ısı geçişine karşı bir dirençte oluşturmaya başlar. Bu durumda ısı transfer kat sayısı bir maksimum değere yaklaşır, Belli olduğu gibi aşırı kirlen-

Uygulama	Kurulabileceği yerler	Optimum ısı Geri Kazanı Cihazı
Bina HVAC SİSTEMLERİ	Nemlendirme ve soğutmanın bulunduğu hava şartlandırma sistemleri örneğin hastaneler, birbirine açılan plan odaları	 Isı Tekerı
	Nemlendirmesiz ve soğutmasız olan basit havalandırma sistemleri örneğin okullar, cımnastik salonları, kiliseler.	 Isı Tekerı
	Isı transfer matrisinin önemli talepleri karşılama gereken havalandırma tesisleri ; düzgün yüzey kolay temizlenme;ör. mutfak	 Isı Tekerı
ENDÜSTRİYEL TESİSLER ve PROSES ALANLARI	Endüstrideki havalandırma sistemleri örneğin boyahaneler, baskı fabrikaları, dökümhaneler	 Isı Tekerı
	Yüksek korozyon direncinin istendiği havalandırma sistemleri örneğin galvanizleme alanları, motor test standları.	 Isı Tekerı
	Egzost havasının yüksek nemli olduğu ve düşük kir yükünün bulunduğu havalandırma sistemleri örneğin kurukma alanları	 Plakalı Eşanjör
	Korozyon direncinin yüksek olması istenen egzost havasının aşırı nemli olduğu havalandırma sistleri.	 Plakalı Eşanjör (Borulu)
YENİLENEN TESİSATLAR	Yenilenen tesisatlarda rotother m ısı değiştiricilerinin kullanılmadığı yerlerde; normal veya glycol karışık su ile don kontrollü.	 Bataryalı Devre

VDI 207I , EUROVENT IO/I ' e göre

Enerji geri kazanım sistemi seçim tablosu

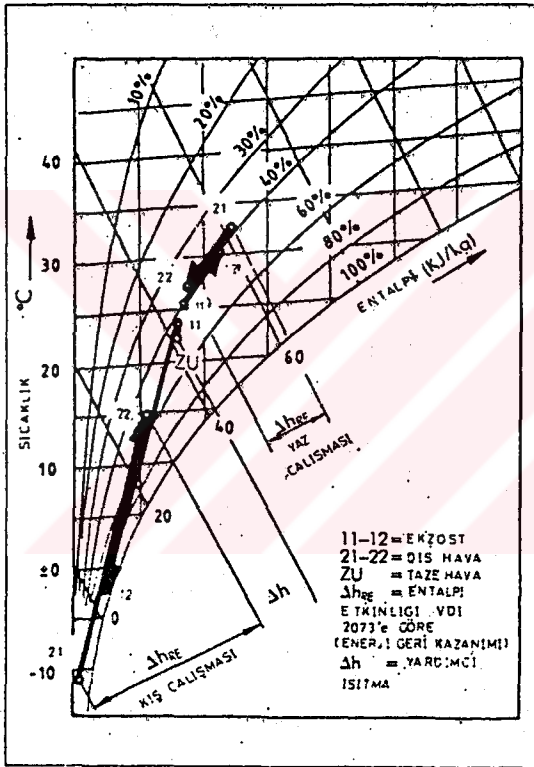
me, sonunda ısı transfer kat sayısının düşmesine sebep olur

Genelde laboratuvar yöntem ve şartları altında kabul edilen termal etkinlik zıt şartlar altında kurulan ısı değiştirici performansları içinde emniyetli bir değerdir.

Isı değiştirici yüzeyinin temizlenmesi veya kirlenmesi enerji geri kazanım ekipmanının seçiminin ve uygulamasının önemli bir yönüdür.

8.) İLK YATIRIM ve ENERJİ TASARRUFLARINA GENEL BAKIş

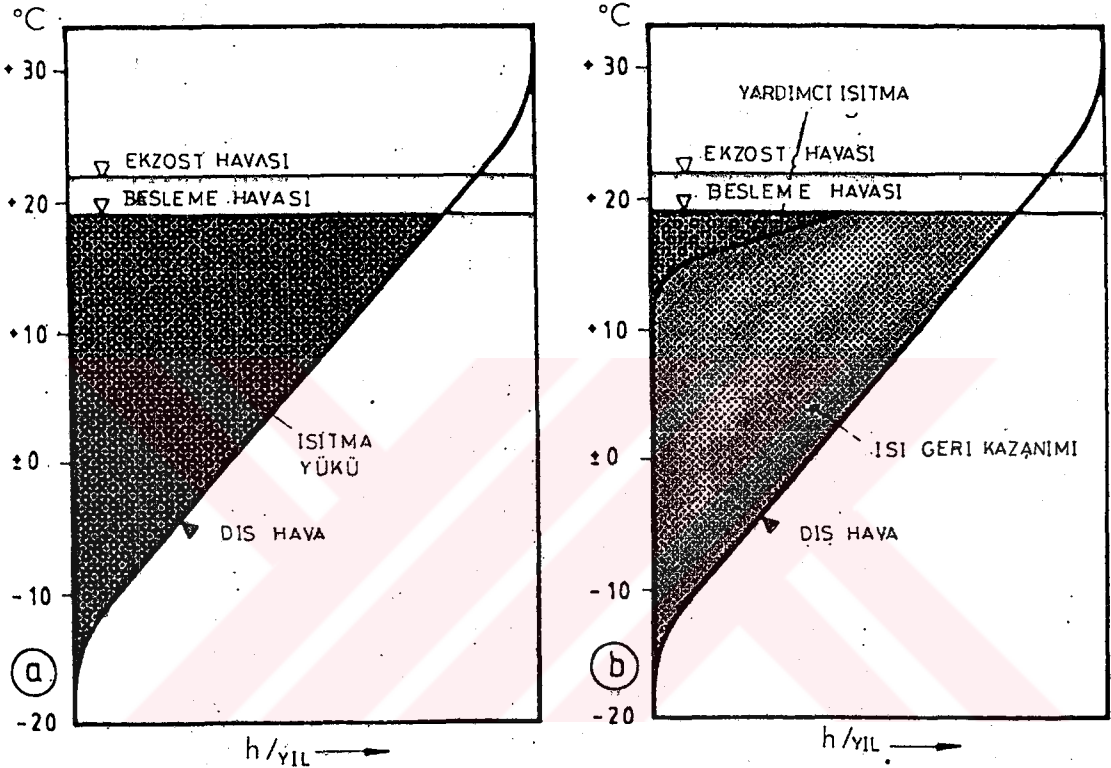
Enerji geri kazanım ekipmanları ile ilk yatırımda önemli tasarruflar sağlamak mümkündür. Şekil 65'de VDI 270I e göre dönel enerji geri kazanım ünitesinde yaz ve kış aylarında hava şartlarındaki değişimi göstermektedir. Şekilde enerji geri kazanım ekipmanındaki entalpi değişimi sayesinde ki kapasite azalması gösterilmiştir.



SEKİL 65 DÖNEL ENERJİ GERİ KAZANIM EKİPMANI İLE ENERJİ GERİ KAZANIMI

Enerji geri kazanımıyla yıllık enerji tüketimine bağlı olarak yıllık enerji giderleride azalmaktadır. Şekil 65 de dış hava ve ekzost ve besleme havaları sıcaklığı, nemi veya entalpisinin birbiri ile olan bağlantısı görölmektedir. Yıllık diyagramda (Şekil 66) HVAC sistemi besleme havası çıkışı ve dış hava arasındaki alan dış havanın ısıtılması için gerekli enerji tüketimini göstermektedir. ENdüşük dış dış hava sıcaklığı ile istenen besleme havası

sıcaklığı arasındaki doğru gereken ısıtma kapasitesini vermektedir. Isı ekzost havasından geri kazanıldığından, ekipmanın sıcaklık etkinliğine bağlı olarak kapasite ve enerji giderleri azalacaktır. Şekil 65 ve 66'dan tesis yüklerindeki azalmalar görülmektedir. Yanı sıra iç ısı yükleri ve proses atık ısıda yıllık enerji geri kazanım miktarını artıracaktır.



ŞEKİL 66 ISI GERİ (a) KAZANIMSIZ (b) KAZANIMLI YILLIK ISI HARCANMASI

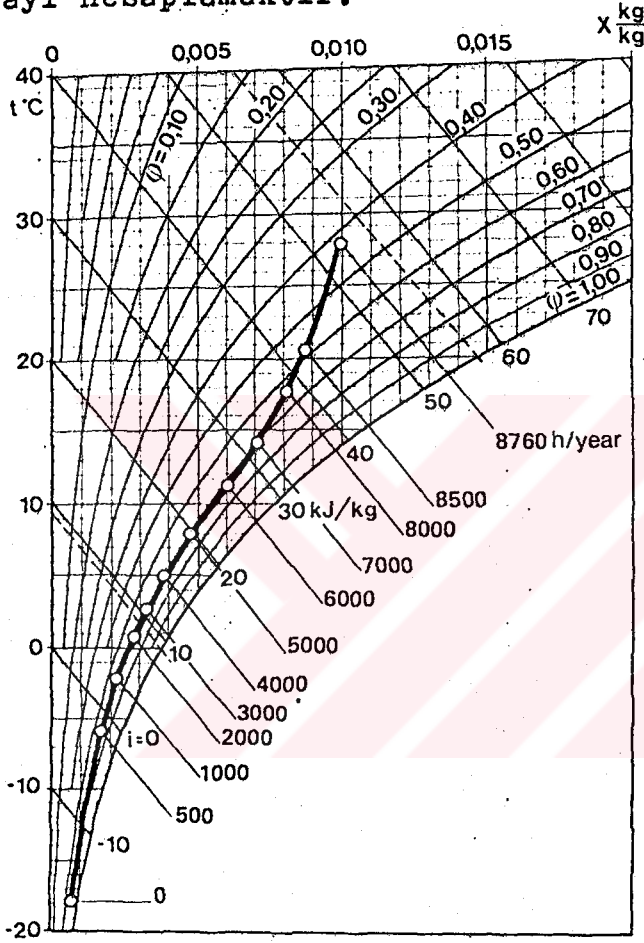
9-) ENERJİ GERİ KAZANIMININ TERMODİNAMİK İNCELEMESİ

GENEL BİLGİLER

Dış Hava Süreklilik Diyagramı :

"Dış Hava Şartları Süreklilik Diyagramı" zaman ile sıcaklık veya özgül nem arasında ölçülen bağıntı olarak tanımlanır. Süreklilik dış havanın sıcaklığının veya neminin belirli değerler altına düştüğü süreyi verir. Eğer süreklilik değerleri zamana bağlı olarak çizilirse süreklilik eğrisi elde edilir. Farklı coğrafik yerler farklı eğri leri verir

Değerler zamana bağlı olarak bir psikrometrik diyagrama işlenirse şekil 67'deki gibi bir eğri elde edilir. Bu diyagramdan, basit sıcaklık, nem ve entalpi diyagramları çizilebilir. Burada gaye ısıtma ve soğutma yüklerindeki azalmayı hesaplamak bunlardan önemlisi yıllık enerji tüketimindeki azalmayı ve tabiki işletme maliyetindeki azalmayı hesaplamaktır.



ŞEKİL 67 DIŞ HAVA SÜREKLİLİK DİYAGRAMI

HESAP YÖNTEMİ

I- Duyulur Isı Geri Kazanım Sistemleri :

Yük Tasarrufu :

$$P = q_s \times \xi \times C_p \times \Delta t$$

$$P = \text{Yük tasarrufu} \quad , \text{KW}$$

$$q_s = \text{Taze hava} \quad , \text{m}^3/\text{s}$$

$$\xi = \text{Yoğunluk} \quad , \text{kg/m}^3$$

C_p = Hava özgül ısısı , KJ/kg

t = Sıcaklık geri kazanımı , °C

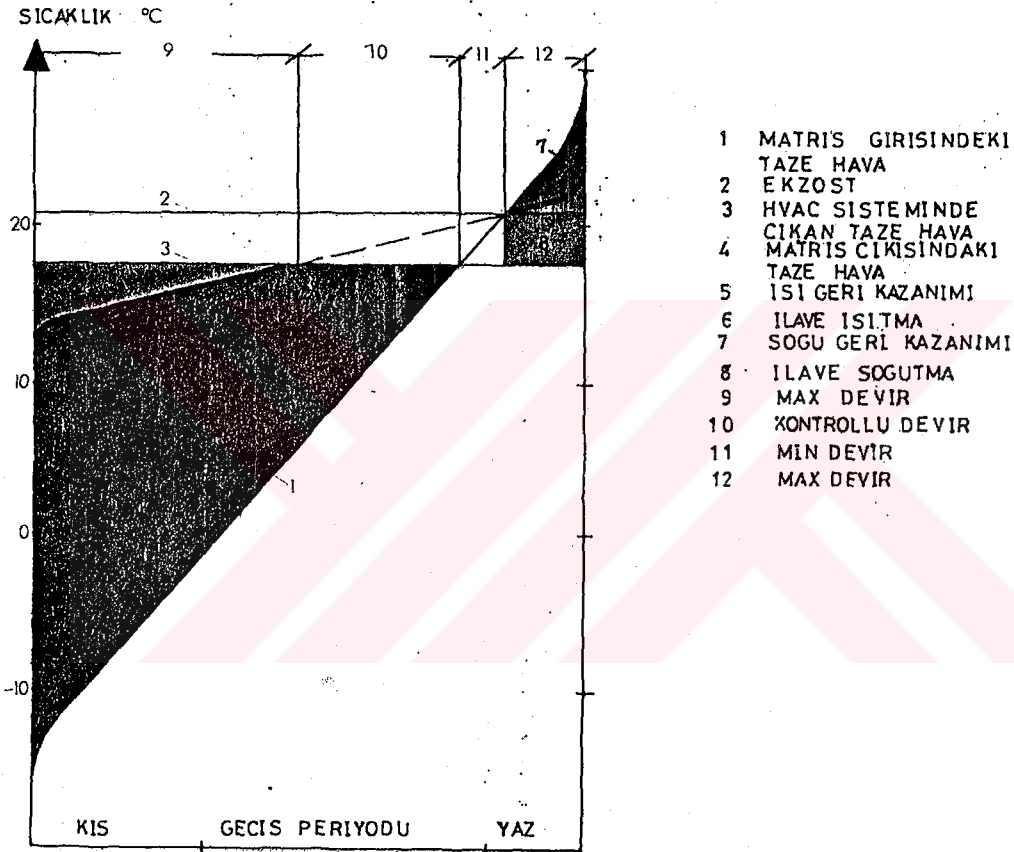
Sıcaklık Geri Kazanımı :

$$\Delta t = (t_{dot} - t_e) \times \eta$$

t_{dot} = Dış hava dizayn sıcaklığı , °C

t_e = Ekzost havası sıcaklığı , °C

η = Cihaz etkinliği , %



SEKİL 68

Enerji Tasarrufu :

Enerji tasarrufu sıcaklık diyagramı üzerinde (Şekil 66) süreklilik eğrisi ile enerji geri kazanım cihazından sonraki taze hava sıcaklığı arasında kalan alan ile tanımlanır. BU alan; hesap yöntemi ile veya grafik olarak bulunur.

$$Q_s = A \times h_s \times v_s \times \xi \times C_p \times q_s \times k$$

Q_s = Enerji tasarrufu , KJ/yıl

A = Ölçülen "Enerji alanı" , mm²
 h_s = Yatay skala faktörü , s/mm
 v_s = Düşey skala faktörü , °C/mm
 k = Çalışma Faktörü

Çalışma Faktörü, $k = \frac{\text{Gerçek çalışma süresi (h)}}{\text{Yıllık toplam süre (h)}}$

Paraca Tasarruf :

$$C = Q_s \times P_c$$

C = Paraca tasarruf , para/yıl

P_c = Birim enerji fiyatı, para/KJ

Geri Ödeme Süresi :

$$T = \frac{\text{Isı geri kazanım ekipmanı net maliyeti (para)}}{\text{Paraca tasarruf (para/yıl)}}$$

2- Duyulur Isı ve Gizli ısı Geri Kazanım Sistemleri :

Yük Tasarrufu :

Böyle bir durumda yük tasarrufu geri kazanılan entalpiden meydana gelir.

$$P = q_s \times \xi \times \Delta i$$

P = Yük tasarrufu , KW

q_s = Taze hava , m³/s

ξ = Yoğunluk , kg/m³

Δi = Entalpi geri kazanımı , KJ/kg

Entalpi Tasarrufu :

$$\Delta i = (i_i - i_o) \times \eta$$

i_i = İçhava entalpi değeri , KJ/kg

i_o = Dış hava entalpi değeri , KJ/kg

η = Enerji geri kazanım cihazı etkinliği , %

Enerji Tasarrufu :

Enerji tasarrufu, hem sıcaklık hemde nem geri kazanımından

meydana gelir. Sıcaklık geri kazanımından meydana gelen tasarruf I nolu bölümde hesaplandığı gibidir.

Nem Geri Kazanımı :

$$\Delta X = (X_i - X_o) \times \eta$$

$$\Delta X = \text{Nem geri kazanımı} \quad , \text{g/kg}$$

$$X_i = \text{İç hava nemi} \quad , \text{g/kg}$$

$$X_o = \text{Dış hava nemi} \quad , \text{g/kg}$$

$$\eta = \text{Enerji geri kazanım cihaz etkinliği} \quad , \%$$

Taze Hava Özgül Nemi :

$$X = \Delta X + X_o$$

X = Enerji geri kazanım cihazının çıkışındaki taze hava özgül nemi ,g/kg

Taze hava özgül nemi süreklilik diyagramı olarak çizilebilir. Ve yıllık geri kazanım hesaplanabilir. Geri kazanım dış hava ile taze hava özgül nemi arasındaki alan olarak ifade edilir ve hesap yoluyla veya grafik olarak bulunur.

Yıllık Nem Geri Kazanımı :

$$X = B \times h_s \times v_s \times q_s \times \xi \times K$$

$$X = \text{Yıllık nem geri kazanımı} \quad , \text{g/yıl}$$

$$B = \text{Gerçek alan} \quad , \text{mm}^2$$

$$h_s = \text{Yatay skala} \quad , \text{s/mm}$$

$$v_s = \text{Düşey skala} \quad , \text{g/kg, mm}$$

$$q_s = \text{Taze hava} \quad , \text{m}^3/\text{s}$$

$$\xi = \text{Yoğunluk} \quad , \text{Kg/m}^3$$

$$K = \text{Çalışma faktörü}$$

Isı Geri Kazanımı :

$$Q_m = X \times R$$

$$Q_m = \text{Isı geri kazanımı} \quad , \text{KJ/yıl}$$

$$R = \text{Buharlaşma gizli ısısı} \quad , 2.5 \text{ KJ/g}$$

Toplam Enerji Geri Kazanımı :

$$Q_{tot} = Q_s + Q_m$$

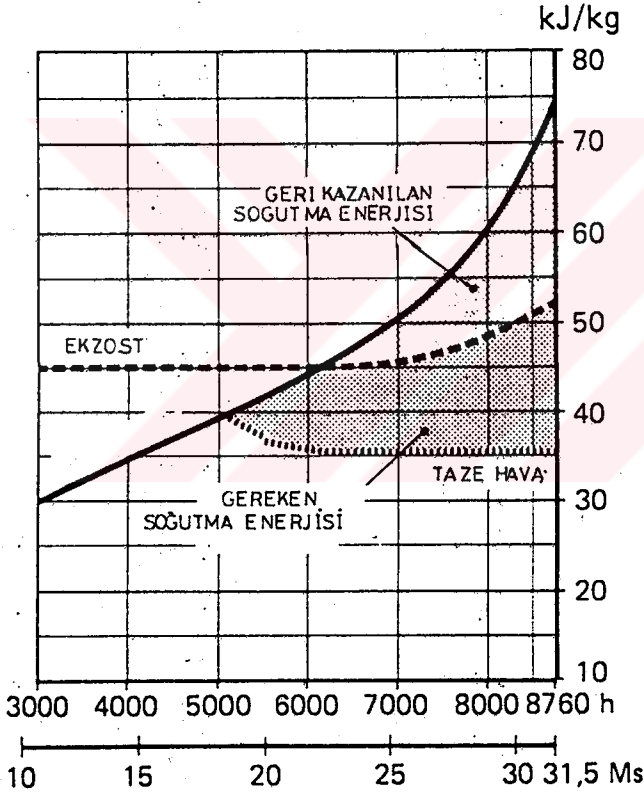
Q_s = Sıcaklık geri kazanımı ,KJ/yıl

Q_m = Nem geri kazanımı ,KJ/yıl

Paraca tasarruf ve geri ödeme süresi I nolu bölümdeki gibidir,

3- Soğu Geri Kazanımı :

Soğutma periyodu boyunca aralıklı olarak dış hava entalpi değeri okunarak bir diyagram çizilirse Şekil 67'de verilen bir diyagram elde edilir.



SEKİL 67 SOĞU GERİ KAZANIMI

Taze Hava Entalpisi :

$$i_s = i_o - (i_o - i_i) \times \eta$$

i_s =Eşanjör çıkışında entalpi değeri , KJ/kg

i_o = Dış hava entalpi değeri , KJ/kg

i_i = İç hava entalpi değeri ,KJ/kg

η = Enerji geri kazanım cihazının etkinliği , %

Yük Tasarrufu :

$$P = q_s \times \xi \times \Delta i$$

P = Soğutma yükü ,KW

q_s = Taze hava ,m³/s

ξ = Yoğunluk ,kg/m³

Δi = Entalpi geri kazanımı ,KJ/kg

Paraca tasarruf ve geri ödeme süresi I nolu bölümde veril-diği gibi.

IO-) ENERJİ GERİ KAZANIMININ EKONOMİK İNCELEMESİ

Havadah havaya enerji geri kazanımı uygulamalarının analizinde inceleme ilk yatırım maliyeti ve işletme mali-yeti üzerine yapılmalı.

I- İlk Yatırım Maliyeti

- I- Enerji geri kazanım cihazı.
- 2- Enerji geri kazanım cihazının tesisata bağlanması.
- 3- Cihaz bağlantısı için ilave kanal şebekesi veya ısı transfer sıvısı için borulama tesisatı maliyeti.
- 4- Enerji geri kazanım cihazının statik basınç kaybını yenmek üzere daha büyük fan ve/veya motor.
- 5- Eğer gerekiyorsa ilave filtreler.
- 6- Kapasite kontrol cihazı .
- 7- Don kontrolü için gereken yardımcı ısıtıcı.
- 8- Azalan dizayn yükünden dolayı kazan ve ısıtıcı ekipman tasarrufu.
- 9- Azalmış olan dizayn yükünden dolayı ısıtıcı batarya,bo-rulama maliyeti,pompa tasarrufu .
- IO- Azalan dizayn yükünden dolayı ciller veya soğutma gru-bu tasarrufu .
- II- Soğutucu batarya,borulama ve pompa tasarrufu.
- I2- Elektrik ekipmanları tasarrufu .

2- İşletme Maliyetleri

- 1- Enerji geri kazanım cihazının bakımı.
- 2- İlave statik yük için fanların çalıştırılması.
- 3- Filtre bakımı.
- 4- Enerji geri kazanım cihazının, pompaların, kontrol cihazlarının, defrost ısıtıcısının çalıştırılması.
- 5- Yıllık ısıtma enerjisi tasarrufu.
- 6- Yıllık soğutma enerjisi tasarrufu .

II-) ENERJİ GERİ KAZANIM SİSTEMLERİ FAYDALILIĞI İLE İLGİLİ ÖRNEKLER

Örnek I :

İlk örnek olarak İstanbul'da beş yıldızlı bir otelin yatak odalarını besleyen bir klima santraline Dönel enerji Geri Kazanım Sistemi (ISI TEKERİ) uygulaması alınmıştır.

Hesaplarda, İstanbul için dış dizayn değerleri, daha gerçekçi bir hesap için, ekstrem değerlerden ziyade, her ay için (o ayın içinde bulunduğu mevsim itibarıyla) genelde ulaşılan sıcaklık değerleri kullanılmıştır. Bu değerler aşağıdaki tabloda toplanmıştır.

		Dış Dizayn Sıcaklığı °C	Dış Dizayn Bağıl Nemi %
ARALIK	(+)	5.2	80
OCAK	(+)	2.5	80
ŞUBAT	(+)	2.5	75
MART	(+)	3.5	75
NİSAN	(+)	11.5	75
MAYIS	(+)	16.3	75
HAZİRAN	(-)	26	70
TEMMUZ	(-)	29	70
AĞUSTO	(-)	29	70
EYLÜL	(-)	26	75

EKİM (+)	15.6	78
KASIM (+)	11.7	80

(+) Isıtma

(-) Soğutma işlemini göstermektedir.

Tabloda , Aralık,Ocak,Şubat ve Mart ayları mevsim itibariyle ısıtma sezonu olarak incelenmiş ve her aya ait dış dizayn sıcaklık değerleri o ay ulaşılan en düşük sıcaklıkların ortalaması olarak alınmıştır.

Nisan,Mayıs,Ekim ve Kasım ayları dış dizayn sıcaklık değerlerinden ,ısıtma sezonu olarak düşünülmüş fakat geçiş mevsimi olmalarından her ayın dış dizayn değeri,o ay ulaşılan en yüksek ve en düşük değerlerin ortalaması olarak alınmıştır.

Haziran,Temmuz,Ağustos ve Eylül ayları mevsim itibariyle soğutma sezonu olarak incelenmiş ve her aya ait dış dizayn değeri o ay ulaşılabilen en yüksek değerlerin ortalaması olarak alınmıştır.

Enerji Geri Kazanım Hesabı :

Taze Hava debisi Q_{TH} : 13.500 m³/h
Klima santrali hava Debisi Q_{hava} : 13.500 m³/h

(Klima santrali % 100 dış hava ile çalışmaktadır.)

İç dizayn şartları :

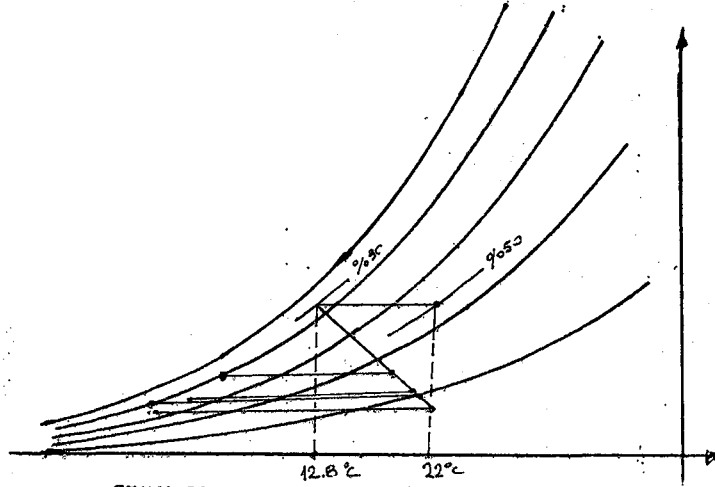
Temmuz ve Ağustos aylarında: K_T : 24 °C , % 50 RH

Diğer aylar K_T : 22 °C , % 50 RH

Kış aylarında iç hava şartlarının yakalanabilmesi için havaya uygulanan prosesler

1- Ön ısıtma , 2- Nemlendirme ,3- Son Isıtma

Ön ısıtıcı batarya gücü,nemlendirici çıkışındaki şartları K_T :12.8 °C ve % 90 RH olacak şekilde hesaplara alınmıştır.Diğer bir ifade ile ön ısıtıcı batarya çıkış şartları,aynı nemlendirme doğrusu üzerinde fakat farklı sıcaklık ve bağıl nem değerleri taşımaktadır.



SEKIL 68

O halde enerji geri kazanımsız olarak istenilen şartlarda hava sağlayabilmek için toplam batarya gücü

$$QI = Q_{hava} \times C_p \times (d_1 \times (T_{ö1} - KT_{dış}) + d_2 \times (KT_{oda} - KT_{nç}))$$

QI = Batarya gücü , Kcal/h

Q_{hava} = Klima santrali hava debisi , 13.500 m³/h

C_p = Hava özgül ısısı , 0.24 kcal/kg °C

d_1 = Ön ısıtıcı bataryada ortalama hava yoğunluğu, psikrometrik diyagramdan.

$T_{ö1}$ = Ön ısıtıcı çıkışındaki hava sıcaklığı, psikrometrik diyagramdan.

$KT_{dış}$ = Ön ısıtıcı bataryaya hava giriş sıcaklığı, (% 100 dış hava ile çalışıldığından) Tablodan.

KT_{oda} = Oda sıcaklığı , 22 °C

$KT_{nç}$ = Nemlendirici çıkışı hava sıcaklığı , 12.8 °C

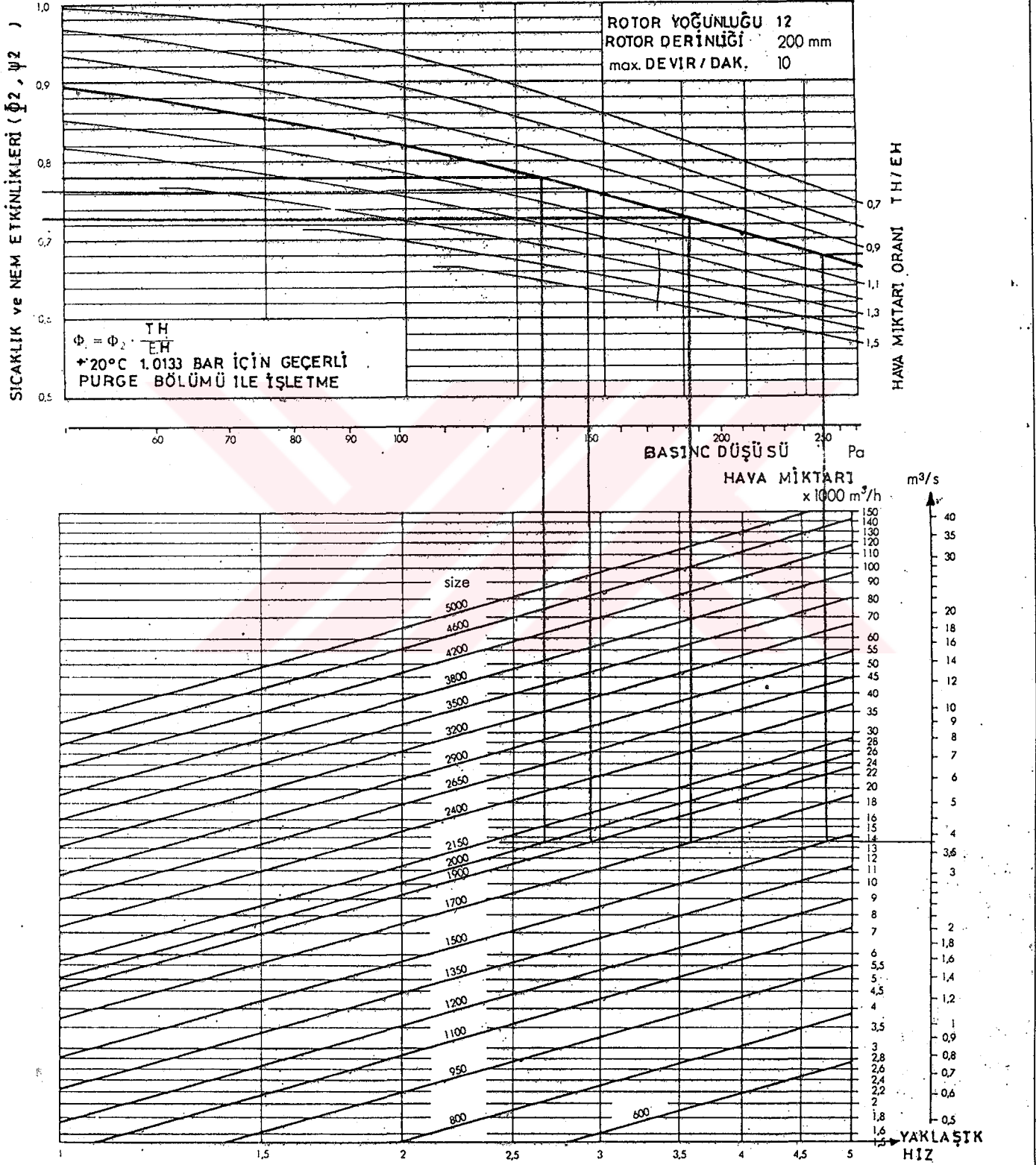
Bu durumda toplam batarya gücü

$$QI = 13.500 \times 0.24 \times (d_1 \times (T_{ö1} - KT_{dış}) + 1.233 \times (22 - 12.8))$$

Enerji geri kazanımlı batarya gücünü hesaplamak için geri kazanılan enerjinin hesabı yapılmalı bunun için öncelikle cihaz etkinliği bilinmeli bu nedenle cihaz seçimi yapılmalıdır.

Isı tekerinin seçimi için kriterler hava debisi ve

teker pasajları yüzeyindeki hava hızıdır. Buna göre aşağı -
daki diyagramdan seçime gidildiği zaman 13.500 m³/h ve yü-
zeydeki havahızları



SEKIL 69 13 500 m³/h İÇİNİSİ TEKERİ SEÇİMİ

4.70 m/s için 1500 mm çapında ve % 68 etkinlikte
 3.58 m/s için 1700 mm çapında ve % 73 etkinlikte
 2.93 m/s için 1900 mm çapında ve % 76.3 etkinlikte
 2.67 m/s için 2000 mm çapında ve % 78 etkinlikte

dört adet ısı tekeri seçebiliriz. Bunlardan uygulanacak olanı işe ilk yatırım ve işletme maliyetleri açısından yapılacak analizler de optimum değeri verecek olan cihazdır.

I- Kış Sezonu İçin Enerji Geri Kazanım Hesabı :

Isı tekeri çıkış şartları hesabı :

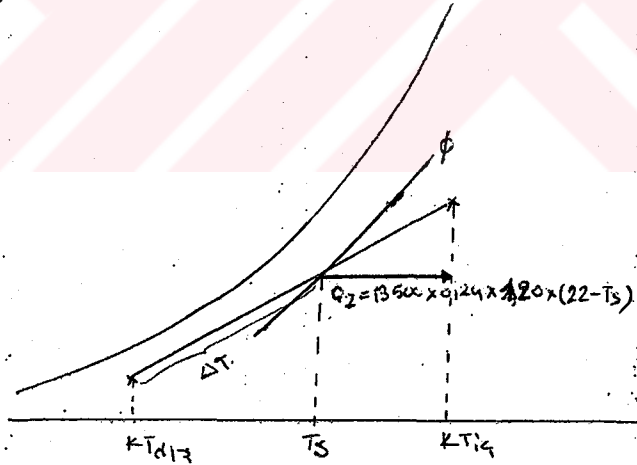
$$\Delta T = (KT_{iç} - KT_{dış}) \times \eta$$

$$T_s = \Delta T + KT_{dış}$$

$$\Delta T = \text{Isı tekeri sıcaklık geri kazanımı}, ^\circ C$$

$$T_s = \text{Isı tekeri Çıkışındaki hava sıcaklığı}, ^\circ C$$

Bağıl Nem : Teker çıkışındaki bağıl nem değeri, higroskopik bir teker seçildiğinden, $KT_{iç}$ ile $KT_{dış}$ noktalarını birleştiren doğru üzerinde T_s 'nin işaretlenmesi ile bulunacak bağıl nem değeridir.



ŞEKİL 70 BAĞIL NEMİN BULUNMASI

Batarya Yüğü :

$$Q_2 = Q_{hava} \times C_p \times d \times (KT_{oda} - T_s)$$

$$Q_2 = \text{Enerji geri kazanımlı batarya yüğü}, \text{Kcal/h}$$

$$Q_{hava} = 13,500 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$C_p = 0.24 \text{ Kcal/h}$$

$$d = 1.20 \text{ kg/m}^3$$

$KT_{oda} = Oda \text{ sıcaklığı} , 22^{\circ}C$

$T_s = Teker \text{ çıkışındaki hava sıcaklığı, } ^{\circ}C$

$$Q_2 = 13.500 \times 0.24 \times 1.20 \times (22 - T_s)$$

Tasarruf Edilen Enerji : (FARK)

$$FARK = Q_1 - Q_2 , \text{ Kcal/h}$$

Yakıt Tasarrufu :

$$Y_T = FARK \times t / (H_u \times \eta_k)$$

$Y_T = \text{Yakıt tasarrufu} , \text{ kg/Ay}$

$t = \text{Tekerleğin Aylık çalışma süresi} , \text{ h/Ay}$

(Otel odaları beslendiğinden günde 24 saat, yılda 365 gün)

$H_u = \text{Yakıtın alt ısı değeri} , 9700 \text{ kcal/kg}$

$\eta_k = \text{Kazan verimi} , \% 75$

Paraca Tasarruf :

$$P_T = Y_T \times E_P$$

$P_T = \text{Paraca tasarruf} , \text{ TL/Ay}$

$E_P = \text{Birim Yakıt Fiyatı, (Ağustos 1992 itibariyle) 1600 TL/kg}$

$$P_T = Y_T \times 1600$$

Not : Teker çıkışından sonra ısıtılan havanın şartları
 $KT=22^{\circ}C$ 'da Bağıl nem $\phi = \% 40$ ile $\% 50$ arasında
 bulunduğundan nemlendirici ve tertibatı iptal edil-
 .miştir.

2- Yaz sezonu Enerji Geri Kazanımı :

Entalpi Geri Kazanımı :

$$\Delta i = (h_d - h_s) \times \eta$$

$\Delta i = \text{Entalpi Geri Kazanımı} , \text{ kcal/kg}$

$h_d = \text{Dış hava entalpi değeri} , \text{ kcal/kg}$

$h_i = \text{İç hava entalpi değeri} , \text{ kcal/h}$

Tasarruf Edilen Enerji :

$$Q2 = Q_{hava} \times \rho \times \Delta i$$

$Q2$ = Geri kazanılan enerji , kcal/h

Q_{hava} = 13.500 m³/h

ρ = Hava yoğunluğu , 1.20 kg/m³

Elektrik Tasarrufu :

$$T_E = Q2 \times t / (COP \times 860)$$

T_E = Elektrik tasarrufu , KW/Ay

t = Tekerleğin aylık çalışma süresi , h/Ay

COP = Kompresör işletme Faktörü , yaklaşık 3 alınabilir.

$$T_E = Q2 \times t / (3 \times 860)$$

Paraca Tasarruf :

$$T_P = T_E \times E_P$$

T_P = Paraca tasarruf , TL/Ay

T_E = Elektrik tasarrufu , KW/Ay

E_P = Elektrik Fiyatı , TL/KW

(Ağustos 1992 itibarıyla 700 TL/KW)

$$T_P = T_E \times 700$$

Aşağıda seçilmiş olan ısı tekerleri için aylık ener-tasarrufu hesapları tablolar halinde verilmiştir.

Qhava=13.500 m³/h
 Rotor Çapı= 1500 mm
 Verim = 68 %
 ΔP = 250 Pa
 Hava Hızı = 4.70 m/s

	ARALIK	OCAK	ŞUBAT	MART
Oda Sıcaklığı	22 °C	22 °C	22 °C	22 °C
Isı Tekerinin çalış- ma süresi (t)	744 h	744 h	672 h	744 h
Dış Sıcaklığı	5.2 °C	2.5 °C	2.5 °C	3.5 °C
Dış Bağıl Nem	%80	% 80	% 75	% 75
$\Delta T = (K1t_k - K1t_s) \times 2$	11.42	13.26	13.26	12.6
$t_s = T + K1t_c$	16.62	15.76	15.76	16.08
Bağıl Nem ϕ	60	60	58	60
$Q1 = 13500 \times 0.24 [d_s (T_{b1} - K1t_{d1}) + 1.233 \times (22 - 12.6)]$	$T\ddot{o}=22.2^{\circ}C$ d=I.23 104.224	$T\ddot{o}=24.3$ d=I.23 123.630	$T\ddot{o}=24.9$ d=I.23 126.050	$T\ddot{o}=24.3$ d=I.225 119.645
$Q2 = 13500 \times 0.24 \times 1.20 \times (22 - 12)$	20.900	24.260	24.260	23.000
Fark= Q1 - Q2	83.320	99.367	101.758	96.300
Yakıt Tasarrufu $\frac{kg}{Ay}$ YT = FARK $\times t$ / (9700 $\times$ 0.75)	8.520	10.162	9.400	9.847
Paraca Tasarruf $\frac{TL}{Ay}$ PT = YT $\times$ 1600	13.633.000	16.260.000	15.040.000	15.755.000

Qhava = 13.500 m³/h

Rotor Çapı = 1500 mm

Verim = 68 %

ΔP = 250 Pa

Hava Hızı = 4.70 m/s

	NİSAN	MAYIS	EKİM	KASIM
Oda Sıcaklığı	22 °C	22 °C	22 °C	22 °C
Isı Tekerinin Çalışma Süresi, t	720 h	744 h	744 h	720 h
Dış Sıcaklık	11.5 °C	16.3 °C	15.6 °C	11.7 °C
$\Delta T = (KTe - KTris) \times \eta$	7.14	3.87	4.35	7.00
$Ts = \Delta T + KTris$	18.64	20.17	19.95	18.7
BAZIL Nem %	56	57	57	57
Enerji Geri Kazanımless Batarya Yüğü	Töl=17.6 d=1.22 60.960 (ön ısıtmalı)	22,160	24.900	56.200 (ön ısıtmalı)
Enerji Geri Kazanımless Batarya Yüğü	13.000	7.115	7.970	12.370
Fark=Q1 - Q2	47.960	15.000	16.930	43.370
Yakıt Tasarrufu $YI = \frac{FARK \times 4}{9700 \times 6.75}$ $\frac{kg}{Ay}$	4.746	1535	1.730	4.290
Paraca Tasarruf $PI = YI \times 1600$	7.595.000	2.455.000	2.770.000	6.865.000

Qhava=13.500 m³/h
 Rotor Çapı= 1.500 mm
 Verim = 68 %
 ΔP = 250 Pa
 Hava Hızı = 4.70 m/s

	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL
Oda Şartları	KT : 22 °C YT : 15.36 °C Ø : % 50	KT : 24 °C YT : 17 °C Ø : % 50	TEMMUZ	KT : 22 °C YT : 15.36 °C Ø : % 50
Dış Şartlar	KT : 26 °C YT : 21.77 °C Ø : % 70	KT : 29 °C YT : 24.5 °C Ø : % 70		KT : 26 °C YT : 22.5 °C Ø : % 75
$\Delta KT = (KT_{dis} - KT_{ic}) \times 2$	2.72	3.40	AYI İLE AYNIDIR	2.72
$\Delta YT = (YT_{dis} - YT_{ic}) \times 2$	4.36	5.1		4.85
$KT_{is} = KT_{dis} - \Delta KT$	23.28	25.60		23.28
$YT_{is} = YT_{dis} - \Delta YT$	17.40	19.40		17.64
hd , hs , d	15 / 11.7 / 1.18	17.5 / 13.2 / 11.7		15.6 / 11.7 / 1.18
$\Delta h = (hd - hs) \times 2$	3.3	4.3		3.9
$\bar{Q} = \text{GERİ KAZANILAN E-ENERJİ } Q_{B500} \times d_{sh}$	52.570	68.000		62.127
Elektrik tasarrufu $IE = \frac{KW}{Q \times t / (3 \times 860) \text{ AY}}$	14.670	19.585		17.337
Paraca Tasarrufu $TP = IE \times 700 \frac{TL}{AY}$	10.270.000	13.710.000		12.136.000
Enerji Geri Kazanımsız Batarya yükü $Kcal/h$	74.870	97.930		84.430
Enerji Geri Kazanımlı Batarya yükü $Kcal/h$	22.300	30.000		22.300

$Q_{hava} = 13.500 \text{ m}^3/\text{h}$
 $\text{Rotor Çapı} = 1700 \text{ mm}$
 $\text{Verim} = 73 \%$
 $\Delta P = 187 \text{ Pa}$
 $\text{Hava Hızı} = 3.58 \text{ m/s}$

	ARALIK	OCAK	ŞUBAT	MART
Oda Sıcaklığı	22°C	22°C	22°C	22°C
Isl Tekerinin çalış- ma süresi (t)	744 h	744 h	672 h	744 h
Dış Sıcaklık	5.2°C	2.5°C	2.5°C	3.5°C
Dış Bağıl Nem	%80	%80	%75	%75
$\Delta T = (T_{iç} - T_{dış}) \times 2$	12.26	14.23	14.23	13.50
$T_s = T + K T_{ic}$	17.46	16.73	16.73	17.00
Bağıl Nem ϕ	57	58.35	57.5	57
$Q_1 = 13500 \times 0.24 [d_1 (T_{s1} - K T_{dış}) + 1.233 (22 - 12.8)]$	$T_{ö} = 22.2^\circ\text{C}$ $d = 1.23$	$T_{ö} = 24.3$ $d = 1.23$	$T_{ö} = 24.9$ $d = 1.23$	$T_{ö} = 24.3$ $d = 1.225$
$Q = 13500 \times 0.24 \times 1.20 \times (22 - T_s)$	104.224	123.630	126.050	119.645
Fark = $Q_1 - Q_2$	17.635	20.470	20.470	19.420
Yakıt Tasarrufu $Y_T = FARK \times t / (9700 \times 0.75)$ $\frac{\text{kg}}{\text{Ay}}$	86.600	103.160	105.550	99.885
Paraca Tasarruf $PT = Y_T \times 1600$ $\frac{\text{TL}}{\text{Ay}}$	8.855	10.550	9.750	10.215
	14.168.000	16.879.000	15.600.000	16.344.000

Qhava = 13.500 m³/h

Rotor Çapı = 1700 mm

Verim = 73 %

ΔP = 187 Pa

Hava Hızı = 3.58 m/s

	NİSAN	MAYIS	EKİM	KASIM
Oda Sıcaklığı	22 °C	22 °C	22 °C	22 °C
Isı Tekerinin Çalışma Süresi, t	720 h	744 h	744 h	720 h
Dış Sıcaklık	11.5 °C	16.3 °C	15.6 °C	11.7 °C
$\Delta T = (K_{Tic} - K_{Tds}) \times t$	7.66	4.16	4.67	7.52
$TS = \Delta T + K_{Tds}$	19.16	20.46	20.27	19.22
BAĞIL Nem	55	57	56	56
Enerji Geri Kazanımless Batarya Yüğü	Töl=17.6 d=1.22 60.960 Kcal / h	22.160	24.900	56.200
Enerji Geri Kazanımless Batarya Yüğü	11.020 Kcal / h	6.000	6.700	10.810
Fark=Q1 - Q2	49.470	16.160	18.400	45.386
Yakıt Tasarrufu $YI = \frac{FARK \times 24}{9700 \times 0.75} \frac{kg}{Ay}$	4.894	1.652	1.880	4.490
Paraca Tasarrufu $PI = YI \times 1600 \frac{TL}{Ay}$	7.830.000	2.650.000	3.010.000	7.187.000

Qhava=13.500 m³/h
 Rotor Çapı=1700 mm
 Verim = 73 %
 ΔP = 187 Pa
 Hava Hızı = 3.58m/s

	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL
Oda Şartları	KT : 22 °C YT : 15.36 °C Ø : % 50	KT : 24 °C YT : 17 °C Ø : % 50		KT : 22 °C YT : 15.36 °C Ø : % 50
Dış Şartlar	KT : 26 °C YT : 21.77 °C Ø : % 70	KT : 29 °C YT : 24.5 °C Ø : % 70		KT : 26 °C YT : 22.5 °C Ø : % 75
$\Delta KT = (KT_{dis} - KT_{ic}) \times \eta$	2.92	3.65		2.92
$\Delta YT = (YT_{dis} - YT_{ic}) \times \eta$	4.68	5.47		5.21
$KT_{is} = KT_{dis} - \Delta KT$	23.08	25.35		23.08
$YT_{is} = YT_{dis} - \Delta YT$	17.10	19.03		17.30
hd , hs , d	15 /11.3- /1.18	17.5 /12.8 /1.17		15.6 /11.6/1.18
$\Delta h=(hd-hs) \times \eta$	3.7	4.7		4.0
$Q = \text{GERİ KAZANILAN ENERJİ } Q_{B500} \times d_r \times \Delta h$	58.940	74.236		63.720
Elektrik tasarrufu $T_E = \frac{Q \times t}{(3 \times 860)} \frac{KW}{AY}$	16.450	21.407		17.782
Paraca Tasarrufu $T_P = T_E \times 700 \frac{TL}{AY}$	11.520.000	14.985.000		12.447.000
Enerji Geri Kazanımless Batarya yükü $Kcal/h$	74.870	97.930		84.430
Enerji Geri Kazanımless Batarya yükü $Kcal/h$	15.930	23.692		20.700

$Q_{hava} = 13.500 \text{ m}^3/\text{h}$
 Rotor Çapı = 1900 mm
 Verim = 76.3 %
 $\Delta P = 150 \text{ Pa}$
 Hava Hızı = 2.93 m/s

	ARALIK	OCAK	ŞUBAT	MART
Oda Sıcaklığı	22°C	22°C	22°C	22°C
Isı Tekerinin çalış- ma süresi (t)	744 h	744 h	672 h	744 h
Dış Sıcaklık	5.2°C	2.5°C	2.5°C	3.5°C
Dış Bağıl Nem	%80	%80	%75	%75
$\Delta T = (T_{iK} - T_{dış}) \times 2$	12.82	14.88	14.88	14.11
$I_s = T + K T_{ic}$	18.02	17.38	17.38	17.62
Bağıl Nem ϕ	56.33	57	56	56.66
$Q_1 = 13500 \times 0.24 [d_s (T_{bi} - K T_{dış}) + 1.233 (22 - 12.8)]$	$T_{ö} = 22.2^\circ\text{C}$ d=I.23 104.224	$T_{ö} = 24.3^\circ\text{C}$ d=I.23 123.630	$T_{ö} = 24.9^\circ\text{C}$ d=I.23 126.050	$T_{ö} = 24.3^\circ\text{C}$ d=I.225 119.645
$Q = 13500 \times 0.24 \times 1.20 \times (22 - T_s)$	15.480	17.970	17.970	17.047
Fark = Q - Q2	88.743	105.660	107.688	102.600
Yakıt Tasarrufu $Y_T = FARK \times t / (9700 \times 0.75) \text{ Ay}$	9.075	10.805	9.947	10.492
Paraca Tasarruf $PT = Y_T \times 1600$	14.521.000	17.289.000	15.915.000	16.787.000

Qhava = 13.500 m³/h

Rotor Çapı = 1.900 mm

Verim = 76.3 %

P = 150 Pa

Hava Hızı = 2.93 m/s

	NİSAN	MAYIS	EKİM	KASIM
Oda Sıcaklığı	22 °C	22 °C	22 °C	22 °C
Isı Tekerinin Çalışma Süresi, t	720 h	744 h	744 h	720 h
Dış Sıcaklık	11.5 °C	16.3 °C	15.6 °C	11.7 °C
$\Delta T = (K_{Tic} - K_{Tds}) \times t$	8.00	4.35	4.90	7.86
$T_s = \Delta T + K_{Tdis}$	19.50	20.65	20.50	19.56
BAZIL Nem	55	55	55	56
Enerji Geri Kazanımless Batarya Yüğü	Töl=17.6 d=1.22 60.960 Kcal/h	22,160	24.900	56.200
Enerji Geri Kazanımless Batarya Yüğü	9.675 Kcal/h	5.250	5.850	9.500
Fark=Q1 - Q2	51.285	16.910	19.050	46.700
Yakıt Tasarrufu $Y_T = \frac{FARK \times t}{9700 \times 0.75}$	5.075 kg AY	1.730	1.950	4.622
Paraca Tasarrufu $PT = Y_T \times 1600$	8.123.000 TL AY	2.768.000	3.120.000	7.400.000

Qhava=13.500 m³/h

Rotor Çapı= 1.900 mm

Verim = 76.3%

$\Delta P = 150 \text{ Pa}$

Hava Hızı = 2.93m/s

	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL
Oda Şartları	KT : 22 °C YT : 15.36 °C Ø : % 50	KT : 24 °C YT : 17 °C Ø : % 50		KT : 22 °C YT : 15.36 °C Ø : % 50
Dış Şartlar	KT : 26 °C YT : 21.77 °C Ø : % 70	KT : 29 °C YT : 24.5 °C Ø : % 70	TEMMUZ	KT : 26 °C YT : 22.5 °C Ø : % 75
$\Delta KT = (KT_{dış} - KT_{iç}) \times \eta$	3.05	3.82	AYI	3.05
$\Delta YT = (YT_{dış} - YT_{iç}) \times \eta$	4.90	5.72		5.45
$KT_{is} = KT_{dış} - \Delta KT$	22.90	25.18	ILE	22.95
$YT_{is} = YT_{dış} - \Delta YT$	16.90	18.80		17.05
hd , hs , d	15/11.2/1.18	17.5/12.7/1.17	AYNIDIR	15.6/11.3/1.18
$\Delta h = (hd - hs) \times \eta$	3.8	4.8		4.3
$Q = \text{GERİ KAZANILAN ENERJİ } Q_{0.500} \times d_{0.5h}$	60.534	75 816.		68.500
Elektrik tasarrufu $TE = Q_{0.5h} / (3 \times 860) \text{ AY}$	16.893	21.865		19.116
Paraca Tasarrufu $TP = TE \times 700 \frac{\text{TL}}{\text{AY}}$	11.825 000	15 305 000		13 382.000
Enerji Geri Kazanımsız Batarya yükü $\frac{\text{Kcal}}{\text{h}}$	74 871	97 930		84 430
Enerji Geri Kazanımlı Batarya yükü $\frac{\text{Kcal}}{\text{h}}$	14.337	22.113		15.930

$Q_{hava} = 13.500 \text{ m}^3/\text{h}$
 Rotor Çapı = 2000 mm
 Verim = 78 %
 $\Delta P = 146 \text{ Pa}$
 Hava Hızı = 2.67 m/s

	ARALIK	OCAK	ŞUBAT	MART
Oda Sıcaklığı	22 °C	22 °C	22 °C	22 °C
Isı Tekerinin çalış- ma süresi (t)	744 h	744 h	672 h	744 h
Dış Sıcaklık	5.2 °C	2.5 °C	2.5 °C	3.5 °C
Dış Bağıl Nem	%80	%80	%75	%75
$\Delta T = (K_{Tc} - K_{Tds}) \times 2$	13.10	15.21	15.21	14.43
$I_s = I + K_{Tic}$	18.30	17.71	17.71	17.93
Bağıl Nem ϕ	56	56.55	56.33	56
$Q_1 = 13500 \times 0.24 [d_s (T_{R1} - K_{Tds}) + 1.233 \times (22 - 12.8)]$	$T\ddot{o} = 22.2^\circ\text{C}$ $d = 1.23$ 104.224	$T\ddot{o} = 24.3$ $d = 1.23$ 123.630	$T\ddot{o} = 24.9$ $d = 1.23$ 126.050	$T\ddot{o} = 24.3$ $d = 1.225$ 119.645
$Q = 13500 \times 0.24 \times 1.20 \times (22 - 12)$	14.370	16.680	16.680	15.824
Fark = $Q_1 - Q_2$	89854	106.950	109.340	103.482
Yakıt Tasarrufu $YI = \text{FARK} \times t / (9700 \times 0.75)$ $\frac{\text{kg}}{\text{Ay}}$	9.190	10.937	10.100	10.582
Paraca Tasarruf $PT = YI \times 1600$ $\frac{\text{TL}}{\text{Ay}}$	14.703 000	17 500 000	16.160.000	16.933 000

Qhava = 13.500 m³/h

Rotor Çapı = 2000 mm

Verim = 78 %

P = 146 Pa

Hava Hızı = 2.67 m/s

NİSAN		MAYIS	Ekim	KASIM
Oda Sıcaklığı	22 °C	22 °C	22 °C	22 °C
Isı Tekerinin Çalışma Süresi, t	720 h	744 h	744 h	720 h
Dış Sıcaklık	11.5 °C	16.3 °C	15.6 °C	11.7 °C
$\Delta T = (K T_{ic} - K T_{dis}) \times \lambda$	8.20	4.45	5.00	8.03
$T_s = \Delta T + K T_{dis}$	19.70	20.75	20.60	19.73
Bağıl Nem	54	55	54	56
Enerji Geri Kazanımız Batarya Yüğü	Töl = 17.6 d = 1.22 60.960 Kcal/h	Töl = 22.160	24.900	56.200
Enerji Geri Kazanım Batarya Yüğü	8.980 Kcal/h	4.875	5.445	8.810
Fark = Q1 - Q2	52 080	17 285	19 455	47 390
Yakıt Tasarrufu $Y_T = \frac{FARK \times t}{9700 \times 0.75}$	5.145 kg Ay	1.768	1.990	4.690
Paraca Tasarrufu $P_T = Y_T \times 1600$	8.232.000 TL Ay	2.830.000	3.185.000	7.505.000

Qhava=13.500 m³/h
 Rotor Çapı=2000 mm
 Verim = 78 %
 ΔP = 146 Pa
 Hava Hızı = 2.67m/s

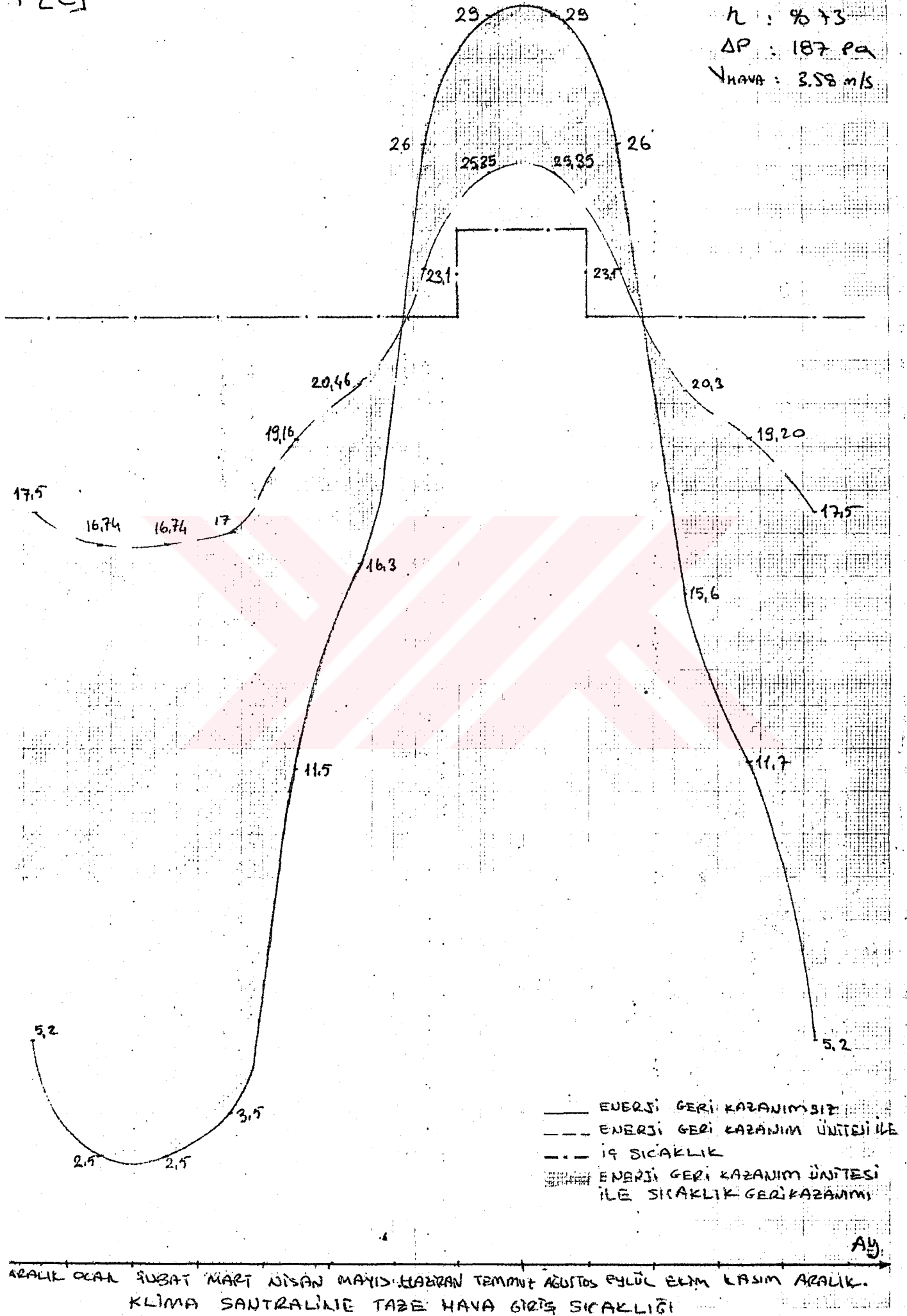
	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL
Oda Şartları	KT : 22 °C YT : 15.36 °C Ø : % 50	KT : 24 °C YT : 17 °C Ø : % 50		KT : 22 °C YT : 15.36 °C Ø : % 50
Dış Şartlar	KT : 26 °C YT : 21.77 °C Ø : % 70	KT : 29 °C YT : 24.5 °C Ø : % 70	TEMMUZ	KT : 26 °C YT : 22.5 °C Ø : % 75
$\Delta KT = (KT_{dış} - KT_{iç}) \times \ell$	3.12	3.90	AYI	3.12
$\Delta YT = (YT_{dış} - YT_{iç}) \times \ell$	5.00	5.85	İLE	5.57
KTs = KT _{dış} - KT	22.88	25.10		22.8
YTs = YT _{dış} - YT	16.77	18.65		16.93
hd , hs , d	15 / 11.2 / 1.18	17.5 / 12.6 / 1.17	AY N I D I R	15.6 / 11.2 / 1.18
$\Delta h = (hd - hs) \times \frac{K_{cal}}{\ell \times \rho}$	3.8	4.7		4.4
Q = GERİ KAZANILAN ENERJİ Q _{0.500} x d x Δh	60.534	77.395		70.100
Elektrik tasarrufu $T_E = Q \times t / (3 \times 860) \frac{KW}{AY}$	16.895	22.120		19.565
Paraca Tasarrufu $T_P = T_E \times 700 \frac{TL}{AY}$	11.825.000	15.623.000		13.700.000
Enerji Geri Kazanımsız Batarya yükü Kcal/h	74 870	97 930		84.430
Enerji Geri Kazanımlı Batarya yükü Kcal/h	14 337	20.534		14.330

Tablolar halinde verilmiş bu değerlerden klima sant -
raline hava giriş sıcaklığı ve batarya yükleri, enerji ge -
ri kazanımlı ve enerji geri kazanımsız olarak, aylık diyag -
ramlar halinde gösterilmek istenirse aşağıdaki diyagramlar
elde edilir. Bu diyagramlardan, ısı tekerlerinin faydalılığı
daha kolaylıkla görülebilmektedir.



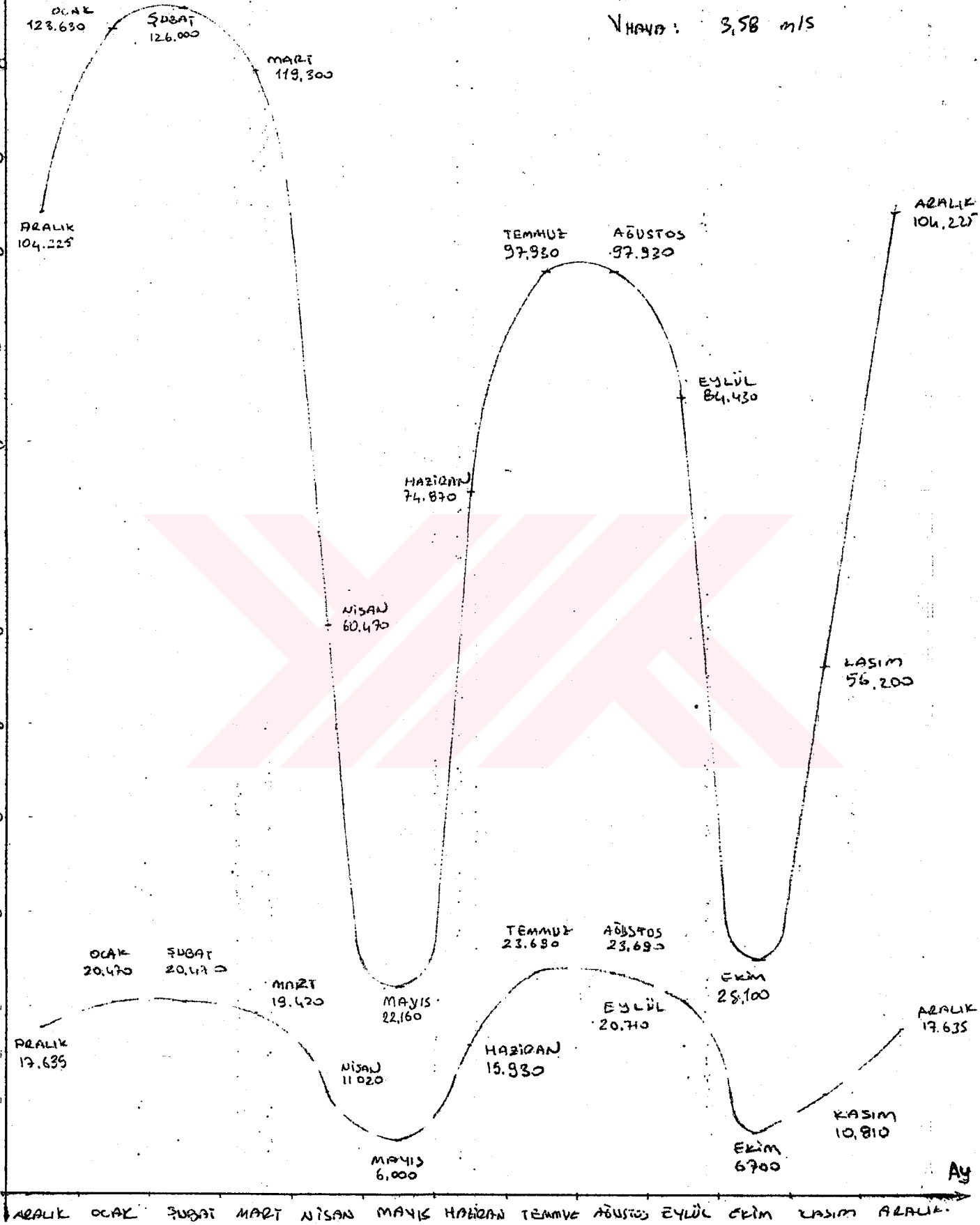
T [°C]

ROTOR ÇAP: 1700 mm

 η : % 73 ΔP : 187 Pa V_{HAVA} : 3.58 m/s

KAPASİTESİ
Kcal/h

$Q_{HAVA} = 13.500 \text{ m}^3/\text{h}$
ROTOR GAP: 1700 mm
 $\eta : \% 73$
 $\Delta P : 187 \text{ Pa}$
 $V_{HAVA} : 3,58 \text{ m/s}$



— ENERJİ GERİ KAZANIMSIZ
- - - ENERJİ GERİ KAZANIM ÜNİTESİ İLE

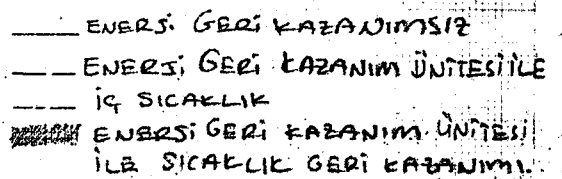
KLİMA SANTRALI BATERYA GÜCÜ

T [°C]

12: 9076.3

$$\Delta P : 150 \text{ Pa}$$

VRAJA 1.293mls



ARALIK OCAK ŞUBAT MART NİSAN MAYIS HAZİRAN TEMMUZ AĞUSTOS EYLÜL EKİM KASIM ARALIK
KLİMA SANTRALI TABİE HAVA GİRİŞ SICAKLIKLARI.

BATARYA
KAPASİTESİ
kcal/h

SUBAT
126.000

OCAK
123.630

MART
119.300

ARALIK
104.225

TEMMUZ
97.930

AĞUSTOS
97.930

ARALIK
104.225

HAZİRAN
74.870

NİSAN
60.470

EYLÜL
84.430

KASIM
96.200

OCAK
17.970

SUBAT
17.970

MART
17.050

MAYIS
22.160

TEMMUZ
22.115

AĞUSTOS
22.115

EKİM
25.100

ARALIK
15.480

NİSAN
9.675

MAYIS
5.250

HAZİRAN
14.335

EYLÜL
15.830

EKİM
5850

ARALIK
15.480

ARALIK OCAK SUBAT MART NİSAN MAYIS HAZİRAN TEMMUZ AĞUSTOS EYLÜL EKİM KASIM ARALIK

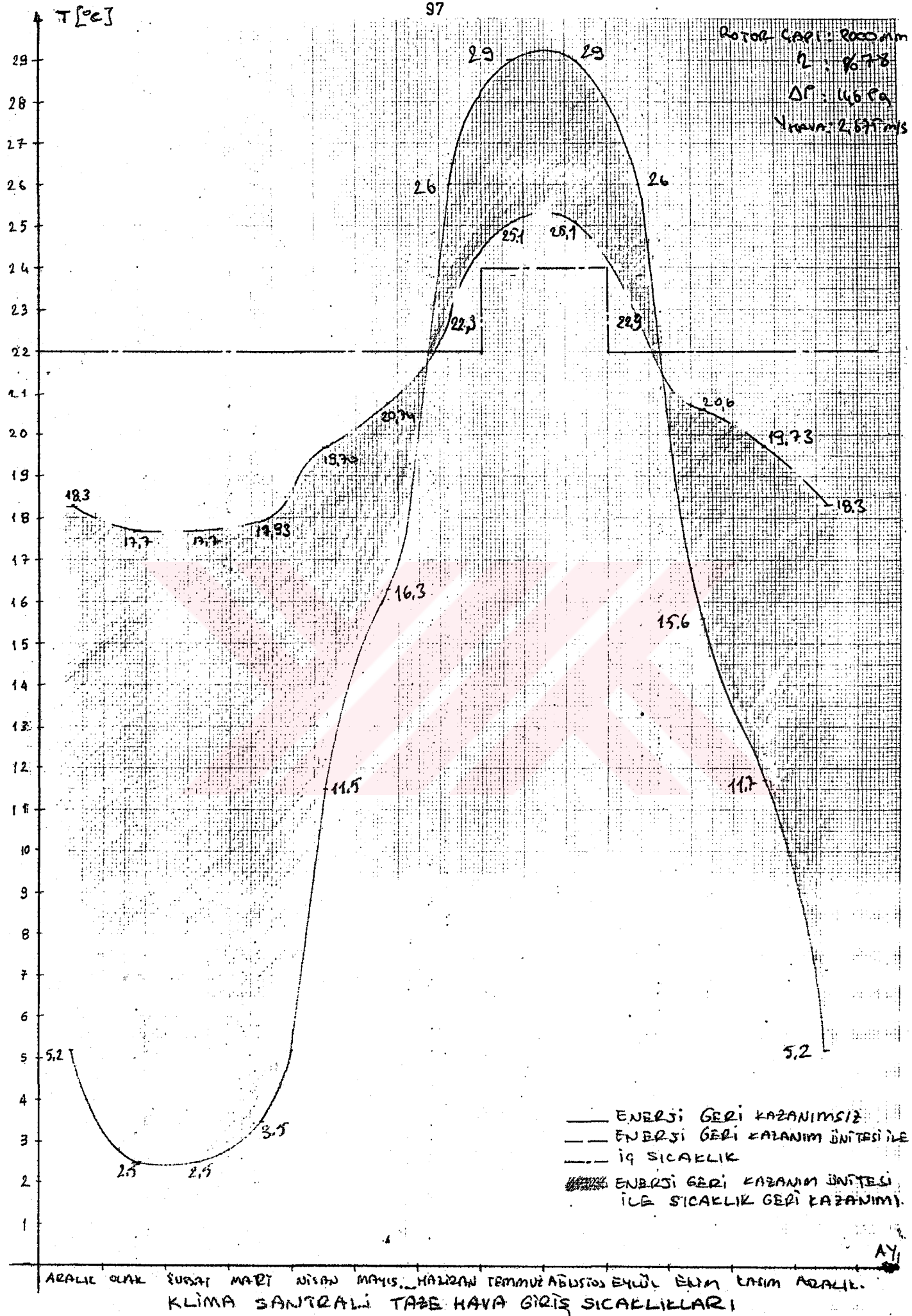
— ENERJİ GERİ KAZANIMSIZ

— ENERJİ GERİ KAZANIM ÜNİTESİ İLE

000 csi

KLİMA SANTRALI BATARYA GÜCÜ

Q_{HAVA}: 13.500 m³/h
RÖTOR ÇAP: 1900 mm
η: 90,76,3
ΔP: 150 Pa
V_{HAVA}: 2,93 m/s



PHANA : 13.500 m³/h

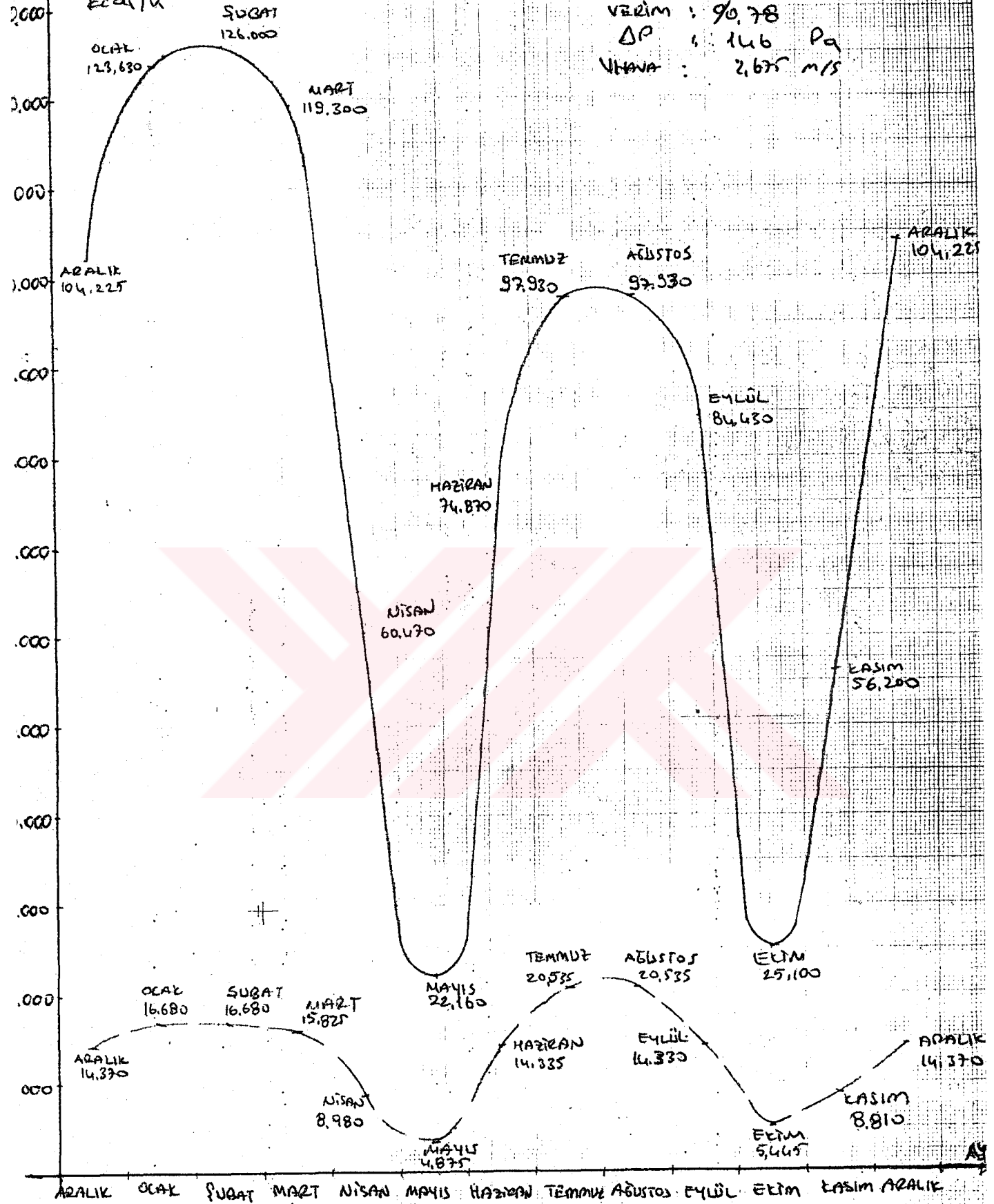
ROTOR GAPI : 2.000 mm

VERİM : 90,78

ΔP : 146 Pa

VAHVA : 2,675 m/s

BATARYA
KAPASİTESİ
kcal/h



ARALIK OCAK ŞUBAT MART NİSAN MAYIS HAZİRAN TEMMUZ AĞUSTOS EYLÜL EKİM KASIM ARALIK

— ENERJİ GERİ KAZANIMSIZ

— ENERJİ GERİ KAZANIM ÜNİTESİ İLE

KLİMA SANTRALİ BATARYA GÜCÜ

Batarya yüklerindeki bu azalmadan dolayı aylık ve yıllık enerji tasarruflarının paraca değerleri Ağustos 1992 fiyatları ile aşağıdaki tabloda düzenlenmiştir. Aynı tabloda enerji geri kazanımsız ve enerji geri kazanımlı enerji tüketimlerinin ekonomik olarak karşılaştırılması da verilmiştir.

1992 AĞUSTOS ayı fiyatları ile, enerji tasarrufu bedelleri

ENERJİ GERİK.SİZ	% 68	% 73	% 76.3	% 78
ARALIK	17.703.000	13.633.000	14.168.000	14.703.000
OCAK	20.229.000	16.260.000	16.897.000	17.500.000
ŞUBAT	18.625.000	15.040.000	15.600.000	16.160.000
MART	19.521.000	15.755.000	16.344.000	16.933.000
NİSAN	9.653.000	7.595.000	7.830.000	8.232.000
MAYIS	3.626.000	2.455.000	2.650.000	2.830.000
HAZİRAN	14.625.000	10.270.000	11.520.000	11.825.000
TEMMUZ	19.767.000	13.710.000	14.985.000	15.623.000
AĞUSTOS	19.767.000	13.710.000	14.985.000	15.623.000
EYLÜL	16.493.000	12.136.000	12.447.000	13.700.000
EKİM	4.074.000	2.770.000	3.010.000	3.185.000
KASIM	8.899.000	6.865.000	7.187.000	7.505.000
YILLIK ENERJİ TASARRUFU	—	130.199.000	137.605.000	143.891.000
YILLIK ENERJİ TÜKETİMİ	172.333.000	42.134.000	34.728.000	28.514.000

İşletme maliyetleri yukarıdaki tabloda toplanmış bulunmaktadır. İlk yatırım maliyetleri içinde benzer bir tablo hazırlamak için ilk yatırım maliyetlerinde azalan ve artan (ilave) maliyetleri incelemek gereklidir.

Azalan maliyetleri

- 1- Isıtıcı Batarya
- 2- Soğutucu Batarya
- 3- Nemlendirici ve teferruatı
- 4- Kazan
- 5- Soğutma Grubu
- 6- Soğutma kulesi

oluşturmaktadır. Bu ekipmanların Paraca bedelleri ve azalan ilk yatırım maliyetleri B.B.B.F. 'na göre düzenlenmiştir ,

İlave yatırımlar ise Isı tekeri ve otomatik kontrol elemanlarından ibarettir.

Aşağıda seçilen ısı tekerleri için azalan ilk yatırım maliyetleri incelenmiştir. ve sonuçlar işletme maliyetleri gibi bir tabloda toplanmıştır.

Rotor Çapı : 1500 mm

Verim : % 68

I - Isıtıcı Serpantin

Q_Imax : 126.000 kcal/h

Q_{ö1} : 90.000 kcal/h 257-208 11.880.000

Q_{s1} : 40.000 kcal/h 257-205 5.320.000

+ 17.200.000

Q₂max : 25.000 kcal/h

257-204 ve 257-205'in interpolasyonundan 4.450.000

Fark 12.750.000 TL

2 - Soğutucu Serpantin

Q_Imax : 100.000 kcal/h

258-II2 ve 258-II3'ün interpolasyonu

258-200'e uygun olarak alınır 23.200.000

Q₂max : 32.000 kcal/h

258-I09 ve 258-II0'un interpolasyonu

258-200'e uygun olarak alınır 9.950.000

Fark 13.250.000

3 - Nemlendirici ve Teferruatı

259-I05 'den Nemlendirici 12.430.000

260-203 'den Hücre saçları 10.55x520.000= 5.486.000

266-200 'den Ses izolasyonu 10.55x 46.000= 485.000

217-II3 'den Nemlendirici Pompası 2.150.000

+ 20.551.000

Boru,vana,fittingleri için % 10 2.055.000

Fark + 22.606.000

4 - Kazan Farkı

Q_Imax : 126.000 kcal/h

I52-I04 ve I52-I05'in enterpolasyonundan 14.850.000

Q₂max : 25.000 kcal/h I52-I01 5.020.000

Fark + 9.830.000

5 - Soğutma Grubu Farkı5-1 Kompresör Farkı

$Q_{max} = 100.000 \times 1.1 = 110.000 \text{ kcal/h}$

55I-3I0 ve 55I-3II'in interpolasyonu

55I-400'e Uygun olarak alınırsa 132.770.000

$Q_{2max} = 32.000 \times 1.1 = 35.000 \text{ kcal/h}$

55I,306 ve 55I-307'in interpolasyonu

55I,400'e uygun olarak alınırsa 50.450.000

Fark 82.320.000

5-2 Kondenser Farkı

$Q_{Imax} : 110.000 \text{ kcal/h}$

557-I07 ile 557-I08'in farkı

557-200'e uygun olarak alınırsa 29.770.000

$Q_{2max} : 35.000 \text{ kcal/h}$

557-I04 ve 557-I03'ün interpolasyonu

557-200'e uygun olarak alınırsa 11.250.000

Fark 18.520.000

5-3 Evaporatör Farkı

$Q_{Imax} : 110.000 \text{ kcal/h}$ 562-3I0 31.960.000

$Q_{2max} : 35.000 \text{ kcal/h}$ 562-302 12.030.000

Fark 19.930.000

6 - Soğutma Kulesi Farkı

$Q_{Imax} : 110.000 \text{ kcal/h}$ 559-I08 19.140.000

$Q_{2max} : 35.000 \text{ kcal/h}$ 559-I04 7.260.000

Fark 11.880.000

Rotor Çapı : 1700 mm

Verim : % 73

1 - Isıtıcı Serpantin Farkı

Q _{imax} : 126.000 kcal/h	17.200.000
Q _{2max} : 20.000 kcal/h 257-204	4.160.000
Fark	<u>13.040.000</u>

2 - Soğutucu Serpantin Farkı

Q _{imax} : 100,000 kcal/h	23.200.000
Q _{2max} : 25.000 kcal/h	
258-I08 ve 258-I09'un interpolasyonu	
258-200'e uygun olarak alınır	8.400.000
Fark	<u>14.800.000</u>

3 - Nemlendirici ve Teferruatı

Fark 22.606.000

4 - Kazan Farkı

Fark 9.830.000

5 - Soğutma Grubu Farkı

5-1 Kompresör Farkı

Q _{imax} : 110.000 kcal/H	132.770.000
Q _{2max} : 25.000x1.1=27.500	
551-306 , 551-400'e uygun olarak	42.895.000
Fark	<u>89.875.000</u>

5-2 Kondenser Farkı

Q _{imax} : 110.000 kcal/h	29.770.000
Q _{2max} : 27.500 kcal/h	
557-I02 ve 557-I03'ün interpolasyonu	
557-200'e uygun olarak alınır	8.550.000
Fark	<u>21.220.000</u>

5-3 Evaporatör Farkı

Q _{imax} : 110.000 kcal/H 562-310	31.960.000
Q _{2max} : 27.500 kcal/h 562-301	10.970.000
Fark	<u>20.990.000</u>

6 - Soğutma Kulesi Farkı

Q _{imax} : 110.000 kcal/h 559-I08	19.140.000
Q _{2max} : 27.500 kcal/h 559-I03	7.030.000
Fark	<u>12.110.000</u>

Rotor Çapı : 1900 mm

Verim : % 76.3

1 - Isıtıcı Serpantin Farkı

Q _{Imax} :	126.000 kcal/h	17.200.000
Q _{2max} :	18.000 kcal/h 257-20 ₄	4.160.000
	Fark	= 13.040.000

2 - Soğutucu Serpantin Farkı

Q _{Imax} :	100.000 kcal/h	23.200.000
Q _{2max} :	25.000 kcal/h	
258-I08 ve 258-I09'un interpolasyonu		
258-200'e uygun olarak alınır		8.400.000
	Fark	= 14.800.000

3 - Nemlendirici ve Teferruatı

Fark 22.606.000

4 - Kazan Farkı

Fark 9.830.000

5 - Soğutma Grubu Farkı5-1 Kompresör Farkı

Q _{Imax} :	110.000 kcal/H	132.770.000
Q _{2max} :	25.000x1.1=27.500	
551-306 , 551-400'e uygun olarak		42.895.000
	Fark	= 89.875.000

5-2 Kondenser Farkı

Q _{Imax} :	110.000 kcal/h	29.770.000
Q _{2max} :	27.500 kcal/h	
557-I02 ve 557-I03'ün interpolasyonu		
557-200'e uygun olarak alınır		8.550.000
	Fark	= 21.220.000

5-3 Evaporatör Farkı

Q _{Imax} :	110.000 kcal/H 562-310	31.960.000
Q _{2max} :	27.500 kcal/h 562-30I	10.970.000
	Fark :	= 20.990.000

6 - Soğutma Kulesi Farkı

Q _{Imax} :	110.000 kcal/h 559-I08	19.140.000
Q _{2max} :	27.500 kcal/h 559-I03	7.030.000
	Fark	= 12.110.000

Rotor Çapı : 2000 mm

Verim : % 78

1 - Isıtıcı Serpantin Farkı

QImax : 126.000 kcal/h 17.760.000

Q2max : 15.000 kcal/h

257-204 ve 257-203'ün Interpolasyonu 3.440.000

Fark 13.760.000

2 - Soğutucu Serpantin Farkı

QImax : 100.000 kcal/h 23.200.000

Q2max : 20.000 kcal/h

258-108,258-200'e uygun olarak 7.550.000

Fark 15.650.000

3 - Nemlendirici ve Teferruatı

Fark 22.606.000

4 - Kazan Farkı

Fark 9.830.000

5 - Soğutma Grubu Farkı

5-1 Kompresör Farkı

QImax: 110.000 kcal/h 132.770.000

Q2max : 20.000x1.1=22.000 kcal/h

551-305,551-400'e uygun olarak alınır 34.345.000

Fark 98.425.000

5-2 Kondenser Farkı

QImax : 110.000 kcal/h 29.770.000

Q2max : 22.000 kcal/h

557-102,557-200'e uygun olarak alınır 7.310.000

Fark 22.460.000

5-3 Evaporatör Farkı

QImax : 110.000 kcal/h 562-310 31.960.000

Q2max : 22.000 kcal/h 562-301 10.970.000

Fark 20.990.000

6 - Soğutma Kulesi

QImax : 110.000 kcal/h 559-108 18.140.000

Q2max : 22.000 kcal/h 559-103 7.030.000

Fark 12.110.000

1992 B.B.B.F.T fiyatları ile ilk yatırım tasarrufu bedelleri

	% 68	% 73	% 76.3	% 78
Isıtıcı Serpantin	12.750.000	13.040.000	13.040.000	13.760.000
Soğutucu Serpantin	13.250.000	14.800.000	14.800.000	15.650.000
Nemlendirici	22.606.000	22.606.000	22.606.000	22.606.000
Kazan	9.830.000	9.830.000	9.830.000	9.830.000
Kompresör	82.320.000	89.875.000	89.875.000	98.425.000
Kondenser	18.520.000	21.220.000	21.220.000	22.460.000
Evaporatör	19.930.000	20.990.000	20.990.000	20.990.000
Soğutma Kulesi	11.880.000	12.110.000	12.110.000	12.110.000
Yekün	191.086.000	204.451.000	204.451.000	215.831.000

Artan (ilave) ilk yatırım maliyetleri incelemesinde ise ısı tekeri ve ısıtekerine ait otomatik kontroller,kanal ve elektrik bağlantıları,v.s. olmak üzere seçilen ısı tekerlerinin Ağustos 1992 fiyatları

I500 mm higroskopik	93.750.000 TL
I700 mm higroskopik	103.501.000 TL
I900 mm higroskopik	113.250.000 TL
2000 mm higroskopik	137.500.000 TL

Sistemde kullanılacak kazan,soğutma grubu ,klima santrali,soğutma kulesi v.s. dahil,yerinde kurulu ve çalışır vaziyette teslim fiyatı 405.000.000 TL olarak özel firmalardan alınmıştır.

O halde enerji geri kazanımlı sistemin ilk yatırım maliyeti

I500 mm Isı Tekerı için	
405.000.000 - 191.086.000 + 93.750.000 =	307.664.000 TL
I700 mm Isı Tekerı için	
405.000.000 - 204.451.000 + 103.501.000=	304.050.000 TL
I900 mm Isı Tekerı için	
405.000.000 - 204.451.000 + 113.250.000=	313.799.000 TL
2000 mm Isı Tekerı için	
405.000.000 - 215.831.000 + 137.500.000=	326.669.000 TL

Enerji geri kazanımlı sistemin yıllık enerji tüketimi

I500 mm Isı Tekerı ile	42.134.000 TL
I700 mm Isı Tekerı ile	34.728.000 TL
I900 mm Isı Tekerı ile	30.593.000 TL
2000 Mm Isı Tekerı ile	28.514.000 TL

Bu değerlerin bir etkinlik - maliyet diyagramı Şekil 77'de verilmiştir.Bu diyagram üzerinde ^{endüstriyel} Aışletme ve ilk yatırım maliyetleri toplamı % 73 etkinlikte I700 mm çaplı ısı tekerine ait olduğu görülmektedir.

ENERJİ GERİ KAZANIMSIZ SİSTEMİN İLK YATIRIM MALİYETİ

349.798.000

SİSTEM + ENERJİ
MALİYETİ + TÜKETİMİ

350.778.000

345.892.000

307.666.000

ENERJİ GERİ KAZANIM
EKLİMANLI SİSTEM
MALİYETİ

306.890.000

313.799.000

42.134.000

ENERJİ GERİ KAZANIMLI
YILLIK ENERJİ TÜKETİM
BEDELLERİ

36.728.000

30593.000

(İLK YATIRIM + İŞLETME MALİYETLERİ) - ETKİNLİK

Cihaz seçiminin son basamağı olarak, enerji geri kazanımının cihaz ömrü boyunca toplam parasal değeri ve ilkyatırım azalmasının cihaz ömrü boyunca getirisinin değerini hesaplayalım.

$$KY = I + \text{Kârlılık yüzdesi}$$

$$n = \text{Cihaz ömrü}$$

$$\text{Kârlılık yüzdesi} = \% 52$$

$$n = 10 \text{ yıl}$$

Toplam Parasal Tasarruf

$$TPT = \text{Yıllık Enerji Tasarrufu} \times \left[\frac{KY^n - I}{KY - I} \right]$$

İlk Yatırım Azalması Getirisi

$$YM = \text{İlk Yatırımdaki Azalma} \times KY^n$$

$$\left[\frac{KY^n - I}{KY - I} \right] = \left[\frac{1.52^{10} - 1}{1.52 - 1} \right] = 124.676$$

$$KY^n = 1.52^{10} = 65.83$$

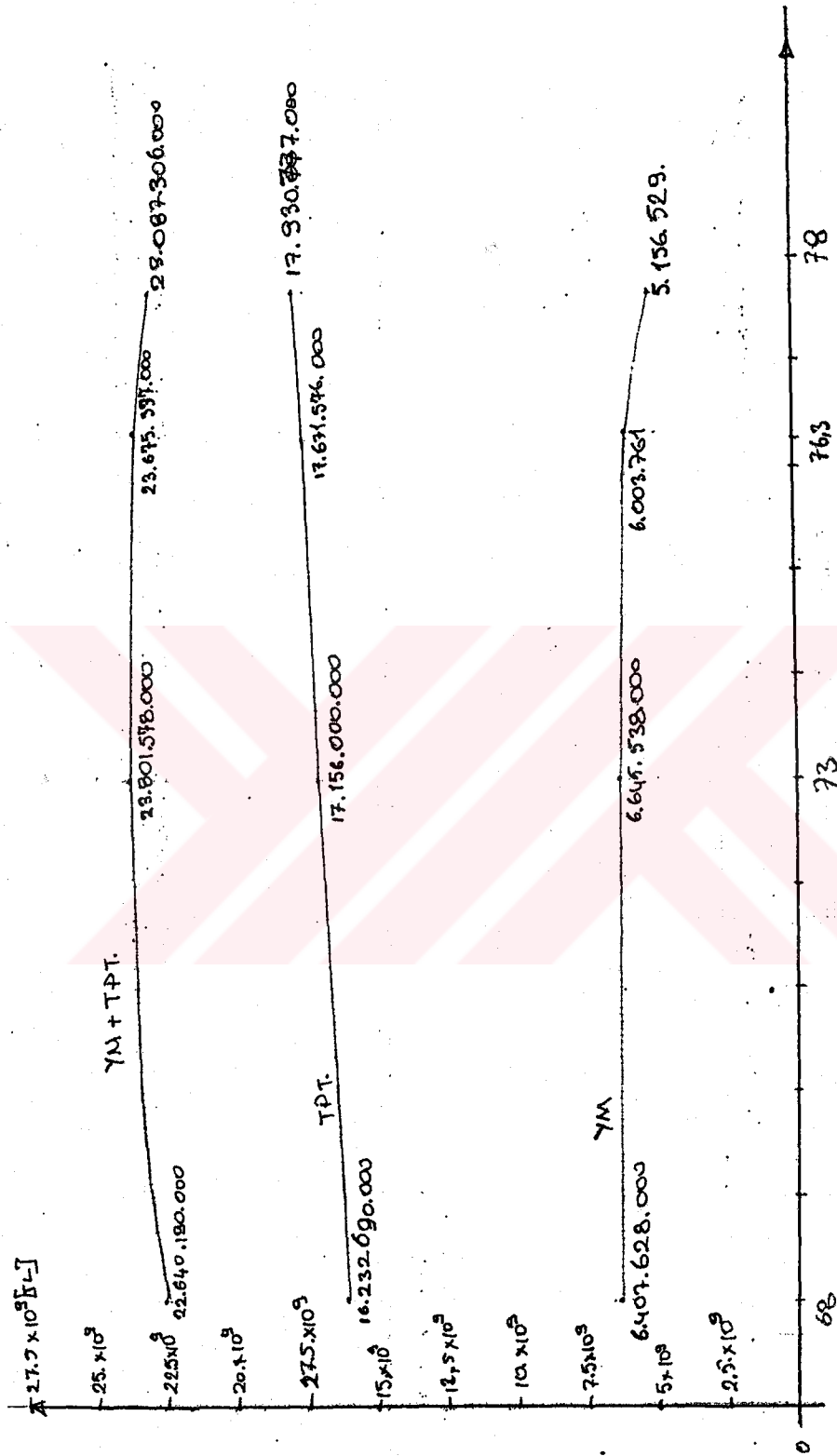
$$TPT = YET \times 124.676$$

$$YM = İYA \times 65.83$$

Yıllık Enerji Tasarrufu sayfa den ,
İlk Yatırım Azalması Şekil 77'den ,alanmak suretiyle
TPT ve YM aşağıdaki tabloya dökülmüştür.

	I500	I700	I900	2000
TPT (xI000)	16.232.690	17.156.000	17.671.576	17.930.777
YM (xI000)	6.407.626	6.645.538	6.003.761	5.156.529
YEKÜNxI000	22.640.190	23.801.578	23.675.337	23.087.306

Yukarıdaki değerler I000 ile çarpılacaktır.



ŞEKİL 78

Isı Tekerı Seçimi

TPT ve YM tablosundan veya bu tablonun veya bu tablonun diyagrama dönüştürülmüş şekli Şekil 78'den cihazın ömrü süresince en büyük karlılığı % 73 etkinlikte ki 1700mm çaplı ısı tekeri vermektedir. Bu durumda tesisata uygulanacak en uygun teker budur.

Örnek 2 :

İkinci örnek olarak sıcak hava ile ısıtılan bir kuaför salonunun ısıtma enerjisi giderlerini düşürecek bir uygulamanın analizi ele alınacaktır.

Isı Kaybı Hesabı

Kuaför salonu ölçüleri 15x7x6

kasaca ısı kaybı $15 \times 7 \times 6 \times 30 = 18.900 \text{ kcal/h}$

Hava çıkış sıcaklığı

$$18.900 = 2750 \times 1.225 \times 0.24 \times (T_g - 20)$$

$$T_g = 44^\circ\text{C}$$

Isıtma havasına verilecek enerji

$$Q = 2750 \times 1.225 \times 0.24 \times (44 - (-3))$$

$$Q = 38.000 \text{ kcal/h}$$

Yıllık Isıtma Enerjisi Giderleri

Günde 10 saat, ayda 26 gün ve yılda 5 ay sistemin bu enerjiyi kaybettiğini kabul edersek ;

$$38.000 \times 10 \times 26 \times 5 = 49.400.000 \text{ kcal/y}$$

Yakıt tüketimi

$$Y_m = \frac{49.400.000}{9.700 \times 0.65}$$

$$Y_m = 7.850 \text{ kg/yıl}$$

Bu yakıtın Paraca Tutarı

$$P_m = 7.850 \times 1600$$

$$P_m = 12.536.000 \text{ TL/yıl}$$

Öneri olarak içeriden bir miktar hava emerek bunu taze hava ile ön karıştırmak ve ısıtıcıya giriş sıcaklığını yükseltmek verilebilir.

Resirkülasyon havası

Kuaför salonunda 30 kişi bulunmakta ve kişi başına 25 m³/h taze hava yeterlidir. Gerekli taze hava miktarı

$$Q_{TH} = 30 \times 25 = 750 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_R = 2750 - 750 = 2000 \text{ m}^3/\text{h}$$

Ön karışım Sıcaklığı

$$T_K = \frac{2000 \times 20 - 750 \times 3}{2750} = 13.7 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Bu Durumda Enerji Giderleri

$$Q = 2750 \times 1.175 \times 0.24 \times (44 - 13.7)$$

$$Q = 23.500 \text{ kcal/h}$$

Tasarruf Edilen Enerji

$$Q = 38.000 - 23.500$$

$$Q = 14.500 \text{ kcal/h}$$

Yıllık Tasarruf Bedeli

$$Q = 14.500 \times 10 \times 26 \times 5$$

$$Q = 18.850.000 \text{ kcal/y}$$

$$Y_t = \frac{18.850.000}{9.700 \times 0.65} = 3.000 \text{ kg/y}$$

$$P_t = 3000 \times 1600 = 4.800.000 \text{ TL/yıl}$$

İlk Yatırım Maliyeti

İlk yatırım maliyetini

1- Kanal Şebekesi

2- Menfez

3- Fan

4- Damper

1-Kanal şebekesi : Resirkülasyon havası olarak 2000 m³/h ' lik havayı kullandığımız için kanal dizaynıda bu hava debisine düşünölmelidir.

$$Q = A \times V$$

$$2000/3600 = A \times 5$$

$$A = 0.11 \text{ m}^2$$

0.35 x 0.35 kanal ölçüleri yeterlidir.

$$\text{Kanal metrajı } (0.35+0.35) \times 2 \times 14 + (0.35+0.175) \times 2 \times 7 = 28 \text{ m}^2$$

İlk Yatırım Masrafı Toplamı

1- Kanal şebekesi	28x100.000 = 2.800.000
2- Menfez	7x 60.000 = 420.000
3- Fan (2000 m ³ /h, 25 mmSS)	= 3.500.000
4- Filtre	0.35x0.35x1.250.000 = 155.000
5- Damper	= 145.000
Yekün	7.020.000

İşletme Giderleri

Fan motoru gücü 0.35 KW

$$P = 0.35 \times 2 \times 10 \times 26 \times 5 = 910 \text{ KW}$$

$$P_m = 910 \times 700 = 637.000$$

Sistemin Toplam Faydalılığı

$$P_t = 4.800.000 - 637.000 = 4.163.000 \text{ TL/yıl}$$

Sistemin Kendini Amorti Etme Süresi

$$T = \frac{7.020.000}{4.163.000} = 1.7 \text{ yıl}$$

Sistem kendini iki ısıtma sezonunda amorti edebilmektedir.

Bu sonuçları bir tablo haline getirirsek

Enerji geri kazanımsız yıllık enerji gideri	12.536.000 TL
Enerji geri kazanımlı yıllık enerji gideri	7.099.000 TL
İlk yatırım maliyeti	7.020.000 TL
Yıllık enerji tasarrufu	4.163.000 TL

Sistem ömrü 10 yıl ve karlılık yüzdesi :52 alınarak TPT ve yatırım değerini hesaplırsak

$$TPT = 4.163.000 \times \frac{1.52^{10} - 1}{1.52 - 1} = 519.026.000 \text{ TL}$$

$$YM = 7.020.000 \times 1.52^{10} = 462.126.000 \text{ TL}$$

$$FARK = 56.900.000 \text{ TL}$$

Sistemin kurulması faydalıdır.

12-) SONUÇ ve ÖNERİLER

Havadan havaya enerji geri kazanım sistemleri içinde en yüksek etkinliğe sahip ısı tekerleri gerek dizayn yönünden kompakt bir ünite oluşturmaları gerekse boyutları, az bakım gerektirmesi ,duyulur ve gizli ısıların transferini sağlaması gibi avantajları üzerinde toplamış olması ısı tekerlerinin diğer havadan havaya enerji geri kazanım sistemlerine olan üstünlükleridir.

İyi hesaplanmış ve sağlıklı çalışan bir havadan havaya enerji geri kazanım sistemi , en iyi şartlar altında dahi etkili bir şekilde çalışarak sistemin enerji yükünün büyük bölümünü ekzost havasından geri kazanacak ve enerji giderlerini düşürecektir. Aynı zamanda böyle bir sistemden uzun yıllar yararlanılabilmemesine rağmen ilk getireceği ekonomik yük ya çok düşüktür veya hiç yoktur.

Son zamanlarda özellikle büyük şehirlerde etkili olan çevre ve hava kirliliğine karşı aranılan çözümleri, kurulacak enerji geri kazanım sistemleri destekleyecek ve istenen sonuç daha kısa sürede ve kalıcı olarak elde edilecektir. Bu nedenle enerji geri kazanım sistemlerinin tanıtımları yapılmalı, faydalılığı üzerine bilgiler verilmeli, yeni yasa tasarıları geliştirilmeli ve uygulamaya geçirilmeli, kurulacak sistemler desteklenmeli, kurulan sistemler denetlenmelidir. Bu durumda proje mühendislerinden konuyla ilgili firmalara, firmalardan bakanlıklara kadar herkes konunun hassasiyetine vararak, üzerlerimize düşen görevi yerine getirmeliyiz.

ÖZGEÇMİŞ

1966 yılı,İstanbul doğumluyum.

1986 yılında Yıldız Üniversitesi Makina Mühendisliği bölümüne kayıt oldum ve 1990 yılında,'Klima' konusunda bitirme tezimi vererek,bu bölümün Isı Proses dalından mezun oldum.

Aynı yıl,Yıldız Üniversitesinde açılan Yüksek Lisans sınavını kazanarak Makina Mühendisliği Isı Proses dalına kayıt oldum.Halen bu bölümde 'Havadan Havaya Enerji Geri Kazanım Sistemlerinin İncelenmesi ' üzerine bitirme tezi çalışması yapmaktayım.

REFERANSLAR

- ARISOY , Ahmet Mak. Y. Müh.
TERMAS A.Ş. TEKNİK YAYINLARI
" Isı Geri Kazanma Sistemleri "
- ASHRAE HANDBOOK
" Air to Air Energy Recovery Equipment "
Chapter 35 1984
- HEAT EXCHANGER HANDBOOK
" Gas to Gas Heat Exchanger "
Chapter 13
- HEAT RECOVERY SYSTEMS
Vol.9 No.3 1989
- HEAT RECOVERY SYSTEMS
Vol.9 No.6 1989
- ÇİLİNGİROĞLU , Kevork Mak. Y. Müh.
" Regotherm Isı Geri Kazanımı Faydalılığı
hakkında Hesaplamalar " 1989
- KRAFTANLAGEN HEILDERBERG
" Energy Saving in Building HVAC Systems
Engineering Instruction " 1986
- KRAFTANLAGEN HEILDERBERG
" Rotothem Energy Recovery Equipment
at ' Top of Europe ' "
Annual Report 1986
- MUNTERS HEAT RECOVERY BOOKLET
" Econovent Rotary Heat Exchanger "
- WOLF KLIMATEHNICK BOOKLET
" Heat Recovery Systems "

Bu alışmanın hazırlanması sırasında aşağıdaki kişilerle karşılıklı grüşmeler yapılmıştır.

- BAYRAKTAROĞLU, Bengiz Mak. Y. Müh. PEM Mühendislik ve Müşavirlik
- ÇİLİNGİROĞLU, Kevork Mak. Y. Müh. ÇİLİNGİROĞLU Mühendislik ve Müşavirlik
- ETİNÖRS, Kemal Ata Mak. Müh. FORM A.ř
- KEKE, Burhanettin Mak. Müh. ARDUMAN L.T.D ř.T.İ
- KORUN, Tunç Mak. Müh. FORM A.ř
- NASİ, İzzet Mak. Y. Müh. TRANSKLİMA A.ř
- ÜNAL, Deniz Mak. Müh. KOÇ HOLDİNG A.ř

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ