

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

139626

YÜKSEK KATLI BİNALARDA KLİMA TESİSATINDA
ISI GERİ KAZANIM SİSTEMLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Makina Müh. Muhsin Fatih KAHRAMAN

FBE Makina Müh. Anabilim Dalı Isı Proses Programında
Hazırlanan

YÜKSEK LİSANS TEZİ

139626

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Zeynep Düriye BİLGE

Doç.Dr.Düriye Bilge
Doç.Dr. Eyüp Akargıldız
Doç.Dr. U.KEŞKİN
Yılmaz

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

İSTANBUL, 2003

İÇİNDEKİLER	Sayfa
SİMGE LİSTESİ.....	iv
KISALTIMA LİSTESİ	v
ŞEKİL LİSTESİ.....	vi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	vii
ÖNSÖZ.....	viii
ÖZET	ix
ABSTRACT.....	x
1. GİRİŞ.....	1
2. ISI GERİ KAZANIM SİSTEMLERİ.....	2
2.1 Isı geri kazanım sistemlerinin kullanım amaçları.....	2
2.2 Endüstriyel uygulamada ısı kazanım sistemlerinin sınıflandırılması.....	5
2.3 Endüstriyel klima tesislerinde uygulanan ısı geri kazanım sistemlerinin sınıfı.....	8
2.3.1 Reküperatif Isı Değiştiriciler	8
2.3.2 Rotasyonlu (Döner tip) Isı Değiştiriciler.....	9
2.3.3 Rejeneratif Isı Değiştiriciler	9
2.3.4 Isı Pompaları.....	9
2.4 Havadan havaya ısı geri kazanım sistemleri.....	9
2.4.1 Prosesten Proseste Isı Geri Kazanımı.....	10
2.4.2 Prosesten Konfora Isı Geri Kazanımı.....	11
2.4.3 Konfordan Konfora Isı Geri Kazanımı.....	12
2.4.3.1 Duyulur Isı Eşanjörleri	13
2.4.3.2 Toplam Isı Eşanjörleri	13
2.5 Eşanjör tipleri	14
2.5.1 Reküperatif Sistemler	14
2.5.1.1 Plakalı Eşanjörler	14
2.5.1.1.1 Genel Bilgi	14
2.5.1.1.2 Dizayn Çalışmaları	15
2.5.1.1.3 Performans.....	18
2.5.1.1.4 Basınç Düşümü – Akım Sızıntısı	19
2.5.1.1.5 Faz Değişimi.....	20
2.5.1.2 Tüp Isı Değiştiriciler	21
2.5.2 Rotatif Sistemler	22
2.5.2.1 Döner Tip Isı Değiştiriciler	22
2.5.2.1.1 Genel Bilgi	22
2.5.2.1.1.1 Rotorlar.....	23
2.5.2.1.1.1.1 Sorpsiyonlu Rotorlar	23
2.5.2.1.1.1.2 Sorpsiyonsuz Rotorlar	23
2.5.2.1.1.1.3 Kapılar Fanlar.....	24
2.5.2.1.1.1.4 Switchover Üniteler.....	24
2.5.2.1.2 Döner Tip Isı Değiştirgeçlerinin Avantajları	25
2.5.2.1.3 Döner Tip Isı Değiştirgeçlerinin Dezavantajları	26
2.5.3 Rejeneratif Sistemler	27

2.5.3.1	Kule Tipi Entalpi Geri Kazanım Devreleri	27
2.5.3.1.1	Genel Bilgi	27
2.5.3.1.2	Tasarımda Dikkat Edilecek Hususlar	27
2.5.3.1.3	Kış İşletmesi	29
2.5.3.1.4	Çok Sayıda Kulenin Kullanılması	30
2.5.3.1.5	Bakım	31
2.5.3.2	Serpantin Devreli (Dolaşım) Enerji Geri Kazanım Devreleri.....	31
2.5.3.2.1	Genel Bilgi	31
2.5.3.2.2	Donmaya Karşı Korunma.....	32
2.5.3.2.3	Sistemin Özellikleri.....	33
2.5.3.2.4	Verimlilik	34
2.5.3.2.5	Konstrüksiyon Malzemeleri	34
2.5.3.2.6	Bakım	34
2.5.3.3	Isı Borulu Enerji Geri Kazanım Sistemleri	35
2.5.3.3.1	Genel Bilgi	35
2.5.3.3.2	Yüzey Hızı Ve Basınç Düşümü.....	38
2.5.3.3.3	Konstrüksiyon Malzemeleri	38
2.5.3.3.4	Çalışma Sıcaklığı Bölgesi	39
2.5.3.3.5	Karşı Kirleticilik.....	39
2.5.3.3.6	Verimlilik	39
2.5.3.3.7	Yoğuşma ve Donma	40
2.5.3.3.8	Kontrol Sistemleri	40
2.5.3.3.9	Bakım	41
2.5.4	Isı Pompaları.....	41
2.5.4.1	Kompresörlü Isı Pompaları	41
2.5.4.2	Absorbsiyonlu Isı Pompaları	42
3.	LİTERATÜR ARAŞTIRMASI.....	45
4.	YÜKSEK KATLI BİNALARDA ISI GERİ KAZANIM SİSTEMLERİ.....	49
5.	DENEY SİSTEMİ ve DENEYSEL ÇALIŞMA.....	51
6.	DEĞERLENDİRME.....	62
7.	SONUÇLAR ve ÖNERİLER.....	75
	KAYNAKLAR.....	76
	EKLER.....	78
Ek 1	Direct Digital Control Sstem.....	79
Ek 2	Ölçüm noktaları.....	89
	ÖZGEÇMİŞ.....	90

SİMGE LİSTESİ

A_{cr}	Isı transferine dik kesit alanı
C_r / C_{min}	Kapasite oranının, minimum ısı kapasitesine oranı
k	Matris malzemesinin ısı transfer katsayısı
L	Karakteristik uzunluk değeri
ε	Etkinlik değeri
ε_r	Çapraz akışta etkinlik düzeltme çarpanı
$\Delta\varepsilon$	Etkinlik değerindeki değişim
β	Yüzey alanlarının yoğunluğu
\emptyset_1	Geri kazanılan ısı oranı
t_{11}	Sıcaklık değeri
Ψ_1	Geri kazanılan nem oranı
x_{11}	Nem miktarı değeri



KISALTMA LİSTESİ

HRV	Heat Recovery Ventilator (Isı Geri Kazanımlı Vantilatör)
ERV	Energy Recovery Ventilator (Enerji Geri Kazanımlı Vantilatör)
HVAC	Heating, Ventilating and Air Conditioning (Isıtma, Havalandırma ve Klimalandırma)
VAV	Variable Air Volume (Değişken Hava Debisi)
HRC	Heat Recovery Component (Isı Geri Kazanım Ekipmanı)
AHU	Air Handling Unit (Taze Hava Santrali)
KT	Kuru Termometre Sıcaklığı
RS	Egzoz Santrali
EF	Egzoz Fanı



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1	Klima fonksiyonları.....	4
Şekil 2.2	Isı geri kazanım sistemi.....	3
Şekil 2.3	Isı değiştiricilerin, ısı transfer prosesine göre sınıflandırılması.....	5
Şekil 2.4	Isı değiştiricilerin, yüzey yoğunluğuna göre sınıflandırılması	5
Şekil 2.5	Isı değiştiricilerin, akışkan sayısına göre sınıflandırılması	6
Şekil 2.6	Isı değiştiricilerin, akış düzenine göre sınıflandırılması	6
Şekil 2.7	Isı değiştiricilerin, konstrüksiyona göre sınıflandırılması.....	6
Şekil 2.8	Isı değiştiricilerin, ısı transfer mekanizmasına göre sınıflandırılması	8
Şekil 2.9	Prosesten prosese duyulur ısı eşanjörü.....	11
Şekil 2.10	Prosesten konfora duyulur ısı transferi eşanjörü	12
Şekil 2.11	Konfordan konfora ısı eşanjörü (duyulur ısı)	13
Şekil 2.12	Konfordan konfora ısı transferi (toplam ısı).....	14
Şekil 2.13	Plakalı eşanjörün görünümü	17
Şekil 2.14	Kanatlı ve kanatsız plakalı eşanjrler	17
Şekil 2.15	Sabit plakalı eşanjrler için tipik basınç düşümü ve verimlilik eğrisi.....	18
Şekil 2.16	Dengelenmemiş akım için tipik geri kazanım faktörü.....	19
Şekil 2.17	Plakalı eşanjrlerde çeşitli sıcaklıklardaki akım - basınç düşümü	20
Şekil 2.18	Teorik olarak tüplü ısı değiştirici mantığı.....	21
Şekil 2.19	Teorik olarak sorpsiyonlu ısı değiştirici mantığı.....	23
Şekil 2.20	Teorik olarak sorpsiyonsuz ısı değiştirici mantığı.....	24
Şekil 2.21	Teorik olarak sorpsiyonsuz ısı değiştirici mantığı.....	24
Şekil 2.22	Teorik olarak switchover mantığı.....	25
Şekil 2.23	Isı tekerlerinin şematik gösterimi	26
Şekil 2.24	İkiz kule tipi entalpi geri kazanım devresi.....	27
Şekil 2.25	İkiz kule tipi entalpi geri kazanım devresinde.....	28
Şekil 2.26	İkiz kule tipi entalpi geri kazanım devresinde hava tarafı basınç düşümü.....	29
Şekil 2.27	İkiz kule tipi entalpi geri kazanım devresinde K1ř çalışması ve kontrolü.....	30
Şekil 2.28	İkiz kule tipi entalpi geri kazanım devresinde çok sayıda kulenin kullanımı.....	31
Şekil 2.29	Serpantin devreli enerji geri kazanım cihazı.....	32
Şekil 2.30	Serpantin devreli enerji geri kazanım devresi	33
Şekil 2.31	Isı borulu ısı değiştirici	36
Şekil 2.32	Isı borulu ısı değiştiricinin çalışma prensibi	37
Şekil 2.33	Teorik olarak kompresörlü ısı geri kazanım mantığı	41
Şekil 2.34	Teorik olarak absorpsiyonlu ısı geri kazanım mantığı	42
Şekil 6.1	Isı geri kazanım sistemi içeren bir klima santralinde ısı transferinin oranları....	63
Şekil 6.2	Isı geri kazanımı sisteminin ısı kazancı doğalgaz miktarı olarak hesaplanması	64
Şekil 6.3	Isı geri kazanımı sisteminde ısı transfer oranları	65
Şekil 6.4	Isı geri kazanım santrallerindeki sıcaklık değişimleri.....	66
Şekil 6.5	Isı geri kazanım sistemi içeren bir klima santralinde kullanılan fan motorlarının kapasite kullanım oranları.....	67
Şekil 6.6	Kapasite kullanım oranlarının pasta diyagramında incelenmesi.....	68
Şekil 6.7	Taze hava debilerinin aylık değişimi.....	69
Şekil 6.8	Toplam, Resirkülasyon ve Taze hava debilerinin aylık değişimi.....	69
Şekil 6.9	Faizlerdeki artışların geri dönüşe etkisi.....	71
Şekil 6.10	Faizlerdeki artışların geri dönüşe etkisi.....	72
Şekil 6.11	Faizlerdeki artışların geri dönüşe etkisi.....	73
Şekil 6.12	Faizlerdeki artışların geri dönüşe etkisi.....	73
Şekil 6.13	Sabit faizde hurda değerine göre değişim.....	74

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1	Endüstriyel ısı geri kazanımı şeması.....	7
Çizelge 2.2	Isı geri kazanım sistemi.....	9
Çizelge 2.3	Havadan havaya ısı geri kazanımı uygulamaları (ASHRAE, Application for Air to Air Energy Recovery).....	10
Çizelge 2.4	Enerji Geri Kazanım Sistemlerinin Karşılaştırılması.....	16
Çizelge 2.5	Düşük sıcaklık uygulamaları için bazı ısı borusu çalışma akışkanları.....	38
Çizelge 2.6	Sistem karşılaştırması.....	43
Çizelge 2.6	(Devamı) Sistem karşılaştırması.....	44
Çizelge 5.1	Ölçüm Sonuçları	59
Çizelge 5.1	Ölçüm Sonuçları (Devamı-2).....	60
Çizelge 5.1	Ölçüm Sonuçları (Devamı-3).....	61

ÖNSÖZ

Ülkelerin gelişmeleri ve büyümeleri sonucu, her ülkenin enerji tüketimi artan bir karakter göstermektedir. Dünyada ulaşılan teknoloji, mimari ve mühendislik açısından sınırlarını zorlayan ve yapıldığı yerlerde sembol haline gelmesi istenen yüksek katlı binaların yapılmasına olanak vermektedir. Bu sebeple bu tür binaların yapımlarında çalışanlar sürekli olarak fazla enerji sarfiyatını engellemek için çeşitli yöntemlere başvurumaktadırlar. “Enerji geri kazanımı” bilinci giderek benimsenip yaygınlaşmaktadır. Bunun en başarılı örneklerinden biri ise yüksek katlı binalarda klima sistemlerine uygulanan ısı geri kazanımı üniteleridir.

Bu tür bir bilincin ülkemizde henüz yaygınlaşmamış olması ve kullanılan yerlerde ise net bir şekilde ısı geri kazanımı miktarı tarif edilmediğinden, bu tür projelerin tasarım aşamasında ve uygulama safhasında örnek oluşturması amacıyla bu araştırma gerçekleştirilmiştir.

Projemi yürüten Sayın Doç.Dr. Zeynep Düriye Bilge’ ye, bilgilerini ve deneyimlerini esirgemeyen Sayın Yük.Mak.Müh. Baycan Sunaç ve Sayın Mak.Müh. Tuncer Kınıklı’ ya, çalışmalarında beni yalnız bırakmayan kardeşim Elk.Elektronik Müh. Feyza Kahraman’ a ve çalışmam süresince bana destek olan EMAGOLD firmasındaki çalışma arkadaşlarıma ve Sayın Aziz Gazi’ ye teşekkür etmeyi bir borç bilirim.



ÖZET

Artık 21. yüzyılın başındayız ve ilk makinelerin bulunmasından günümüze sürekli yenilenen teknolojiler sayesinde bugün birçok şeyi kendimiz değil de makinelere yaptırır olduk. Öyle ki gerekli veya gereksiz, her yerde enerji harcamaya başladık ve gelinen nokta baktığımızda 2100 yılına kadar tamamıyla petrol ve petrole dayalı ürünlerin bizlerce harcanıp tükeneceğini gösteriyor.

Bunu gören insanoğlu öncelikle kendine yeni enerji kaynakları arayışına girişti ve bunda da belli bir yere kadar başarılı oldu. Yüksek üretim maliyetleri olan ve araştırma safhalarında yüksek araştırma geliştirme maliyetleri, bizleri varolan enerjiyi daha verimli hale getirmemiz gerekliliğini de ortaya sunmuş oldu. Böylece bizler de kendi alanlarımızda nasıl verim arttıracığımızı ve atık veya atılacak enerjiyi nasıl tekrar geri kazanacağımızı araştırdık.

Bu araştırmalarımız bir sonucu olarak klima santrallerinde dışarıya atılan egzoz havasından da faydalanabileceğimiz sonucuna vardık. Enerji kazanımı olacaktı kurulan sistemler karşısında ancak bunların yüksek maliyetlerini kullanıcıların karşılaması gerekiyor. Bu noktada önemli olan soru bir kullanıcı için “ Bu sistem bana ne kazandıracak ve ne kadar zaman içerisinde.” oluyor. Bu projede klima santrallerinde kullanılan ısı geri kazanım sistemleri öncelikli olarak incelenmiş, bu tezden önce yapılan araştırma ve projeleri de göz önünde bulundurarak son kullanıcının sorularının cevaplarına çözümler bulunulmuş ve deneysel olarak bu sonuçlar desteklenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yüksek Katlı Bina, Isı Geri Kazanımı, Klima Sistemleri, Enerji, Petrol

ABSTRACT

Since, we are at the beginning of 21st century, in the view of today's life conditions nearly all of our activities are based on the machines instead of human force together with the developing technology. Even, energy is spent in every step of our life both necessarily and unnecessarily. It is clear and carried out that, we will save the whole petroleum and petroleum based products till the year 2100.

Depending on this fact, people started to search for new energy sources and they succeed. It was necessary to find out how to use energy in more effective ways, in order to avoid from high production and research costs in the production process. So, we, as human beings, tried to find out how to increase the effectiveness and accomplished the energy that is wasted.

In this study, heat, which is gained from feedback system in the air condition system, is examined. Past search and studies are used and the results are found out for the last users' questions. The results are also supported by experiments.

As a result of this study, we came to a conclusion that we can make use of the exhaust that is thrown out from the air condition centrals. We will save the energy by this system. The only fact is users should spent high costs for this system .so the questions becomes as: " What will I gain from this system and how long it would be useful? " We will find the answers for these questions in this survey.

Keywords: Skyscraper, Heat Recovery, Climate System, Energy, Petroleum

1. GİRİŞ

Son 25 yıldır yapılan enerji tasarruflarının ve çevre koruma bilincinin artışı, enerji geri kazanım sistemlerinde kullanılan tekniklerin gelişiminin bir göstergesidir.

1973 yılında meydana gelen ekonomik krizden ve buna bağlı olarak petrol ürünlerindeki fiyat artışından sonra sektörler enerji temin etme konusunda alternatif yöntem arama girişimlerini arttırmışlardır. Böylece brüt sosyal ürünleri ile ana enerji tüketimi arasında bir bağ oluşmuştur. Ayrıca uygun fiyat – kullanım ilişkisinden dolayı Enerji Geri Kazanma tekniği başka kullanım alanları kazandırarak artmakta veya düşmekte olan enerji fiyatlarını, enerji kullanımı ile ilgili talimatları ve çevreyi korumaya yönelik karbondioksit emisyonlarını doğrudan etkilemiştir.

Bu genel enerji ve ısı geri kazanım bilgisinden sonra konumuz olan endüstriyel tip bir klima santralindeki enerji tüketimi dağılımını aşağıdaki gibi verebiliriz.;

% 60 Fan motoru

% 30 Isıtma

% 10 Diğer

Kısmi klimatizasyon yapan (ısıtma ve soğutmanın olduğu, nemlendirmenin olmadığı) bir sistemde ;

% 40 Soğutma

% 30 Isıtma

% 25 Fan motoru

% 5 Diğer

görüldüğü gibi ısıtma ve soğutma söz konusu olduğunda ısı enerjisi toplam enerji içinde en büyük paya sahiptir. Bu enerji ise ;

- a) Sistemin besleyeceği mahaldeki transmisyon, ısıtma ve diğer faktörler sonucu oluşacak ısı kayıplarının ve/veya kazançlarının karşılanmasına,
- b) Dış ortamdan alınan taze havanın ısıtılması ve/veya soğutulmasına harcanacaktır.

2. ISI GERİ KAZANIM SİSTEMLERİ

2.1 Isı Geri Kazanım Sistemlerinin Kullanım Amaçları

Isı geri kazanım sistemlerinin kullanım amacı sistemin genel verimliliğinin artırılmasıdır (Şekil 2.1), ancak bunu yapılırken herhangi bir şekilde sistemin çalışma koşullarına negatif yönde bir etki yapmamalıdır. Aynı zamanda bazı özellikleri de içermelidir. Bunlar;

- a) Dış hava kullanılarak yapılan, kışın ısıtma ve nemlendirme, yazın ise soğutma ve nem alma yüklerinin azaltılmasını sağlayarak, proses veya sistemde kullanılan malzemelerin sistemlerin boyutlarını küçültmek,
- b) Azalan ısıtma ve soğutma yüklerine oranla, harcanacak olan enerji tüketimi azalımı,
- c) Azalacak olan enerji tüketimi dolayısı ile çevreye daha az partikül yayılması ve bu sayede daha yaşanabilir bir dünya yaratılmasına yardımcı olmak,
- d) Birim enerji başına oluşacak masrafların azaltılmasını sağlayarak, kar/maliyet oranını arttırmak,

Bunları yapabilmek için sistemi çözümlen tasarımcıların da bilmesi gereken bazı bilgiler bulunmaktadır. Sisteme ısı enerjisi girişi olup olmayacağı ve giren ısı enerjisinin yüzde kaçının harcanıp yüzde kaçının geri kazanılacağı bilinmelidir. Bunlar bina için sorulması gereken sorulardır. Dizaynın neler içerdiğine bakacak olursak

- 1) Bina hakkında teorik bilgi, çalışacak olan sistem, örnek modüllerin işletilmesi, kullanılabilir enerji kaynakları ve ekonomik analiz,
- 2) Tasarımcı örnek modül bileşenleri iyi bilmeli ve işletme masraflarına önem vermelidir,
- 3) Başlıca ısıtma havalandırma araçlarında belirli performans eğrileri verilir. Bunlara bakarak tasarımcı sisteme gerekli en uygun cihazları seçebilir,

Konuyla ilgili tanımlar:

Isı geri kazanımı: Sistemi veya binayı terk eden akışkanın enerjisinden ısı çekilme işlemidir.

Bunun için ısı değiştiricileri kullanılır.

Atık ısı – Sirküle olan ısı – Dışarıya atılan ısı - Geri kazanılan ısı

Atık ısı : Sistemden egzoz edilen akışkanın duyulur ve/veya gizli ısısıdır.

Sirküle olan ısı : Atık ısının sisteme geri dönerek tekrar faydalanabilecek kısmıdır (devir daim havası).

Dışarıya atılan ısı : Isı geri kazanım ünitelerinden geçen havanın taşıdığı, atık ısının kullanılmayan kısmıdır, (bu ısı bile istenirse geri kazanılabilir).

Geri kazanılan ısı : Isı geri kazanım ünitelerinde kazanılan ısısıdır, (egzoz havasının ısısından içeriye alınan dış havaya aktarılan ısı).

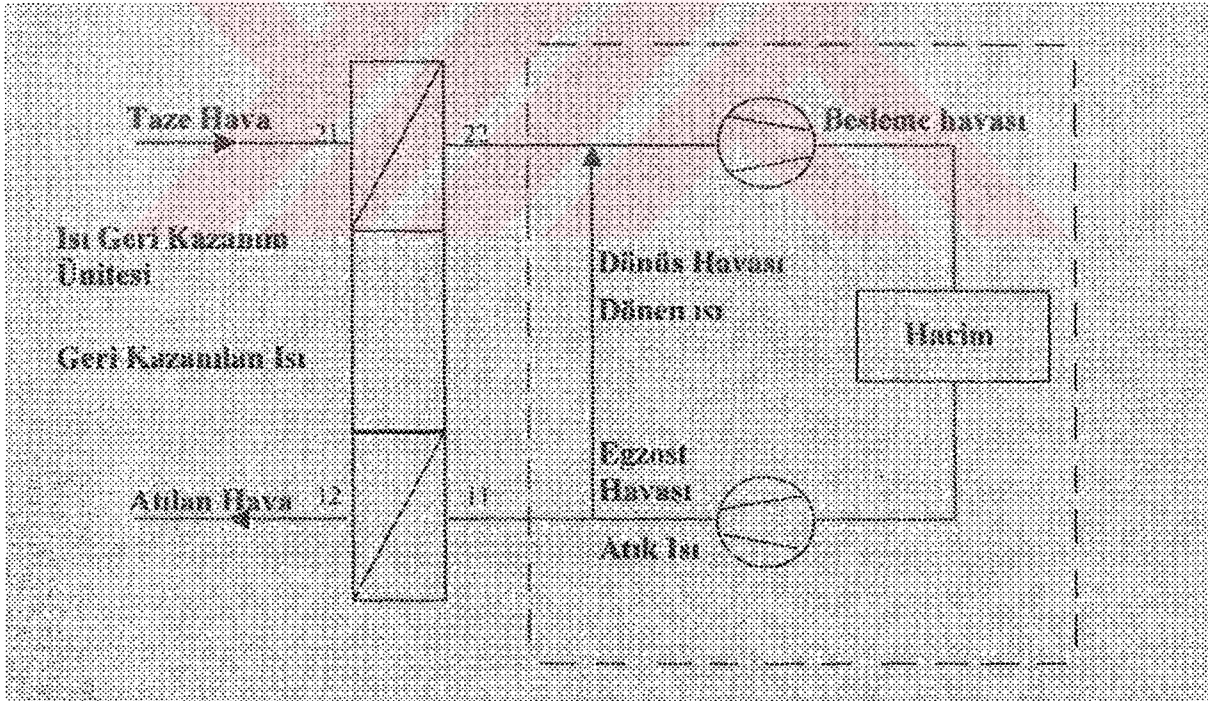
Isı geri kazanım üniteleri : Atık ısıdan ısı geri kazanılabilmesini sağlayan sistem parçasıdır. HVAC sistemlerinde kullanılan ısı geri kazanım sistemleri egzoz havası ve taze hava arasında çalıştırılır.

Isı geri kazanım oranı : Sistemden egzoz edilen havanın (11) (Şekil 2.2) ısı geri kazanım sistemine girmeden ölçülen sıcaklık değerinden, ısı geri kazanım sisteminden geçtikten sonra (12) ölçülen sıcaklık değerinin farkının; sistemden egzoz edilen havanın (11) ısı geri kazanım sistemine girmeden ölçülen sıcaklık değerinden, sisteme taze hava olarak alınacak havanın ısı geri kazanım sistemine girmeden önceki sıcaklık değerinin (21) farkına bölünmesi ile elde edilir.

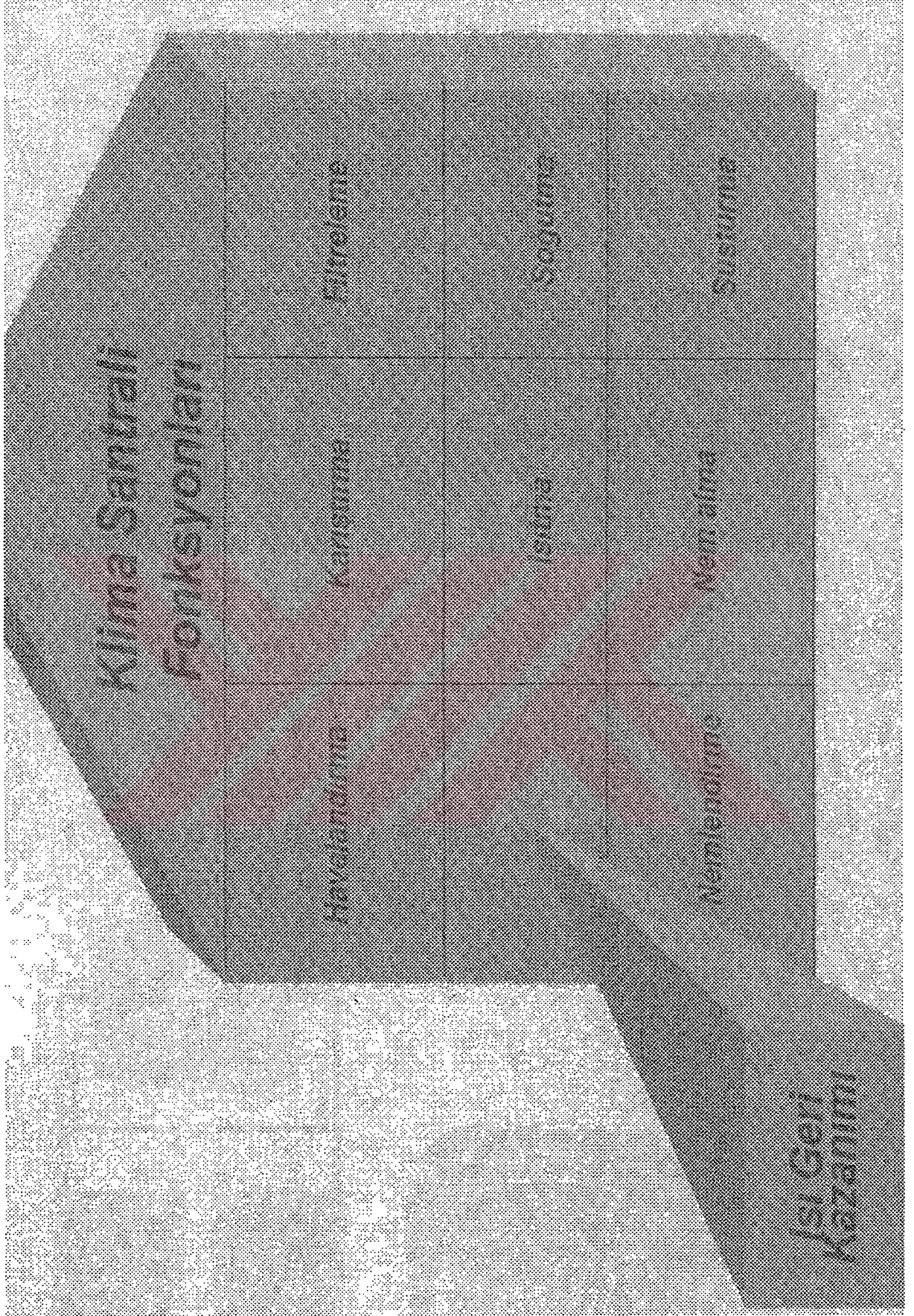
$$\Phi_1 = (t_{11} - t_{12}) / (t_{11} - t_{21}) \text{ veya } \Phi_2 = (t_{22} - t_{21}) / (t_{11} - t_{21})$$

Nem geri kazanım oranı : Sistemden egzoz edilen havanın (11) (Şekil 2.2) ısı geri kazanım sistemine girmeden ölçülen nem değerinden, ısı geri kazanım sisteminden geçtikten sonra (12) ölçülen nem değerinin farkının; sistemden egzoz edilen havanın (11) ısı geri kazanım sistemine girmeden ölçülen nem değerinden, sisteme taze hava olarak alınacak havanın ısı geri kazanım sistemine girmeden önceki nem değerinin (21) farkına bölünmesi ile elde edilir.

$$\Psi_1 = (x_{11} - x_{12}) / (x_{11} - x_{21}) \text{ veya } \Psi_2 = (x_{22} - x_{21}) / (x_{11} - x_{21})$$



Şekil 2.2 Isı geri kazanım sistemi (VDI Richtlinie 2071, 1978, Systematik der Waermerückgewinner)



Şekil 2.1 Klima fonksiyonları (GEA ısı geri kazanımlı santralleri, 2002)

2.2 Endüstriyel Uygulamada Isı Kazanım Sistemlerinin Sınıflandırılması

(Çizelge 2.1)

Isı değiştiricileri, en az iki farklı sıcaklıktaki akışkan arasında ısı aktarımı için kullanılır. Bazı tiplerinde akışkanlar ayırıcı yüzeyler üzerinden hareket ettikleri için birbirleriyle karışmazlar. Bazı tiplerde ise ayırıcı yüzeyler kaldırılıp akışkanlar direkt temasa getirilerek karışmaları sağlanır. Faz değişimi olmaksızın ısı transferi sağlayan tipleri “duyulur ısı değiştiricisi “ diye adlandırılır. Aksi halde toplam ısı transferi sağlayan ısı değiştirgeçleri söz konusudur.

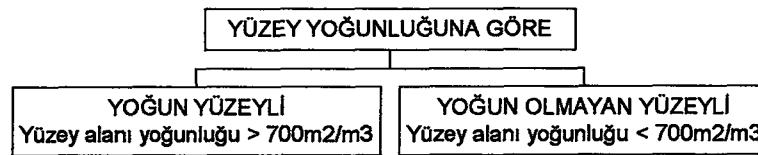
Isı değiştirgeçleri tiplerine göre dağıtıcı eleman, ısıtıcı, manifold, tank, giriş-çıkış nozülleri, boru ya da kanal, devir daim pompası, tıkaç vb. elemanlar içerir. Bunlar dışında hareket eden çok fazla parçaları bulunmaz.

Isı değiştirgeçlerinde en önemli parça, ısı transferinin olduğu yüzeylerdir. Isı transfer miktarını arttırmak için kullanılan kanatlar ve pürüzlü yüzeyler, ısı değiştirgeçlerinde de kullanılır.

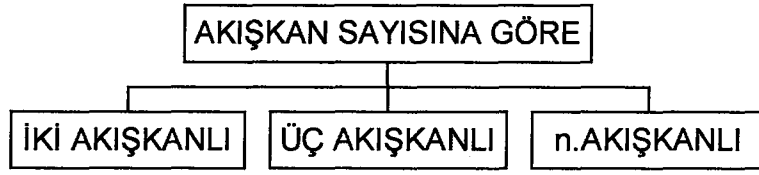
Çeşitli etkenlere göre sınıflandırabilir. (Şekil 2.3, 2.4, 2.5, 2.6, 2.7, 2.8)



Şekil 2.3 Isı değiştiricilerin, ısı transfer prosesine göre sınıflandırılması (Tarakçı, 1991)



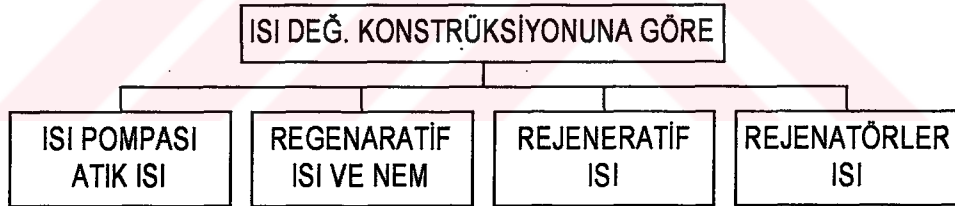
Şekil 2.4 Isı değiştiricilerin, yüzey yoğunluğuna göre sınıflandırılması (Tarakçı, 1991)



Şekil 2.5 Isı değiştiricilerin, akışkan sayısına göre sınıflandırılması (Tarakçı, 1991)



Şekil 2.6 Isı değiştiricilerin, akış düzenine göre sınıflandırılması (Tarakçı, 1991)



Şekil 2.7 Isı değiştiricilerin, konstrsiyona göre sınıflandırılması (VDI Richtlinie 2071, 1978, Systematik der Waermerückgewinner)

Çizelge 2.1 Endüstriyel ısı geri kazanımı şeması

<p>ISI KAYNAĞI OLARAK DIŞ HAVA EGZOZ HAVASI FABRİKA HAVASI TRANSFORMATÖR FIRIN HAVA SOĞUTMA MAKİNALARI</p>	<p>ISI ALICILARI HAVA KULLANICILARI</p>	<p>ISI TRANSFERİ ÜNİTELERİ</p>	<p>ISI VERİCİLER HAVA KULLANICILARI</p>	<p>ISI KULLANIMI ALAN ISITICISI HAVA KULLANICILARI FIRIN</p>
<p>HAVA KOMPRESÖRÜ İÇİN SOĞUTMA SUYU SU SOĞUTMA MAKİNALARI GÜNEŞ PANELLERİ SU SOĞUTMA KULELERİ</p>	<p>SU SOĞUTUCU AKIŞKAN DEĞİŞTİRİCİLER</p>	<p>KOMPRESÖR MODÜLÜ</p>	<p>BİLEŞİK HAVA KULLANICILARI</p>	<p>HAVA ISITMA BİLEŞİMİ</p>
<p>FABRİKA MAKİNALARI YER KÜRE</p>	<p>YAĞ SOĞUTUCU AKIŞKAN ISI DEĞİŞTİRİCİLER</p>	<p>ISI TRANSFER ÜNİTESİ</p>	<p>SU SOĞUTUCU AKIŞKAN ISI DEĞİŞTİRİCİLER</p>	<p>SERPANTİNİN TEKRAR ISITILMASI EVSEL SICAK SU KULLANIMI ENDÜSTRİYEL SICAK SU KULLANIMI ALAN ISITMASI</p>



Şekil 2.8 Isı değiştiricilerin, ısı transfer mekanizmasına göre sınıflandırılması
(Tarakçı, 1991)

Isı değiştirgeçlerinin, prosese göre ayrımında depo tipine bir örnek de, havadan suya sudan havaya (Rejeneratif) ısı değiştirgeçleridir. Bu tür ısı değiştirgeçlerinde sıcak akışkan, ısı değiştirgecinin içinden geçerken bir miktar enerjisini, ısı değiştirgenin ayrırcı yüzeylerine (duvarlarına) transfer eder. Isı değiştirgecinin içerisindeki akışkan by-pas pompalarının yardımıyla sirküle edilerek soğuk plakaların olduğu bölüme getirilir ve burada sıcak akışkan ısını buraya aktarır. Isı transferi böylece periyodik olarak devam eder.

Isı değiştirgeçleri yüzey alanlarının yoğunluğu (sıklığı = β) $700\text{m}^2 / \text{m}^3$ den büyük veya küçük olmasına göre sınıflandırılabilir. $\beta \geq 700\text{m}^2 / \text{m}^3$ olan yüzeylere yoğun yüzeyli ısı değiştirgeçleri, $\beta < 700\text{m}^2 / \text{m}^3$ olan yüzeylere de yoğun olmayan yüzeyli ısı değiştirgeçleri adı verilir.

2.3 Endüstriyel Klima Tesislerinde Uygulanan Isı Geri Kazanım Sistemlerinin Sınıflandırılması

2.3.1 Reküparatif Isı Değiştiriciler

Metal, plastik ve cam malzemelerden üretilebilen reküparatif ısı değiştiriciler plakalı veya borulu olarak dizayn edilebilirler. Bu tip ısı değiştiricilerde ısı geri kazanım oranı % 70'lere kadar ulaşabilir.

2.3.2 Rotasyonlu (Döner tip) Isı Değiştiriciler

Rotasyonlu ısı değiştiriciler döner tip metalik bir ısı transfer yüzeyine sahiptir. Taze hava ve egzoz havası yarım dairelerin dönme esnasında konum değiştirmeleri prensibine dayanır. Bu tip ısı değiştiricilerde ısı geri kazanım oranı %90'lara kadar ulaşır.

2.3.3 Rejeneratif Isı Değiştiriciler

Isı taşıyıcı ortamın (genellikle akışkandır), soğuk ve sıcak hava akımları içerisine yerleştirilmiş olan kapalı devre üniteler arasında sirküle ettirilmesi prensibine dayanır. Bu tip sistemlerde ısı geri kazanım oranı ancak %50 mertebesindedir.

2.3.4 Isı Pompaları

Isıyı düşük sıcaklıktaki bir ortamdan (su, buhar, toprak) alan ve yüksek sıcaklıklarda hava akımına geri besleyen bir makine ya da cihazdır. Mekanik sıkıştırmalı soğutma çevriminde kondenserden atılan ısının kompresör içinden birkaç kat fazla olması sistemin avantajıdır.

Isı pompaları genellikle hava ısıtma proseslerinde kullanılır. Gerekli olduğu durumlarda ısı geri kazanımında da kullanılabilir.

Bu sistemlerin, geri kazanım mekanizmaları ve tipleri izelge 2.2 de verilmiştir. Endüstriyel ve konfora yönelik Hava şartlandırma Ünitelerinde, havadan havaya enerji kazanımı için düşünölen bu tip cihazların işletme şartları önemli ölçüde içinde bulunulan sezonun şartlarına bağlıdır. Akışkanlar arasındaki sıcaklık farkı küçüldükçe daha büyük ısı geçiş yüzeylerine ihtiyaç duyulacaktır.

Çizelge 2.2 Isı geri kazanım sistematiki (VDI Richtlinie 2071, 1978, Systematik der Waermerückgewinner)

ISI GERİ KAZANIM SİSTEMLERİ	ISI TRANSFERİ		ISI & NEM TRANSFERİ	ATIK ISI TRANSFERİ
	REKUPARATÖR	REJENERATÖR		
ÇALIşMA PRENSİBİ			ROTASYONLU	ISI POMPASI
ALIşAN ÖRNEKLER	PLAKALI TİP ISI DEĞİşTİRİCİLERİ BORULU TİP ISI DEĞİşTİRİCİLERİ	SÜREKLİ SİRKÜLE OLAN BORU TİPİ ISI DEĞİşTİRİCİLERİ	DÖNER TİP ISI DEPOLAYICILAR	ABSORPSİYON SİSTEMLERİ

2.4 Havadan Havaya Isı Geri Kazanım Sistemleri

(ASHRAE, 2000, Air to Air Energy Recovery)

Bu sistemlerin uygulama alanlarını 3 temel başlık altında toplayabiliriz. (izelge 2.3)

- 1) Prosesten Proses Isı Geri Kazanımı
- 2) Prosesten Konfora Isı Geri Kazanımı
- 3) Konfordan Konfora Isı Geri Kazanımı

2.4.1 Prosesten Prose İsi Geri Kazanımı

Bu tür uygulamalarda ısı, proses egzoz akımından çekilerek taze hava akımına transfer (Şekil 2.9) edilir. 870 ° C mertebelerindeki egzoz akımından bile enerji alabilecek gereçler bulunmaktadır.

Prosesten prose enerji kazanımı cihazları genellikle yalnızca duyulur ısıyı geri kazanabilir, gizli ısıyı (nemi) transfer etmez, çünkü bu sisteme zarar verebilir; (nem kontrolsüz olarak transfer olabilir, nemle beraber asidik gazlar (SO₂) yoğunurlar). Prosesten prose ısı geri kazanımı sistemleri genellikle duyulur ısı transferi yapmak için kullanılır.gizli ısı kazanımı için yoğunlaşan sıvıda korozif madde olup olmadığına göre karar verilmelidir.prosesten prose ısı geri kazanımında sıcaklık farkı yüksek olduğu için sistem verimi de yüksektir. Soğuk akışkan tarafında yoğunlaşma olabileceği ve bununda kazanım miktarını azaltabileceği göz önünde bulundurulmalıdır.

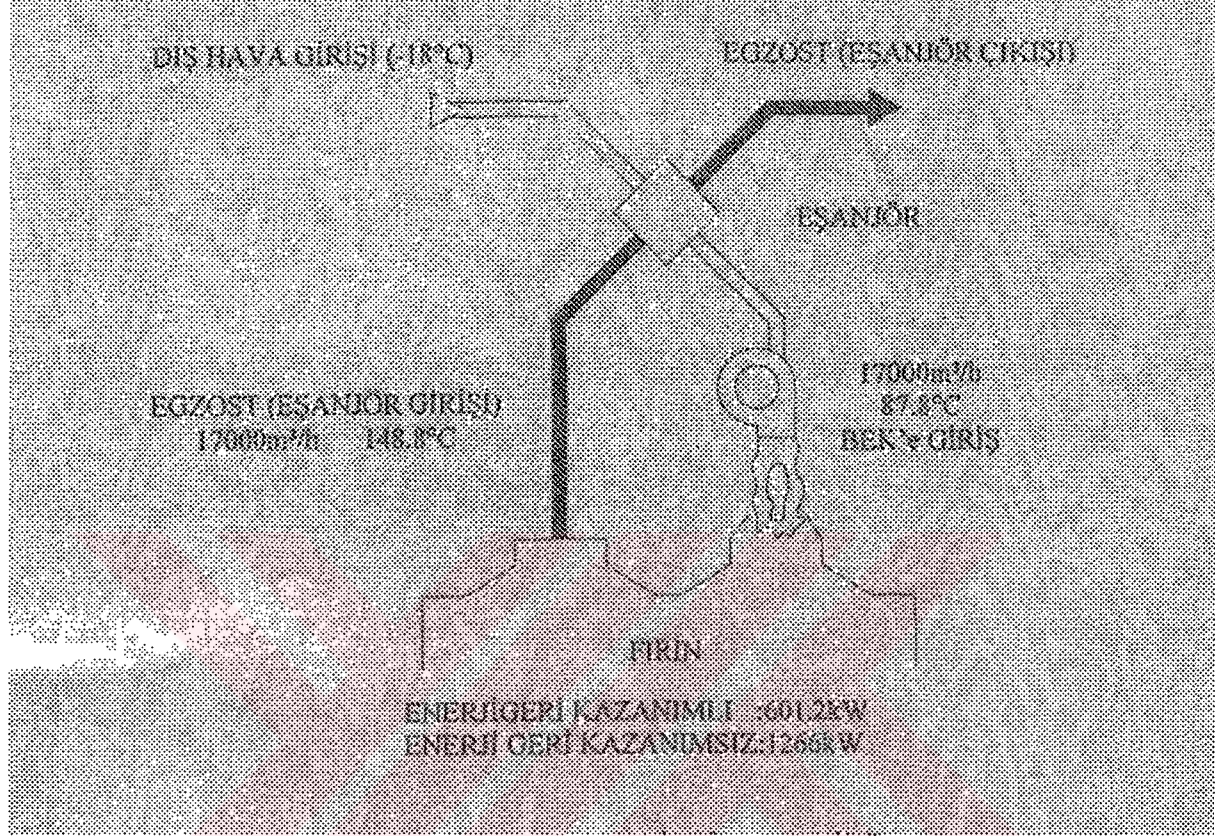
Çizelge 2.3 Havadan havaya ısı geri kazanımı uygulamaları (ASHRAE, Application for Air to Air Energy Recovery , 2001)

METOT	TİPİK UYGULAMA
PROSESTEN PROSESE ve PROSESTEN KONFORA	KURUTMA MAKİNALAR FIRINLAR BACALAR YAKICI KALORİFER ÇÖP FIRINI BOYA EGZOZU KAYNAK
KONFORDAN KONFORA	YÜZME HAVUZLARI KAPALI ODALAR (AMBAR) ÖZEL KONUTLAR DUMAN EGZOZU OPERASYON ODALARI HASTANELER HAYVANLAR ve BİTKİLER İÇİN HAVALANDIRMA GENEL EGZOZ

Bu sistemlerde levha seçilmesinde

- Koroziflerin etkisi : Enerji geri kazanım sistemi tasarlanırken göz önüne alınması ortamda korozif madde varsa ona uygun seçilmelidir.
- Kondensin etkisi : Soğuma sonunda proses çıkışında çok fazla miktarda yoğunlaşan madde olabilir. Buna dikkat edilmeli.

c) Kirleticilerin etkisi : Eğer proses çıkışı özel kirleticiler veya yoğuşabilen bileşenler içeriyorsa eşanjörün temizlenebilir yapıda imal edilmesi gerekir. Hava ön filtreleme sistemine sahip ve/veya açık yapılı eşanjör üretimine yönelme, temizleme periyodunu minimize etmek için düşünülebilir.



Şekil 2.9 Prosesten prosese duyulur ısı eşanjörü (C. GÜNGÖREN, 1999)

2.4.2 Prosesten Konfora Isı Geri Kazanımı

Bu tür uygulamalarda atık ısı bir prosesten çekilerek bir bina veya hacmin taze havasının ısıtılmasında kullanılır (Şekil 2.10). Tipik uygulamalar Dökümhane, Levha kaplama prosesleri, Kağıt fabrikaları gibi ısıtılmış proses egzozuna sahip işletmelerle, fazla taze hava gerektiren sektörlerdir.

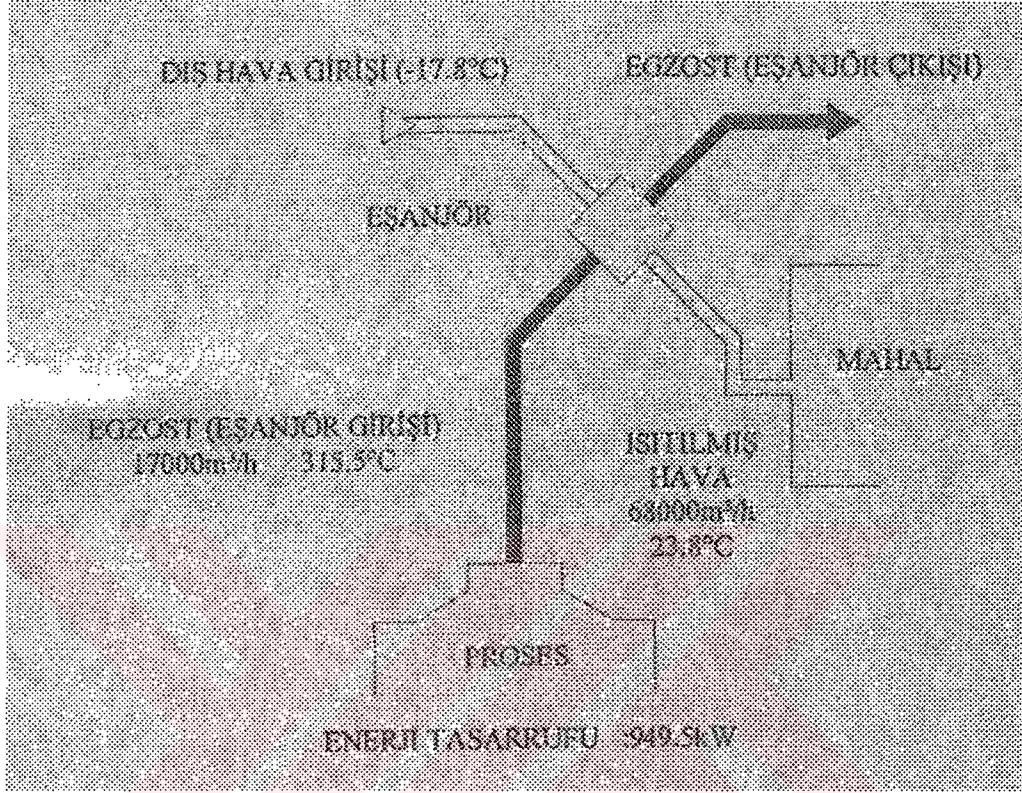
Prosesten konfora enerji kazanım uygulamalarında amaç tam kapasiteyle ısının geri kazanılması olduğu halde, ılık ve sıcak günlerde taze hava ve/veya ısıtılan ortamın aşırı ısınmasını önlemek için kontrol edilmesi gereklidir. Hava yaz aylarında istenilen sıcaklığa kendiliğinden geleceği için de yazın bir ısı geri kazanımı söz konusu olmayacaktır. Bu açıdan bakıldığında prosesten konfora enerji geri kazanımı prosesten proses enerji kazanımından daha az enerji kazancı oluşturur. Bu nedenle ısı geri kazanım sisteminin maliyet / kar oranı azalacak ve sistemin kendini amorti etme süresi artacaktır.

Proses egzozunda aşağıdaki noktaların etkisi uygun cihaz seçimine etkilidir.

- Korozyonun etkisi

- Kondensin etkisi
- Kirleticilerin etkisi

Prosesten konfora ısı geri kazanım eşanjörleri genellikle duyulur ısıyı geri kazanır, hava akımları arasında nem transferi yapılmaz.



Şekil 2.10 Prosesten konfora duyulur ısı transferi eşanjörü (C. GÜNGÖREN, 1999)

2.4.3 Konfordan Konfora Isı Geri Kazanımı

Bu tür uygulamalarda enerji geri kazanım eşanjörü ılık günlerde binanın taze havasının entalpisini azaltırken soğuk günlerde artırır. Yani sistem hem yaz ve hem kış aylarında kullanılabilir.

Ticari ve endüstriyel ısı geri kazanım cihazlarına ilave özel binalar ve küçük mahallerde kullanılmak için küçük kapasiteli paket tipi ticari ısı geri kazanım vantilatörleri de (HRV) ve enerji geri kazanım vantilatörleri (ERV) geliştirilmiştir.

Konfordan konfora ısı geri kazanım uygulamalarında kullanılan cihazlar iki ana grupta toplanabilir.

- a) Duyulur ısı eşanjörleri
- b) Toplam ısı eşanjörleri

2.4.3.1 Duyulur Isı Eşanjörleri

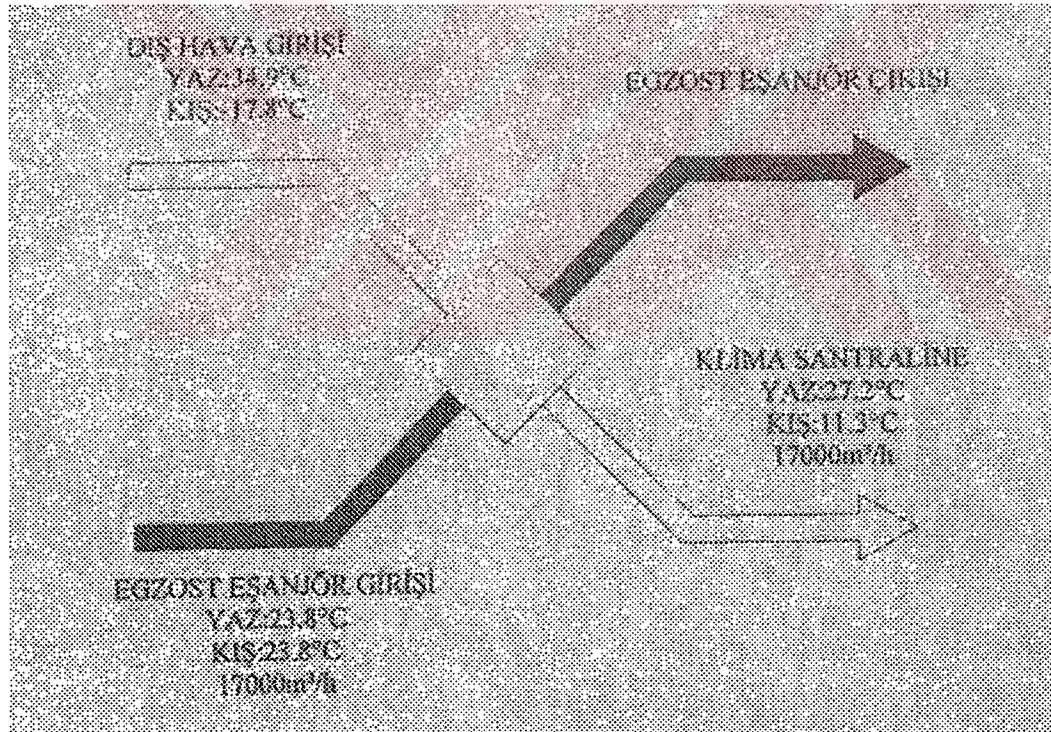
Bu tip eşanjörler, egzoz havasının çığ noktası sıcaklığı altında bir değere kadar soğutulması durumunda yoğuşma meydana geleceğinden bu tür durumlar haricinde, hava akımları arasında sadece duyulur ısıyı transfer etmek için kullanılır.

2.4.3.2 Toplam Isı Eşanjörleri

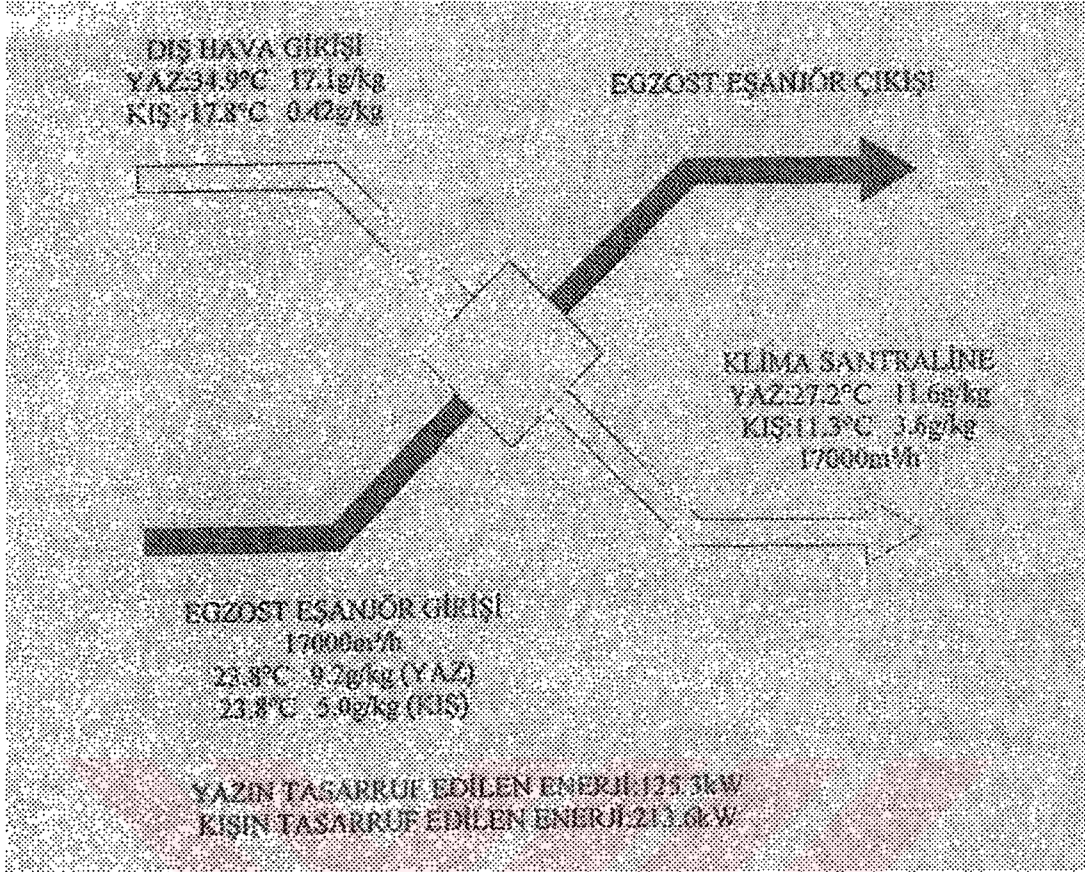
Hava akımları arasında hem duyulur hem de gizli ısı transferi yaparlar. Şekil 2.11 de görüldüğü gibi sadece duyulur ısı % 70 etkinlikte ileten bir eşanjör, Şekil 2.12 de ise aynı şartlar altında çalışan, duyulur ve gizli ısıların her ikisini de ileten % 70 etkinlikte bir eşanjörü göstermektedir. Sistemler karşılaştırıldığında aynı yaz dizayn şartları altında toplam ısı transfer eden eşanjörün duyulur ısı eşanjörünün % 300 daha fazla enerjiyi geri kazandırdığını, aynı kış dizayn şartları altında da % 25 daha fazla enerjiyi kazandırdığını görmekteyiz.

Proses egzozunda aşağıdaki noktaların etkisi uygun cihaz seçimine etkilidir.

- Egzoz havasının etkisi
- Kirleticilerin etkisi



Şekil 2.11 Konfordan konfora ısı eşanjörü (duyulur ısı) (C. GÜNGÖREN, 1999)



Şekil 2.12 Konfordan konfora ısı transferi (toplam ısı) (C. GÜNGÖREN, 1999)

2.5 Eşanjör Tipleri

(Çizelge 2. 4)

- Reküperatif Sistemler
- Rotatif Sistemler
- Rejeneratif Sistemler
- Isı Pompaları

2.5.1 Reküperatif Sistemler

2.5.1.1 Plakalı Eşanjörler

2.5.1.1.1 Genel Bilgi

Havadan havaya enerji geri kazanım sistemlerinden sabit yüzeyli levha tipi (plakalı) ısı değiştirgeçerlerin herhangi bir hareketli parçası yoktur. Plakalar ile egzoz ve taze hava geçiş kanalları ayrılmış ve sızdırmaz hale getirilmiştir. Levhalar arası uzaklık 2,5 – 12,5 mm arasında, tasarım ve uygulamaya göre değişiklik gösterir. Isı direkt olarak ılık egzoz akımı ile soğuk taze hava akımı arasında transfer edilir.

Plakalı eşanjörler genel olarak iki grupta toplanabilir (Şekil 2.14);

- Yalnızca bir tek ısı transfer yüzeyi içeren (yalın yüzeyli) plakalı eşanjörler
- Kanatlı yüzeye sahip plakalı eşanjörler

Yalın yüzeyli plakalı eşanjörler genelde ters akımlı olarak dizayn edilirler.

Yalın yüzeyli plakalı eşanjörler karşılıklı yüzeyler arasına yerleştirilmiş kanatlardan oluşur, çapraz akım olarak dizayn edilirler (Şekil 2.13). Fakat maksimum ısı transferi için en büyük sıcaklık farkını sağlayan ters akımı yakalayabilmek için kanatları arasında ayarlanmış bağlantılar içerirler. Bununla beraber çapraz akımın daha uygun hava bağlantısı sağladığı durumlarda görülmüştür.

Normal olarak yoğunlaşma ile oluşan gizli ısı, (ılık egzoz hava akımının çığ noktası sıcaklığının altına düşmesi sonucu yoğunlaşması) ve duyulur ısı her ikisi soğuk (taze hava) akıma ayrılmış levhalar arasından iletilir. Böylece enerji transferi gerçekleşir, fakat nem transferi olmaz.

Plakalı eşanjörler, dizayn edilirken ve üretim esnasında teorik olarak düşünüldüğünde iki hava akımı arasında kaçak olmayan statik cihazlardır. Herhangi bir ısı taşıyıcı ikinci bir ortam ve soğutucu akışkan olmadığından (su gibi) sıcaklık dağılımı en geniş olan enerji geri kazanım üniteleridir. Atık egzoz ısının % 80' ine kadar kısmını geri kazanan üniteler günümüzde gerçekleştirilebilmektedir.

2.5.1.1.2 Dizayn Çalışmaları

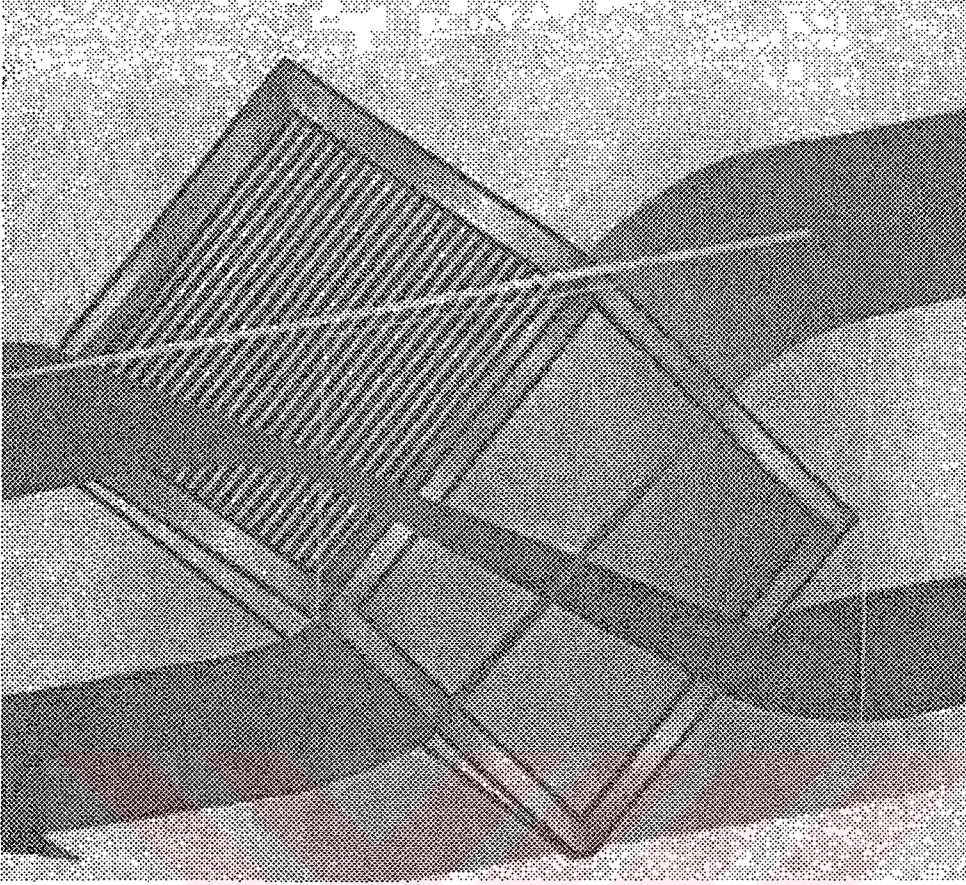
Plakalı eşanjörler çeşitli şekil, malzeme, boyut ve akış biçiminde bulunabilirler. Bir çoğu modüler yapıda olup, bu modüller değişik hava hızları, verimlilik ve basınç oluşumu gereksinimlerinde oluşturulabilir.

Levhalar kendileriyle mono blok kalıpta biçimlendirilmiş değişik şekilli çıkıntılarla aralarındaki mesafe korunarak veya ayrı dış ayırıcılarla da (destekler, oluklar) üretilebilir. Hava akımı ayrımlarındaki sızdırmazlık kıvrırma, çoklu kıvrırma, yapıştırma, kaynak veya herhangi bir yöntemle (uygulama ve imalatçıya bağlı) sağlanır. Isı transfer yüzeylerini temizleme, ulaşma kolaylığı, imalat biçimiyle bağlantılıdır.

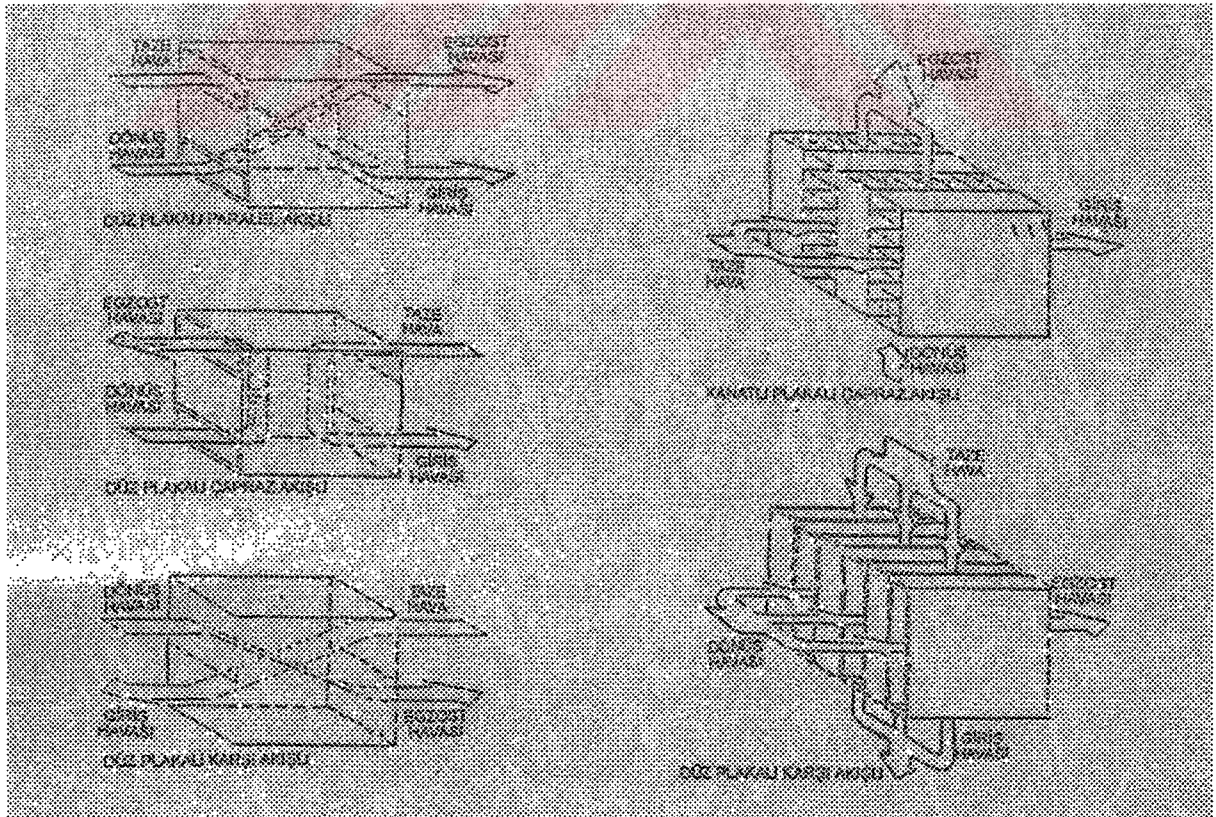
Levhalar arasındaki ısı transfer direnci, levhaların iki tarafındaki hava akımı sınır tabaka direnciyle karşılaştırıldığında küçüktür. Isı transfer verimliliği levhaların ısı transfer katsayısını da esasen etkilemez.

Çizelge 2.4. Enerji Geri Kazanım Sistemlerinin Karşılaştırılması (ASHRAE, 2000, Comparison of Air to Air Energy Recovery Devices)

ESANJÖR TİPİ	PLAKALI EŞAN.	ISI TEKERİ	İKİZ KULE TİPİ	SERPANTİN DEVRELİ	ISI BORULU	KAPALI SİSTEM
HAVA AKIŞ BİÇİMLERİ	PARALEL AKIM TERS AKIM DİK. AKIM	PARALEL AKIM		PARALEL AKIM	PARALEL AKIM	PARALEL AKIM
TİPİK VERİMLİLİK	DUY. ISI % 50 - 80	DUY. ISI % 50 - 80 GİZLİ ISI % 45 - 55	DUY. ISI % 40 - 60 GİZLİ ISI % 45 - 55	DUY. ISI % 45 - 65	DUY. ISI % 55 - 65	DUY. ISI % 40 - 60
ALIN YÜZEY HIZI (m/s) TASARIM HIZI (m/s)	0,5 - 5 1 - 5	2,5 - 5	1,5 - 2,5	1,5 - 3	2 - 4 2,2 - 2,7	2 - 4 2,2 - 2,7
BASINÇ DÜŞÜMÜ (Pa) TEO. BAS. DÜŞ. (Pa)	- 100 - 170	5 - 450 25 - 370	- 170 - 300	- 100 - 500	- 100 - 500	- 100 - 500
SICAKLIK SKALASI(°C)	-	-60 °C / 800 °C	-40 °C / 46 °C	-	-40 °C / 35 °C	-40 °C / 40 °C
TEMİN ETME BİÇİMİ	ISI DEĞİŞTİRİCİ ISI DEĞ + TAŞIYICI ISI DEĞ. + FAN KOMPLE SİSTEM	ISI DEĞİŞTİRİCİ ISI DEĞ + TAŞIYICI ISI DEĞ. + FAN KOMPLE SİSTEM	ISI DEĞİŞTİRİCİ ISI DEĞ + TAŞIYICI	ISI DEĞİŞTİRİCİ ISI DEĞ + TAŞIYICI	ISI DEĞİŞTİRİCİ ISI DEĞ + TAŞIYICI KOMPLE SİSTEM	ISI DEĞİŞTİRİCİ ISI DEĞ + TAŞIYICI
ÜSTÜNLÜKLERİ	PARÇALAR SABİT, SIZINTI YOK, DEĞİŞİK BOYLARDA, DÜŞÜK BASINÇ DÜŞÜŞÜ, YÜKSEK VERİM, KOLAY TEMİZLİK.	GİZLİ ISI TRT., KOMPAKT BÜYÜK BOYUTLAR, DÜŞÜK BASINÇ DÜŞÜŞÜ, YÜKSEK VERİM, KOLAY TEMİZLİK.	UZAK HAVA AKIMINDAN GİZLİ ISI TRT., TEK BİR SIS. ÇOKLU BİRİMLER, BESLEME VE EMİŞ KANALLARINDA ETKİLİ TEMİZLEME	EGZOZ HAVA AKIMI, TAZE HAVA AKIMINDAN AYRI (UZAKTA) AKTARILABİLİR	PARÇALAR SABİT, SIZINTI YOK, DEĞİŞİK BOYUTLARDA İZİN VERİLEN BASINÇ FARKI 1520 Pa, FAN YERİ TEHLİKELİ DEĞİL	PARÇALAR SABİT, SIZINTI YOK, EGZOZ HAVA AKIMI, TAZE HAVA AKIMINDAN AYRI (UZAKTA) AKTARILABİLİR
SINIRLANDIRMALAR	GİZLİ ISILI OLANLAR, YALNIZCA ÖZEL ÜNİTELER	SOĞUK İKLİMLERDE SERVİS HİZMETİ FAZLADIR, KARŞI AKIM KIRLETİCİLİĞİ OLASIDIR	ÜRETİCİ SINIRLIDIR	VERİMLİLİK BASINÇ DÜŞÜMÜ İLE SINIRLANDIRILMIŞ ÜRETİCİ SINIRLI	VERİMLİLİK BASINÇ DÜŞÜMÜ İLE SINIRLANDIRILMIŞ, ÜRETİCİ SINIRLI	VERİMLİLİK BASINÇ DÜŞÜMÜ VE MALİYETLE SINIRLANDIRILMIŞ
KARŞI AKIMA SIZINTI	% 0 - % 5	% 1 - % 10	% 0,025	% 0	% 0	% 0



Şekil 2.13 Plakalı eşanjörün görünümü (GEA ısı geri kazanımlı santralleri, 2002)



Şekil 2.14 Kanatlı ve kanatsız plakalı eşanjörler (C.GÜNGÖREN, 1999)

En yaygın konstrüksiyon malzemesi alüminyumdur. Bunun sebebi bu malzemenin kondüksiyon ısı iletim katsayısının yüksek oluşu değil daha ziyade korozyon direncinin düşük oluşu, imalat kolaylığı, yanmama, dayanıklılık ve maliyetinin düşük oluşudur. Sıcaklığın 200°C ' ı geçmesi ve maliyetin bir anahtar faktör olmaması durumunda diğer malzemeleri de kullanabilir.

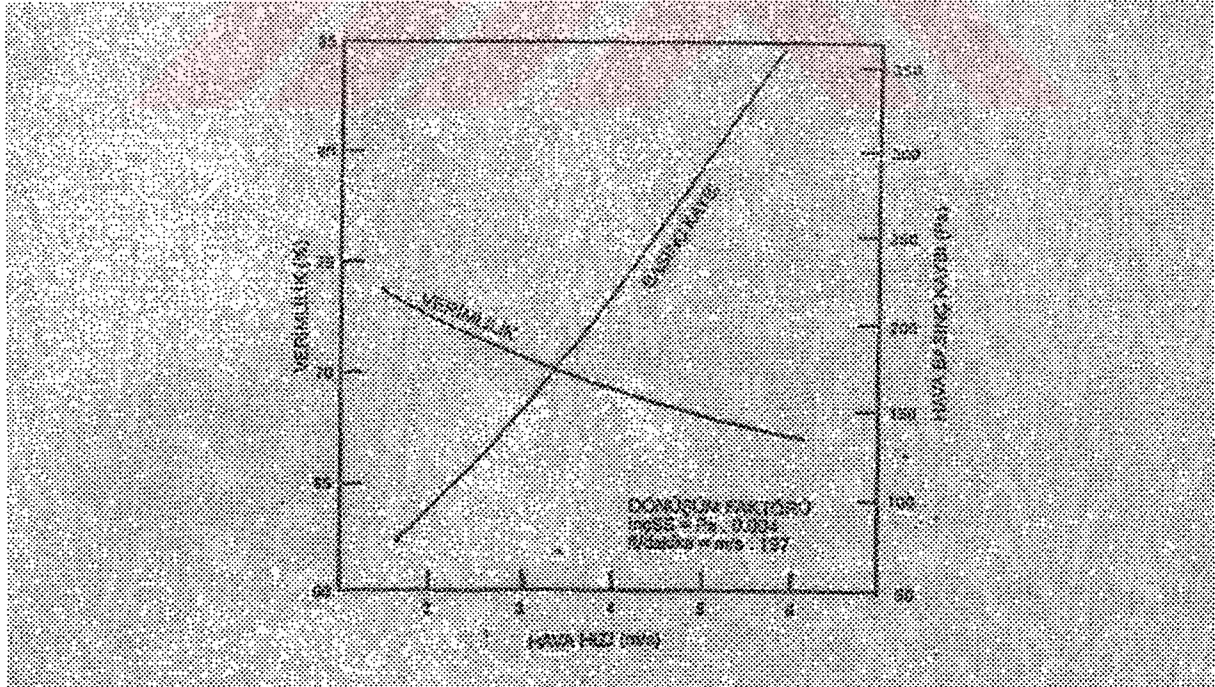
Plastik malzemeler ve hatta cam, korozyon direnci gereksinimi durumunda düşük maliyetli uygun çözümler istenildiğinde kullanılabilir.

Plakalı eşanjörler genellikle yalnızca duyulur ısı transfer eder ancak su geçirgen malzemeler (örneğin özel işlenmiş kağıt gibi) kullanıldıklarında gizli ısı (nem) transferi de gerçekleştirebilir. Böylece toplam (entalpi) ısı değişimi sağlanır.

Bu ünitelerin kapasiteleri $0,01 \text{ m}^3/\text{s}$ – $4,7 \text{ m}^3/\text{s}$ arasında olup $50 \text{ m}^3/\text{s}$ ' yi aşan birleşimlerde düzenlenebilir. Bu çoklu boyut ve birleşimlerle aşağı yukarı bütün hacimsel yerleşim ve verim gereksinimleri karşılanabilir.

2.5.1.1.3 Performans

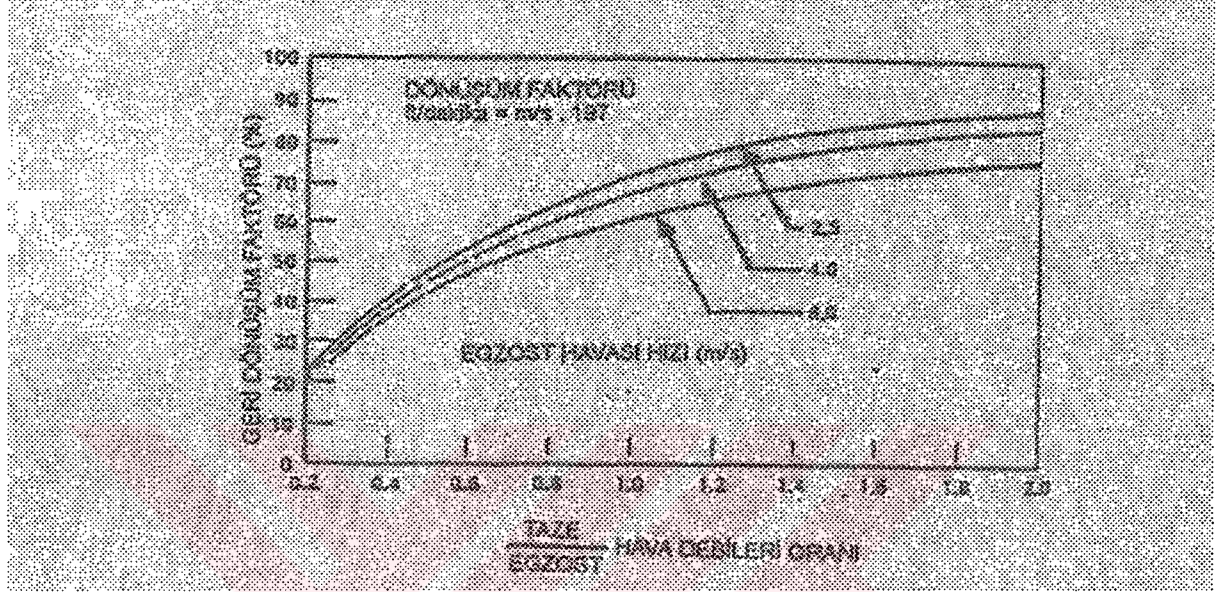
Plakalı eşanjörler ekonomik olarak yüksek duyulur ısı geri kazanım değerlerine ulaşabilir. Çünkü hava akımları arasında yalnızca levhalardan oluşan bir ısı transfer yüzeyi mevcuttur. Bu sebeple de kapasite, kanat etkinliği bağlı değildirler. Şekil 2.15 de plakalı eşanjör için tipik bir etkinlik eğrisi verilmiştir.



Şekil 2.15 Sabit plakalı eşanjörler için tipik basınç düşümü ve verimlilik eğrisi (ASHRAE, 2000, Typical Flat-plate Performance)

Plakalı eşanjörlerde diğer ısı değiştirici tiplerdeki gibi ikincil dirençler (örneğin sıvı pompalanması, gazların yoğuşma ve buharlaşması veya ısı transfer ortamının taşınması gibi) bulunmaktadır.

Plakalı eşanjörlerde (diğer havadan havaya ısı değiştirgeçlerinde olduğu gibi), atık gaz (egzoz) akımından taşınan enerjinin verimliliği Şekil 2.16 de görüldüğü gibi büyük oranda taze ve egzoz hava akımları oranına bağlıdır.



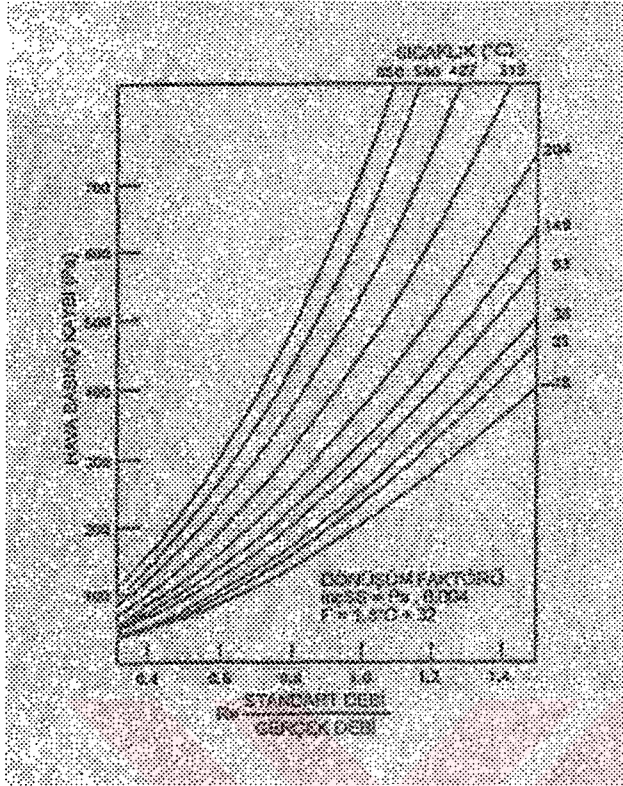
Şekil 2.16 Dengelememiş akım için tipik geri kazanım faktörü (C.GÜNGÖREN, 1999)

2.5.1.1.4 Basınç Düşümü – Akım Sızıntısı

Plakalı eşanjörlerin avantajlarından birisi hava akımları arasında sızıntı olmamasıdır.

Hızın artması durumunda iki hava akımı arasındaki basınç farklılığı üstel olarak artar. Yüksek fark basıncı ise yüzeyleri ayıran levhaları deforme eder ve ısı değiştiriciyi çok yönlü etkiler. Örneğin verimlilik, tasarım değerlerinin altına düşer ve aşırı hava sızıntıları meydana getirir. Bu belirtilen konu normalde bir problem değildir çünkü bir çok uygulamada diferansiyel basınç farkı 1 kPa' dan azdır. Yüksek hava hızları, yüksek statik basınçlar veya her ikisinin gerektiği durumlar için, bu koşulların hepsini sağlayabilen ısı değiştiriciler seçilmelidir. Teorik olarak incelendiğinde basınç düşümü gaz sıcaklığının ve akan kütle miktarının fonksiyonudur. Şekil 2.17 de tanımlanan R faktörüne bağlı olarak havanın basınç düşümünü göstermektedir, yardımcı eksen sıcaklık eksenidir.

$R = \text{Standart Akım} / \text{Gerçek Akım}$



Şekil 2.17 Plakalı eşanjörlerde çeşitli sıcaklıklardaki akım - basınç düşümü (ASHRAE, 2000, Pressure Drop Versus Flow At Various Temperatures for Typical Plate Exchanger)

2.5.1.1.5 Faz Değişimi

Egzoz hava akımı içerisinde yoğuşma :

Kurutma fanları, sertleştirme fırınları, yüzme havuzları, büyük mutfaklar gibi bir çok ısı geri kazanım sistemi yüksek nemli egzoz gazları ile çalışır. Plakalı eşanjörler de diğer eşanjörler gibi ısıtılacak havanın yoğuşma gizli ısısından faydalanır. Alınan taze havaya egzoz tarafında yoğuşan her kg nem için 500 kj enerji transfer edilir.

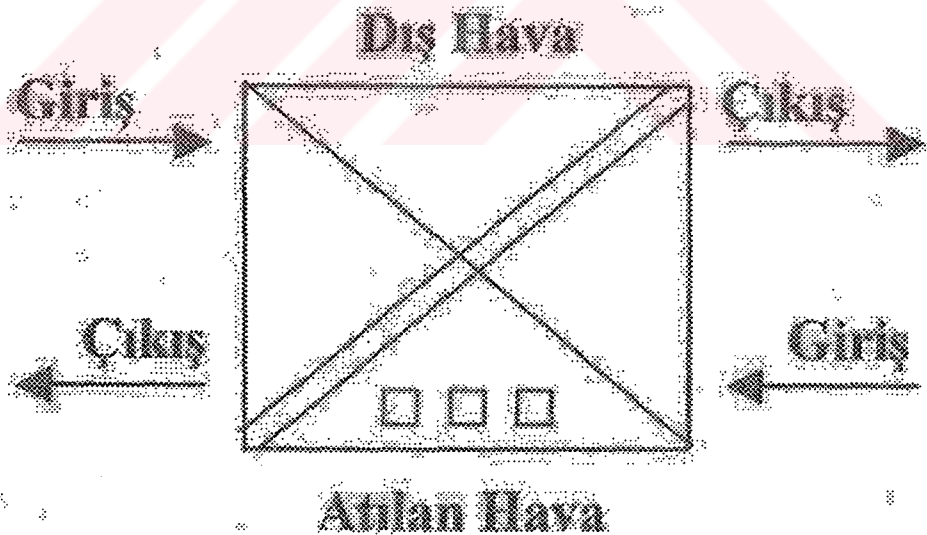
Plakalı eşanjörlerin çoğu yoğuşan sıvıyı aktaracak sistemlerle donatılmıştır. Bu sistemler yoğuşan sıvıyı akıttığı gibi, sulu yıkama sistemi kullandığında bu atık suyu da uzaklaştırır. Geri kazanılan ısı yüksek nemli egzoz akımına sahip bir odaya veya prosese geri veriliyorsa; taze hava akımının da nem istediği durumlarda; duyulur ısı eşanjörü kullanmak daha iyidir. Egzoz hava akımının daha yüksek nemli olması durumunda egzoz pasajlarında daha da azalma meydana gelmektedir. Don olayı başlangıcında nem miktarı etkisini göstermektedir. Donma, taze havanın ön ısıtılmasıyla veya bir bölümünün by-pass edilmesi ile kontrol edilebilir.

Egzoz Hava Akımı içerisinde Buharlaştırma:

Duyulur ısı enerji geri kazanım üniteleri indirek evaporatif soğutma veya kuru soğutma olarak bilinen sistemleri kullanabilirler. Bilindiği üzere evaporatif soğutma nem içeriğini artırırken taze hava sıcaklığını düşüren adyabatik bir prosesdir. Öte yandan indirek evaporatif soğutma ise taze havanın entalpisini düşürür, taze havadaki nemi yoğuşturur. Bu şartlar egzoz havasına, eşanjör girişinden önce su buharı püskürtülmesi ile sağlanır. Püskürtülen buhar egzoz yüzeylerinde birikmek sureti ile egzoz girişine yakın plakaların yüzey sıcaklıklarını egzoz yaş termometre sıcaklığına kadar düşürür. Eşanjöre giren taze hava, soğutulmuş yüzeylerle temas eder ve dış hava, dış hava kuru termometre ve egzoz tarafı yaş termometre sıcaklıkları arasındaki farkın % 25 'ine kadar istenilen şartlara yaklaştırır.

2.5.1.2 Tüp Isı Değiştiriciler

İnce et kalınlığına sahip borular plakalara yapıştırılarak, lehimlenerek veya kaynaklanarak tutturulur. Çeşitli boru çapları kullanılabilir. Büyük boru çaplarının temizliği daha kolay yapılabilir. Dairesel borulamamın statik dayanımı ince et kalınlığına sahip boruların plastik ve cam gibi metal olmayan maddelerden yapılabilmesine imkan vermektedir (Şekil 2.18).



Şekil 2. 18 Teorik olarak tüplü ısı değiştirici mantığı (VDI 2071, 1978, Einteilung und Anwendung der Waermerückgewinnungssysteme)

Genellikle ağır kirli havalarda kullanır. Büyük çaplı borularda daha iyi mekanik ve pünematik temizlik yapılabilir. Isı geri kazanım oranı 0,3 --0,5 arasındadır.

2.5.2 Rotatif Sistemler

2.5.2.1 Döner Tip Isı Değiştiriciler

2.5.2.1.1 Genel Bilgi

Döner tip ısı değiştirgeçleri, alüminyum ya da çeliğin kıvrılması ve çok küçük kanalcıkların oluşturulması ile imal edilir. Sıcak ve soğuk akışkanlar cihazın içinde bulunan küçük kanallardan geçerler. Kanalların içinde hareket eden akışkan, ısı değiştirgeci içinden aksiyal yönde geçiş yapar. Bu arada rotor yavaş bir şekilde dönmeye devam eder. Döner tipi ısı (Şekil 2. 22) değiştirgeçleri literatürlerde disk tipi döner ısı değiştirgeci, ısı tekeri, termal tekerlek, rejeneratif tip hava ısıtıcı veya havadan havaya ısı geri kazanım tekerleği olarak geçerler.

Döner tip ısı değiştirgeçler çok değişik kullanım alanlarında, çok değişik yüklerde kullanılırlar. Elektrik güç üretim istasyonları (termik santrallerde), termal enerji kaynaklarının ısı geri kazanım ünitelerinde, gaz değişim türbinlerinde, ısıtma-havalandırma ve klima santrallerinde, dışarı atılan sıcak havadan ısıyı geri kazanmak amacı ile kullanılırlar. Döner tip ısı değiştirgeçlerinde kullanılan, dört ayrı tip matris vardır.

- 1.Paslanmaz çelik veya alüminyum tellerin sıkı sıkıya ağ şekline getirilmesi ile imal edilir,
- 2.Metal plakaların fabrika ortamında proseslerle, değişik şekillere sokularak oluşturulan matrisler,
- 3.Seramik malzemedен bal peteği şeklinde yapılan laminer matris. Bu tür matrisler yüksek sıcaklıklarda kullanılır,
- 4.Nem alışverişi yapabilen ve havadaki özgül nemi üzerine alarak soğuk akışkan tarafına veren, bu sayede gizli ısıyı da transfer edebilen higroskopik ısı tekeridir.

Higroskopik ısı tekerleri havanın içindeki su buharını, kendi üzerinde bulunan ve nem almaya yarayan higroskopik maddeler tarafından absorbe ederler. Tekerleğin dönmesi sonucu, soğuk akışkan bölümüne geçen yüzey, üzerindeki suyu soğuk akışkana verir. Bu sayede suyun gizli ısısından da yararlanır.

A.1.Döner tip ısı değiştirici tipleri

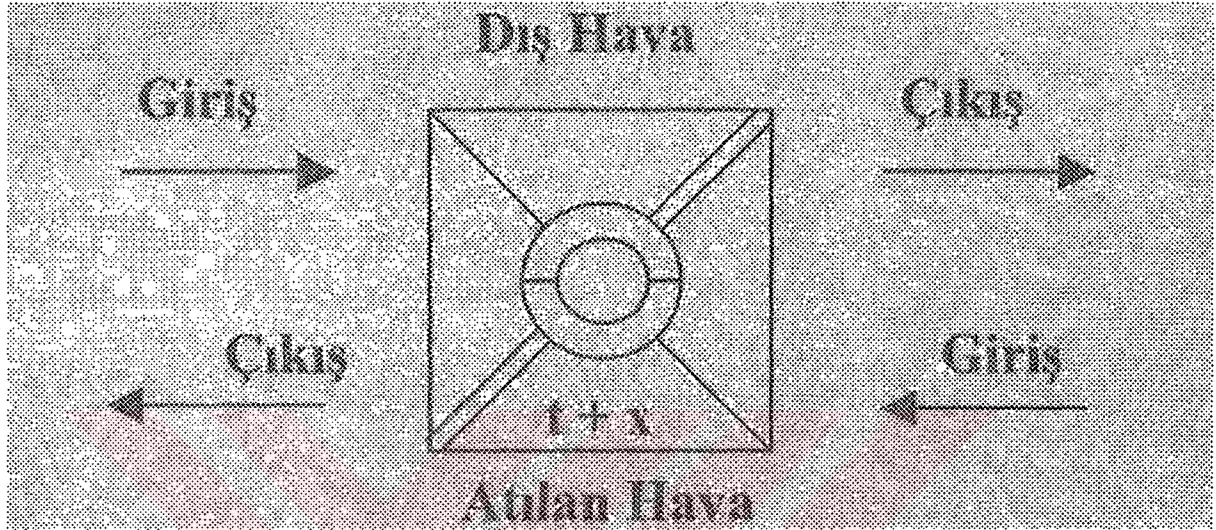
Üç tip döner ısı değiştirgeci çeşidi vardır :

- Rotorlar
- Kapılar Fanlar
- Switchover Üniteler

2.5.2.1.1.1 Rotorlar

Sıcak atılan hava ve soğuk dış hava akımı karşı akışlı olarak bir ısı taşıyıcı ile bağlantılıdır. Hava taşıyıcıdan geçerken ısı dışarı atılan havadan dağıtılarak rotasyon yapan taşıyıcı sayesinde dışardan alınan havaya aktarılır. Gaz, partikül ve bakterilerin dış havaya aktarılması ısı taşıyıcının temizlenmesi sayesinde azaltılabilir.

2.5.2.1.1.1.1 Sorpsiyonlu Rotorlar

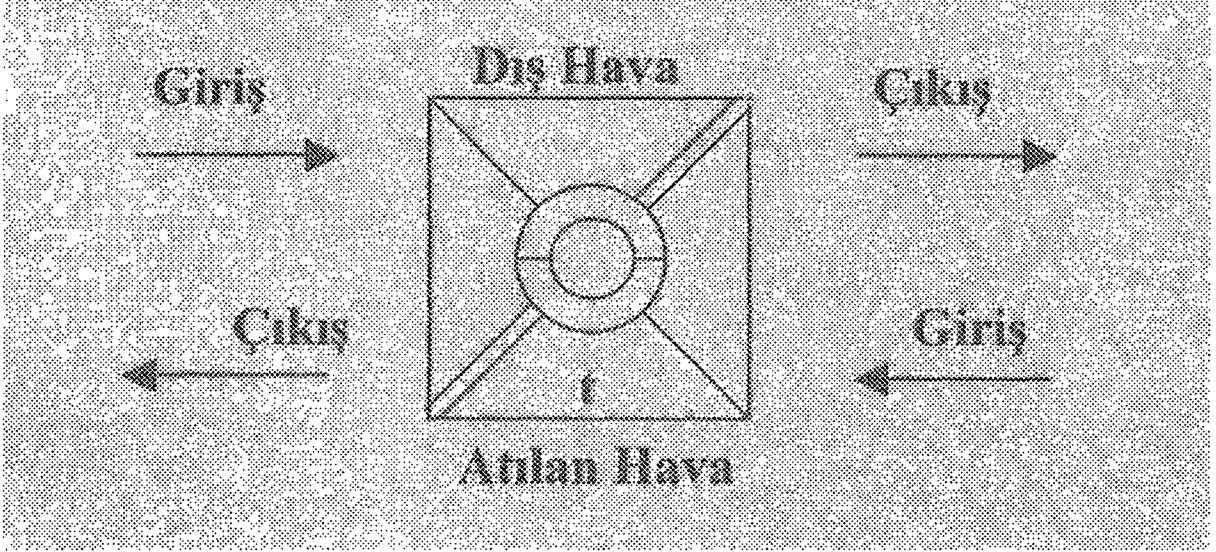


Şekil 2. 19 Teorik olarak sorpsiyonlu ısı değıştirici mantığı (VDI 2071, 1978, Einteilung und Anwendung der Waermerückgewinnungssysteme)

Bu tip rotorlar korozyona dayanıklı maddeden imal edilmiş olup nem transferinin sağlanabilmesi için higroskopik olarak kaplanmışır. Düşük dış ortam sıcaklıklarında ısı transfer yüzeylerinde suyun donma tehlikesi vardır. Nem transferinin istendiğı proseslerde uygulanır (Şekil 2. 19). Isı geri kazanım oranı 0,7 - 0,8 arasında, nem geri kazanım oranı 0,6 - 0,7 arasındadır.

2.5.2.1.1.1.2 Sorpsiyonsuz Rotorlar

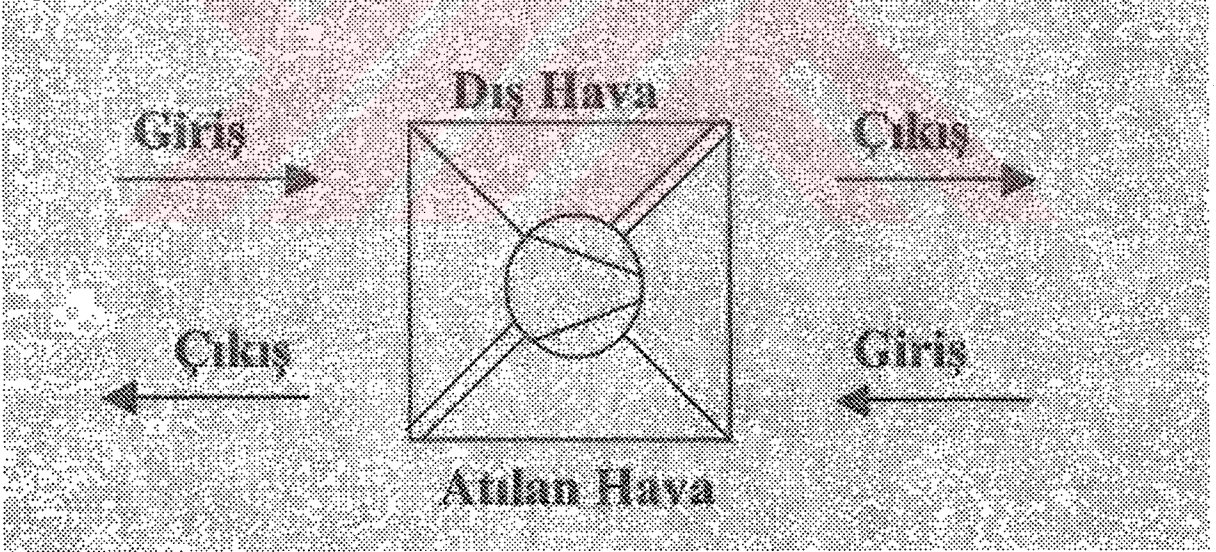
Nem stoklama için özel bir higroskopik kaplama mevcut değildir ve sadece ısı transferi uygulamaları için uygundur. Ancak küçük bir miktar nem transferi de gerçekleşmektedir. Düşük dış ortam sıcaklıklarında ısı transfer yüzeylerinde suyun donma tehlikesi vardır (Şekil 2.20). Nem prosesinin istenmediğı proseslerde uygulanır. Nem transferi az da olsa meydana gelebileceğı için bu durumun problem doğurmamasına dikkat edilmelidir. Isı geri kazanım oranı 0,6 - 0,8, nem geri kazanım oranı 0,1 - 0,2 arasında değişmektedir.



Şekil 2. 20 Teorik olarak sorpsiyonsuz ısı değıştirici mantığı (VDI 2071, 1978, Einteilung und Anwendung der Waermerückgewinnungssysteme)

2.5.2.1.1.3 Kapilar Fanlar

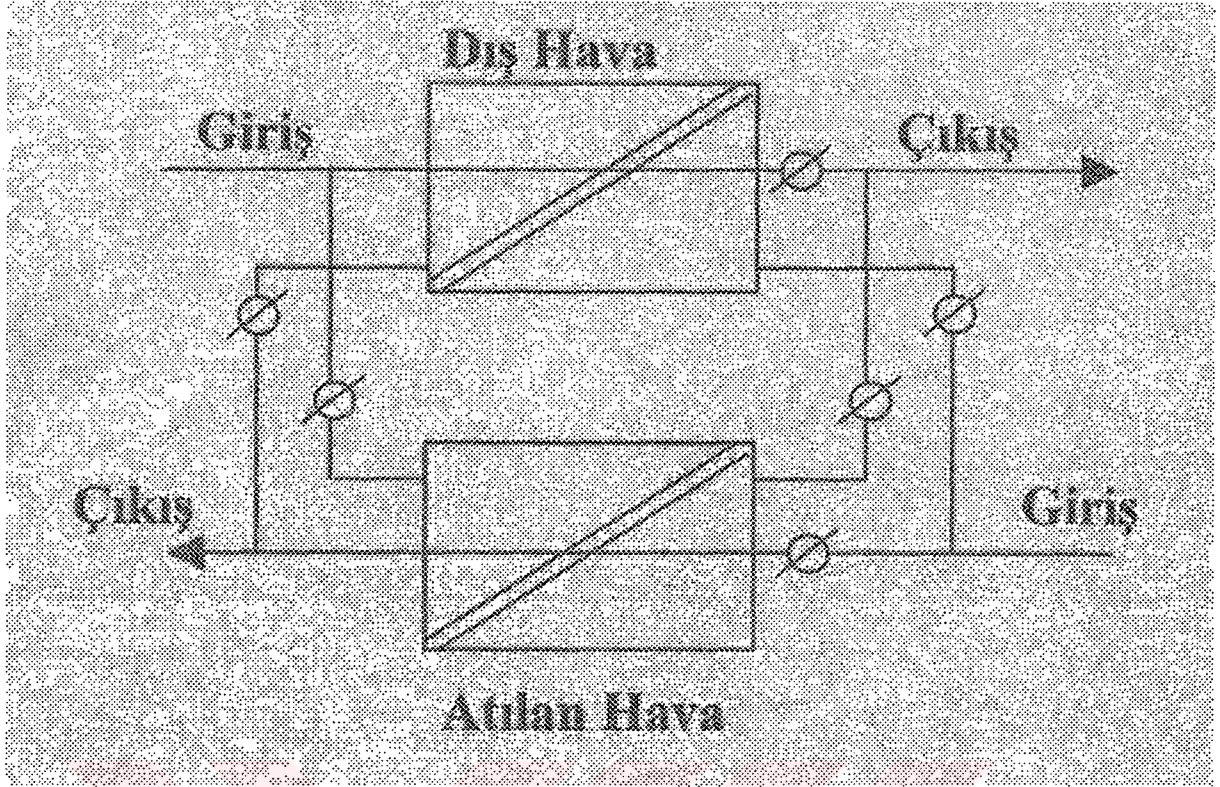
Havanın ve ısının aynı zamanda transferini sağlayan bir cihazdır. Besleme ve egzoz havası aynı anda bir çark ile transfer edilerek nem ve ısı transferi sağlanır. Hava karışımı koku ve madde transferi olmasına sebep olur(Şekil 2.21). Isı transferi kontrol edilemez ve kapatılamaz. Geri kazanılan ısı ve nem oranı 0,2 - 0,4 arasındadır.



Şekil 2. 21 Teorik olarak sorpsiyonsuz ısı değıştirici mantığı (VDI 2071, 1978, Einteilung und Anwendung der Waermerückgewinnungssysteme)

2.5.2.1.1.4 Switchover Üniteler

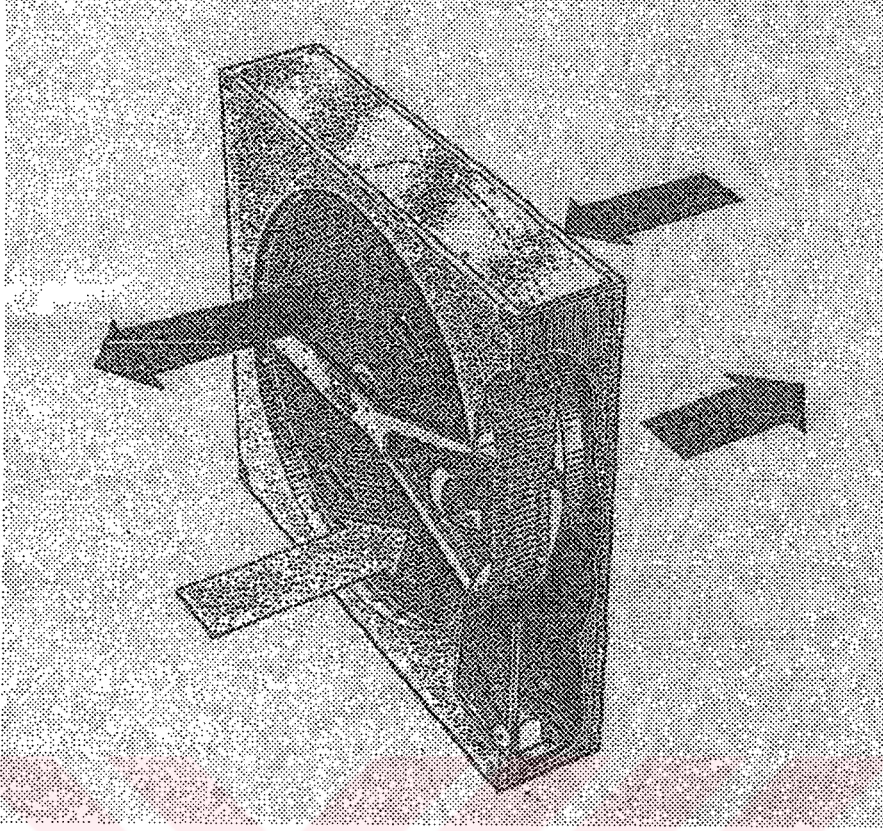
Bu cihaz iki adet kaplamalı/kaplamasız hafif metal plakalardan oluşan ısı stoklayan ünitelerden oluşur(Şekil 2. 22). Bu üniteler dış hava ve atılan havanın transferini sağlar. Hava geçiş yollarının kontrolü için damper kullanılır. Damperler elektrik motoru ile kontrol edilir. Hava karışımı söz konusu olduğu için koku ve madde transferi de olacaktır. Isı geri kazanım oranı 0,6 -0,9 arasındadır. Nem geri kazanım oranı ise 0,5 -0,7 arasında gerçekleşir



Şekil 2. 22 Teorik olarak switchover mantığı (VDI 2071, 1978, Einteilung und Anwendung der Waermerückgewinnungssysteme)

2.5.2.1.2 Döner Tip Isı Değiştirgeçlerinin Avantajları

1. Daha sıkı bir ısı transfer yüzeyi sağlanabilmektedir.
2. Bu ısı değiştirgeçler, diğer ısı değiştirgeçlere göre daha kısa sürede kendini amorti edebilmektedir.
3. Akışın karşı akışlı olması yüzünden, filtre kullanılsa bile atılan hava ile kanallar süpürüldüğünden, yüzeyler temiz kalır. Havanın içinde yağlı, yapışkan, toksin vb. maddeler bulunmadıkça filtreye gerek yoktur.
4. Nemlendirme prosesine sahip sistemlerde, dönüş havası nemini geri kazanarak enerji tasarrufuna sebep olur. Döner tip ısı değiştirgeçleri ayrıca sistemin ihtiyacı olan ilk yatırım maliyetini azaltır.
5. Atılan enerjinin %80 mertebesinde bir kısmının döner ısı değiştirgeçlerinde kazanılması mümkündür. Yalnız bu verimin değişimi kullanılan matrisin yüzeyine ve kurutucunun cinsine bağlıdır.



Şekil 2.23 Isı tekerlerinin şematik gösterimi (Korun, 1990)

2.5.2.1.3 Döner Tip Isı Değiştirgeçlerinin Dezavantajları

1. Döner tip ısı değiştirgeçlerinde kaçak ve taşınma ile soğuk – sıcak akışkanlar karışabilmektedir. Bunu önlemek için fanların yerleri iyi ayarlanır ve bir temizleme bölümü kullanılır. Temizleme bölümü kullanılmadığı durumlarda, eğer pis havanın içinde, temiz havaya karışması istenmeyen maddeler bulunduğunda (toksin, toz, boya, sigara dumanı), taze hava bu maddeler içeren hava ile karışır.
2. Eğer akışkanlar arası basınç farkı artar ise, kaçak ile karışan akışkan miktarı artmakta ve bu önemli bir problem oluşturmaktadır. Bu yüzden sıcak ve soğuk akışkan basınç farkı 4 bar' dan fazla olmamalıdır.
3. Döner tip ısı değiştirgeçler, diğer ısı değiştirgeçlere nazaran daha sıkı bir yapıda olduklarından, basınç kayıpları diğer ısı değiştirgeçlerine göre fazla olmaktadır.
4. Döner tip ısı değiştirgeçlerde meydana gelecek basınç düşümü üzerindeki kısıtlamalar, matris yüzeyi değişmeksizin geniş bir akış alanı gerektirir. Bu durumda, hantal bir kanal sistemi oluşumuna sebebiyet verir.

2.5.3 Rejeneratif Sistemler

2.5.3.1 Kule Tipi Entalpi Geri Kazanım Devreleri

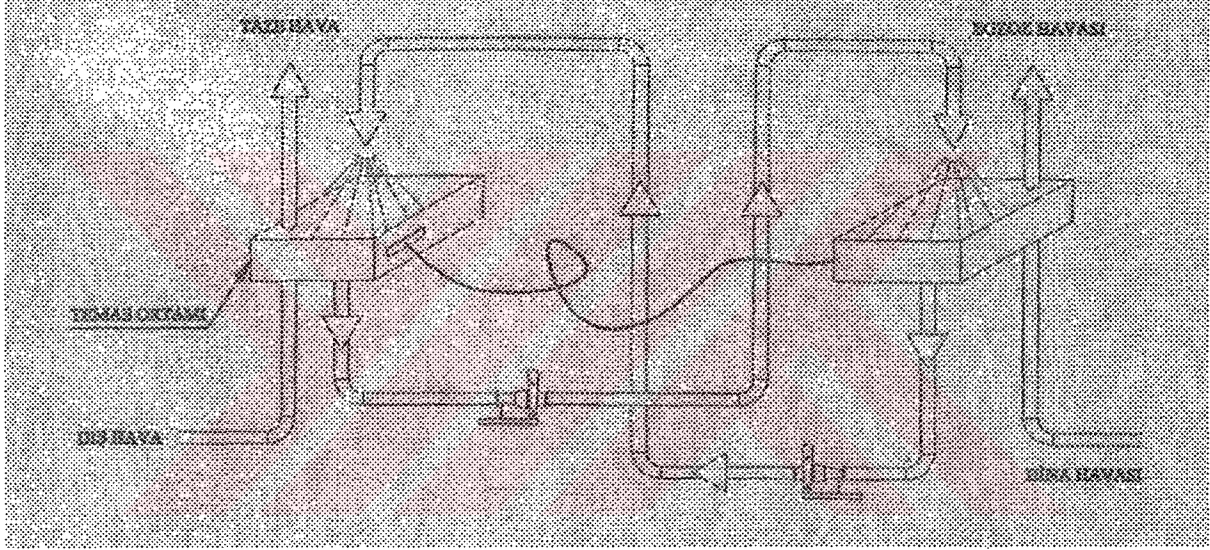
2.5.3.1.1 Genel Bilgi

Bu tip eşanjörler hava – sıvı ve sıvı- hava entalpi kazanım sistemlerinde bir sorbent (emici) sıvı sürekli olarak taze ve egzoz hava akımı ile direkt temas halindedir. Bu sıvı, su buharı ve ısıyı transfer eder. Sorbent çözelti genellikle lityum-klorid su gibi halojen tuz çözeltisidir. Pompalar taze hava ve egzoz temas kuleleri arasında çözeltinin dolaşımını sağlar

(Şekil 2. 24). Tipik konfor uygulamasında yaz şartlarında giriş havası soğutulur ve nemi alınır, kış şartlarında ise ısıtılıp nemlendirilir.

Dikey ve yatay hava akımlı temas kuleleri imalatı gerçekleştirilebilir. Temas kuleleri hava akış kapasiteleri 180000 m³ / h debiye kadar temin edilmektedir.

Dikey kulelerde, taze ve egzoz havaları, temas yüzeylerine ters akımlı ve dikey doğrultuda geçerken sorbent sıvısı yüksek temas verimliliklerine ulaşır. Yatay kulelerde ise hava akımları temas yüzeylerine dik akarken sorbent sıvısı ile temas verimi önemli derecede daha küçüktür.



Şekil 2.24 İkiz kule tipi entalpi geri kazanım devresi (ASHRAE, 2000, Twin Tower Recovery Loop)

Temas yüzeyleri genellikle metal olmayan malzemelerden yapılmaktadır. Temas yüzeyini geçen hava bir nem alan yastıktan geçirilerek sürüklenen sorbent çözeltisi varsa, giderilmesi sağlanır. Kule kasaları ise (şase) koruyucu kaplamalı çelikten yapılıdır.

2.5.3.1.2 Tasarımda Dikkat Edilecek Hususlar

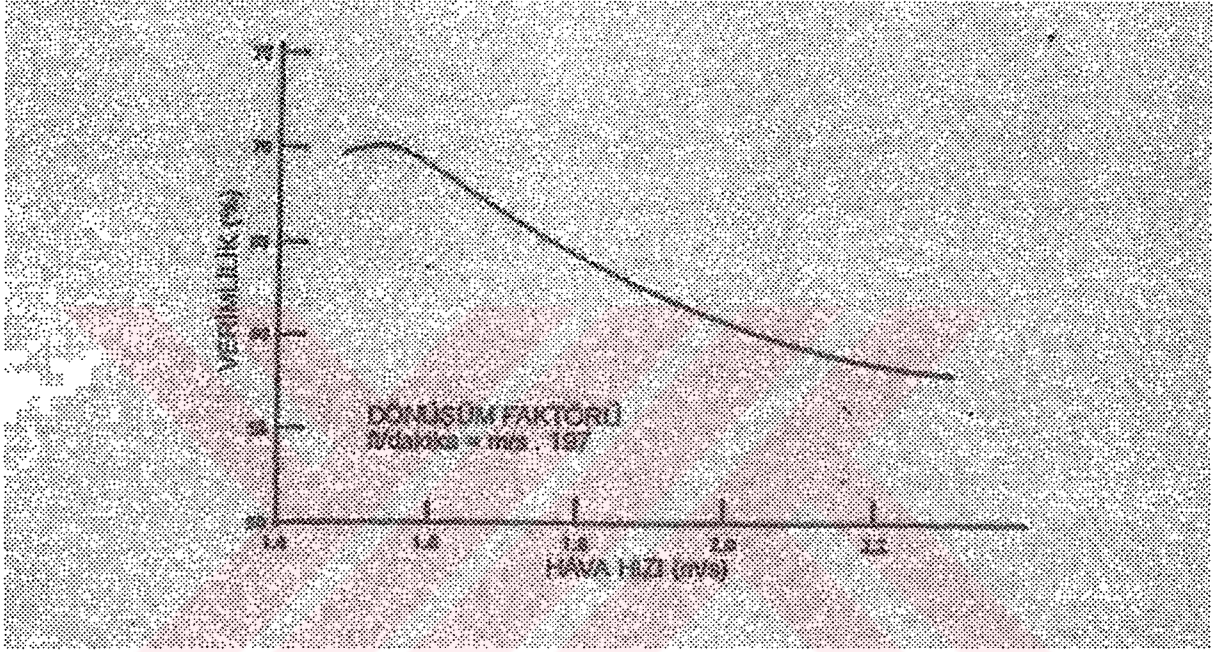
- Çalışma sıcaklığı limitleri :İkiz kule tipi entalpi geri kazanım sistemleri esasen konfor şartlandırması sınırlarındaki işletme sıcaklıkları için dizayn edilirler. Endüstriyel fırınlar gibi yüksek sıcaklık uygulamaları için elverişli değildirler.

- Yaz aylarında bu sistem bina taze hava sıcaklığının 46⁰C gibi değerlerinde çalışır. Kış aylarında sorbent sıvısı etkili bir antifriz olduğundan donma problemi olmaksızın - 40⁰C'larda bile rahatlıkla çalışır.

- Statik basınç etkileri : Taze ve egzoz havası temas kuleleri yalnızca

sorbent iletim boruları ile bağlantılı olduğundan, taze ve egzoz havası fanları neresi uygunsa oraya yerleştirilebilir. Temas kuleleri genellikle hava giriş statik basıncı -1.5 kPa ile 1.5 kPa arasında çalışabilir. Egzoz temas kuleleri, hava temas kulesi içi statik basıncından daha yüksek basınçta herhangi bir kirlenme ve sızıntı olmaksızın çalıştırılabilir.

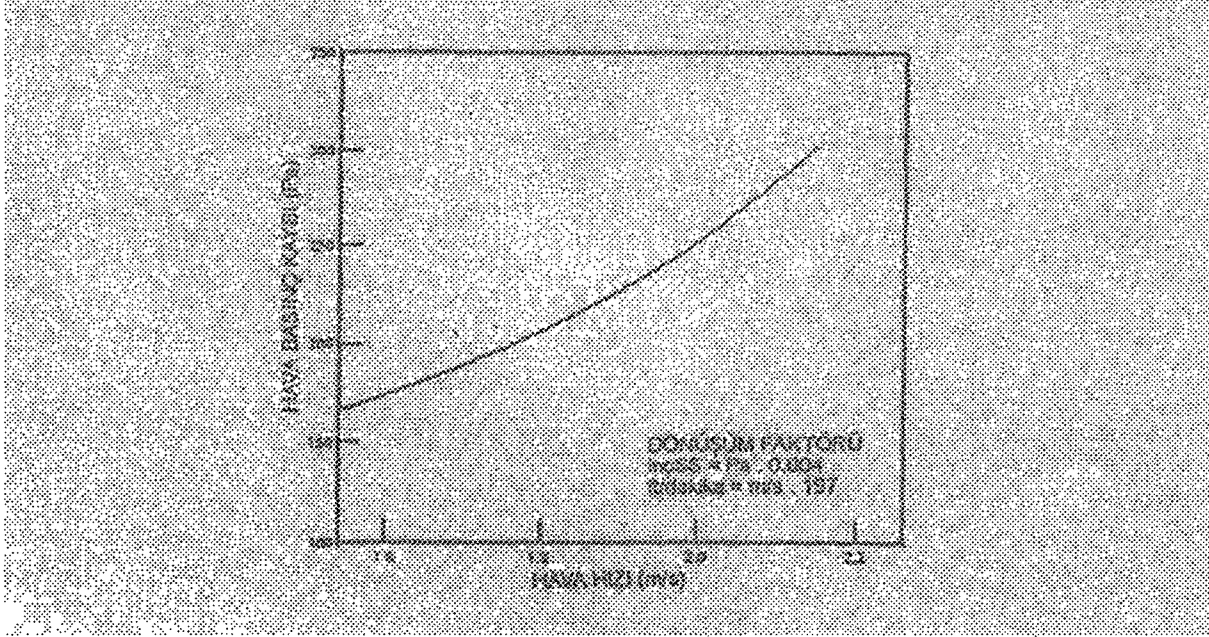
- Entalpi geri kazanım verimliliği : Şekil 2.25 deki ikiz kule sistemi için tipik bir entalpi geri kazanım verimliliği gösterilmektedir. Verimlilik temas kulesi yüzeyindeki hava hızının fonksiyonu olarak gösterilmiştir.



Şekil 2.25 İkiz kule tipi entalpi geri kazanım devresinde (C.GÜNGÖREN, 1999)

Toplam enerji geri kazanım verimliliği

- Hava akımı ve basınç düşüşü : Şekil 2. 26 de görüldüğü gibi ikiz kule sistemi için tipik bir hava hızı eğrisini göstermektedir. Temas yüzeyleri genelde 1.5 m/s ile 2.2 m/s arasındaki hava hızlarında çalışmak üzere dizayn edilirler.Hava tarafı basınç düşüşü 170 Pa ile 300 Pa arasında değişir.



Şekil 2.26 İkiz kule tipi entalpi geri kazanım devresinde hava tarafı basınç düşümü (C.GÜNGÖREN, 1999)

- Karşı kirleticilik : Partikül kirleticiliği, ıslanmış partiküller sorbent çözeltisi içinde kaldığından ve daha sonra filtrelendirildiğinden meydana gelmez. Sınırlı miktarda gaz karşı kirleticiliği oluşturabilir, bu ise gazın sorbent çözeltisi içinde çözünürlüğüne bağlıdır. Sülfür hekzaflorid kullanımı ile yapılan gaz kirleticiliği testinde, ikiz kule tipi sistemi karşı kirleticilik oranının % 0.025 mertebelerinde olduğu belirlenmiştir.

- Sorbent çözeltileri (özellikle klorlu tuz çözeltileri) bakteri yok edicidir.

İkiz kule sistemlerinde kullanılan lityum klorid ise virüslere karşı yok edicidir. Mikroorganizma testlerinde bu durum saptanmıştır. Kullanılan temas kulelerinde belirlenen sonuçlara göre de taze veya egzoz havası içinde bulunan bakterilerin % 94'ünün efektif olarak giderildiği gözlenmiştir.

- Bina veya proses atık madde kirleticilerinin etkisi :

Eğer binada veya proses egzozunda iplik, tiftik, hayvan kılı, veya diğer katılar gibi büyük miktarda kirleticiler mevcutsa egzoz hava akımı, temas kulesi öncesi filtre donanımından geçirilmelidir.

Eğer binada veya proses egzozunda kimyasal gazlar ve hidrokarbonlar gibi gaz kirleticiler mevcutsa karşı kirleticilik olasılığı ve sorbent çözeltisi üzerine etkileri dikkate alınmalı ve incelenmelidir.

2.5.3.1.3 Kış İşletmesi

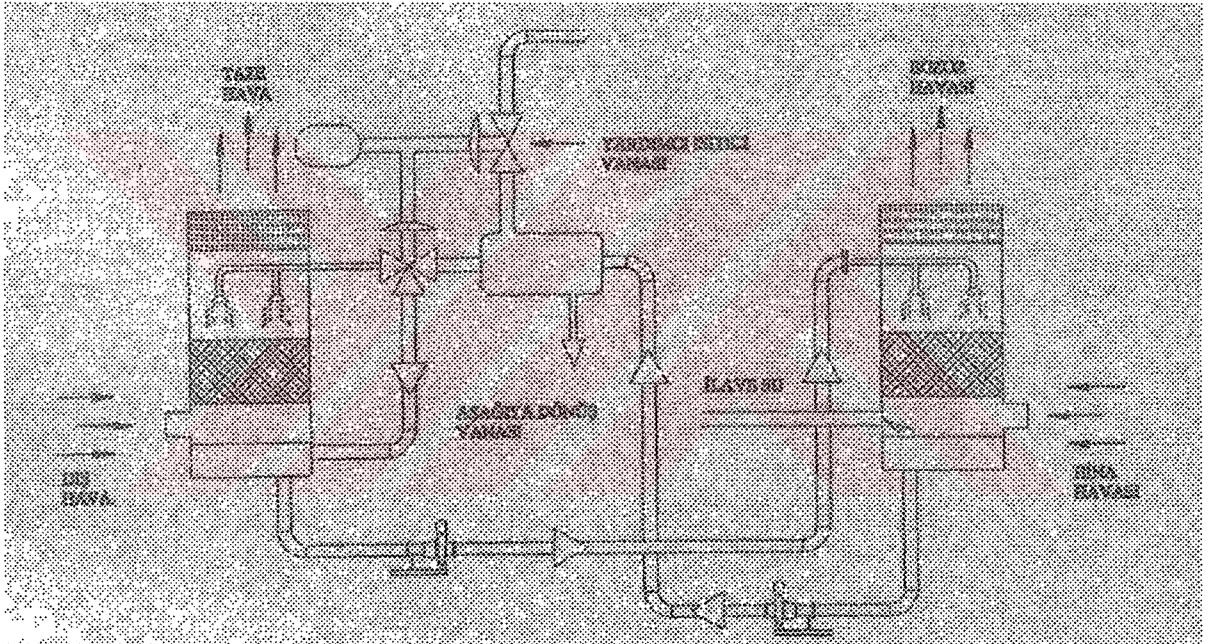
Soğuk iklimlerde nemlilik kontrol uygulamalarında ikiz kule sistemi (Şekil 2.27) kullanıldığında, doyma etkileri (diğer cihazlarda yoğuşma, kar ve buz oluşumuna neden

olabilir) ile ikiz kule sisteminde sorbent çözeltisi aşırı sulanabilir. Sorbent çözeltisinin taze hava temas kulesi öncesi bir yardımcı ısıtıcı ile ısıtılması sulanmaya engel olabilir.

Bu ısıtma taze hava temas kulesini terk eden havanın çıkış sıcaklık ve nemliliğini yükseltir, böylece sistemin nemliliği ve aşırı sulanması önlenip dengelenmiş olur.

Bir termostat duyar elemanı taze hava temas kulesinin hava çıkışından aldığı uyarı ile çözelti ısıtıcıyı kontrol etmekte kullanılmaktadır, böylelikle dış sıcaklıktan bağımsız, sabit hava sıcaklığı sağlanır.

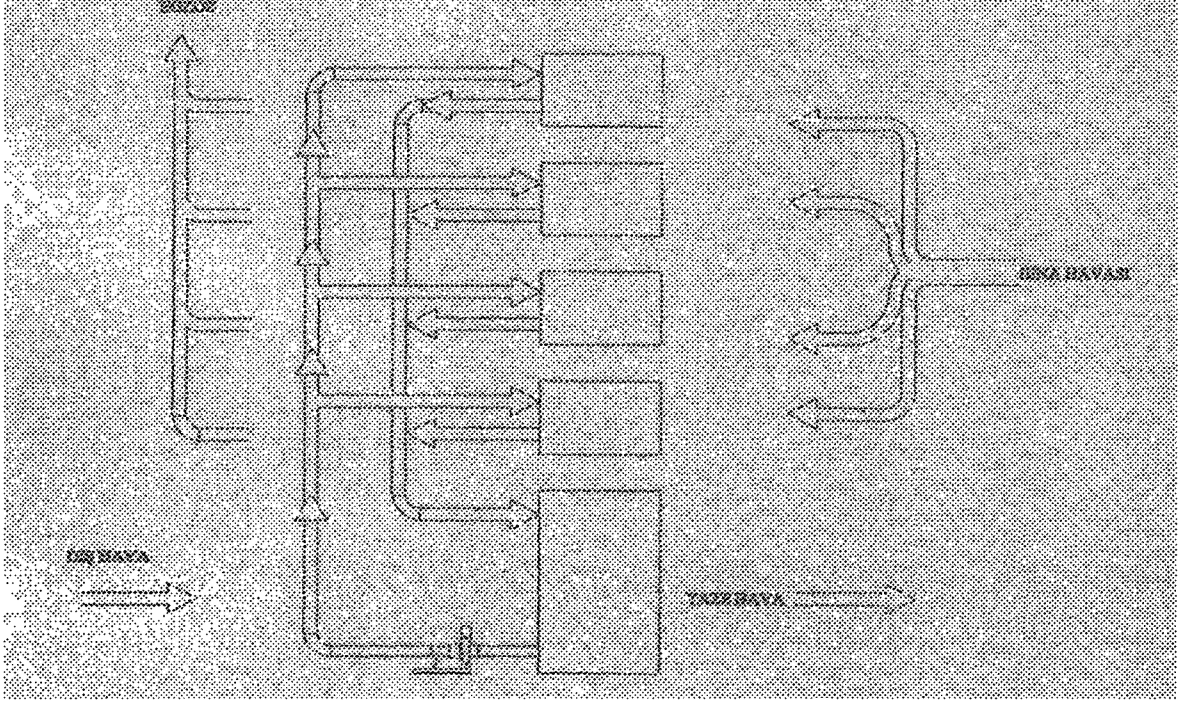
Sorbent çözeltisine otomatik olarak şamandıralı kontrol sistemiyle su ilave edilmesi, sorbent çözeltisini sabit konsantrasyonda tutar ve ikiz kule sistemi soğuk havalarda sabit nemlilikte taze hava sağlar.



Şekil 2.27 İkiz kule tipi entalpi geri kazanım devresinde Kış çalışması ve kontrolü (C.GÜNGÖREN, 1999)

2.5.3.1.4 Çok Sayıda Kulenin Kullanılması

Herhangi sayıda (Şekil 2.28) taze hava kulesi, herhangi sayıda egzoz kulesi ile birlikte kullanılabilir. Eğer taze ve egzoz havası kulelerinde yeterli yükseklik farkı varsa yerçekimi sorbent çözeltisinin üst kule veya kulelerden geri dönüşünde kullanılabilir.



Şekil 2.28 İkiz kule tipi entalpi geri kazanım devresinde çok sayıda kulenin kullanımı (C.GÜNGÖREN, 1999)

2.5.3.1.5 Bakım

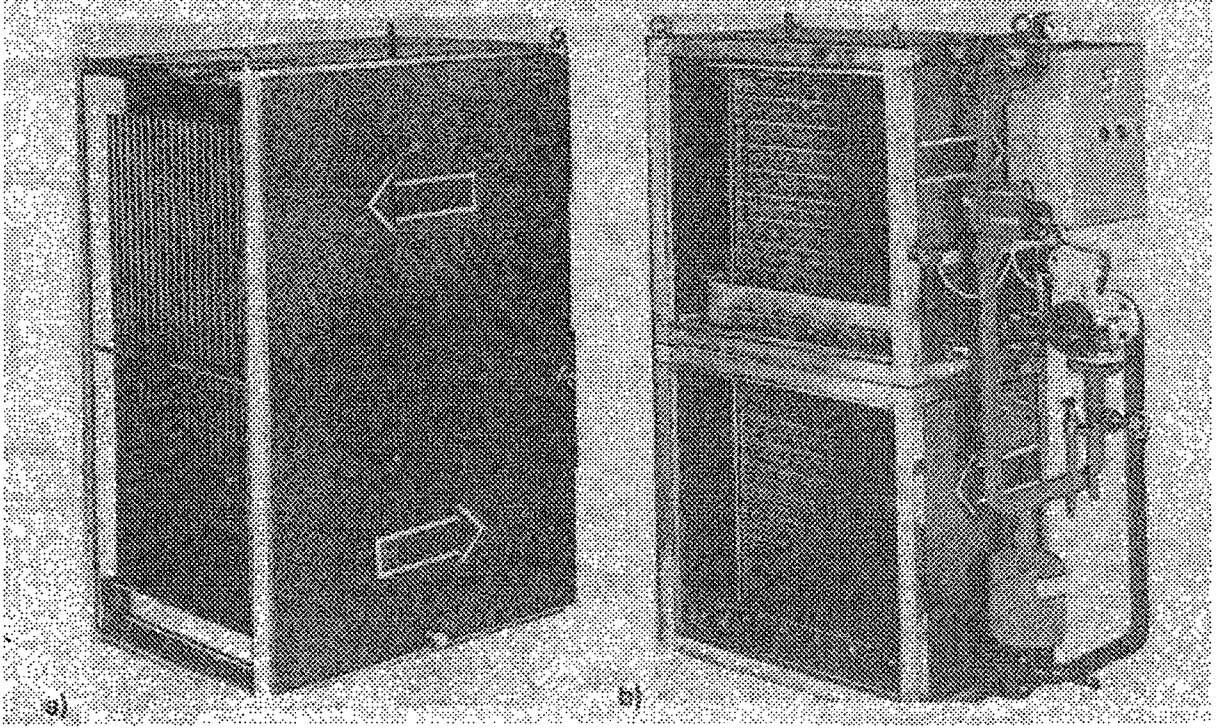
İkiz kule tipi ısı geri kazanım sistemleri yalnızca düzenli periyotlarla bakım gerektirirler. Komple bakım işlemleri, yedek parça listeleri her uygulama ile ilgili talimatnamelerinde bulunabilir. Periyodik olarak sirkülasyon pompaları püskürtme nozülleri, sıvı transfer kontrolleri ve damlacık alıcı yastıklar kontrol ayarlama veya bakıma gereksinim duyabilir. inhibitörlü halid (klorlu) tuz çözeltileri ikiz kule sistemlerinde enerji transfer ortamı olarak kullanılır. İmalatçıların teknik destek

(çözelti izleme ve konsantrasyon değişimi raporlama, inhibitör miktarı ve PH gibi konularda) vermesi ve böylece maksimum verimliliğin sağlanması gereklidir.

2.5.3.2 Serpantin Devreli (Dolaşım) Enerji Geri Kazanım Devreleri

2.5.3.2.1 Genel Bilgi

Tipik bir serpantin devreli ısı geri kazanım sistemi Şekil 2.29 de gösterilmektedir. Serpantin devreli enerji kazanım sistemleri bina veya prosesin egzoz ve taze hava akımlarına yerleştirilmiş kanatlı borulu su bataryalarından oluşur. Bataryalar birbirlerine ters akımlı olarak düzenlenmiş bir boru devresi ile bağlıdır. Serpantin devresinde bir ara ısı taşıyıcı akışkan (tipik olarak su veya donması geciktirilmiş çözelti) pompalanarak devreder.



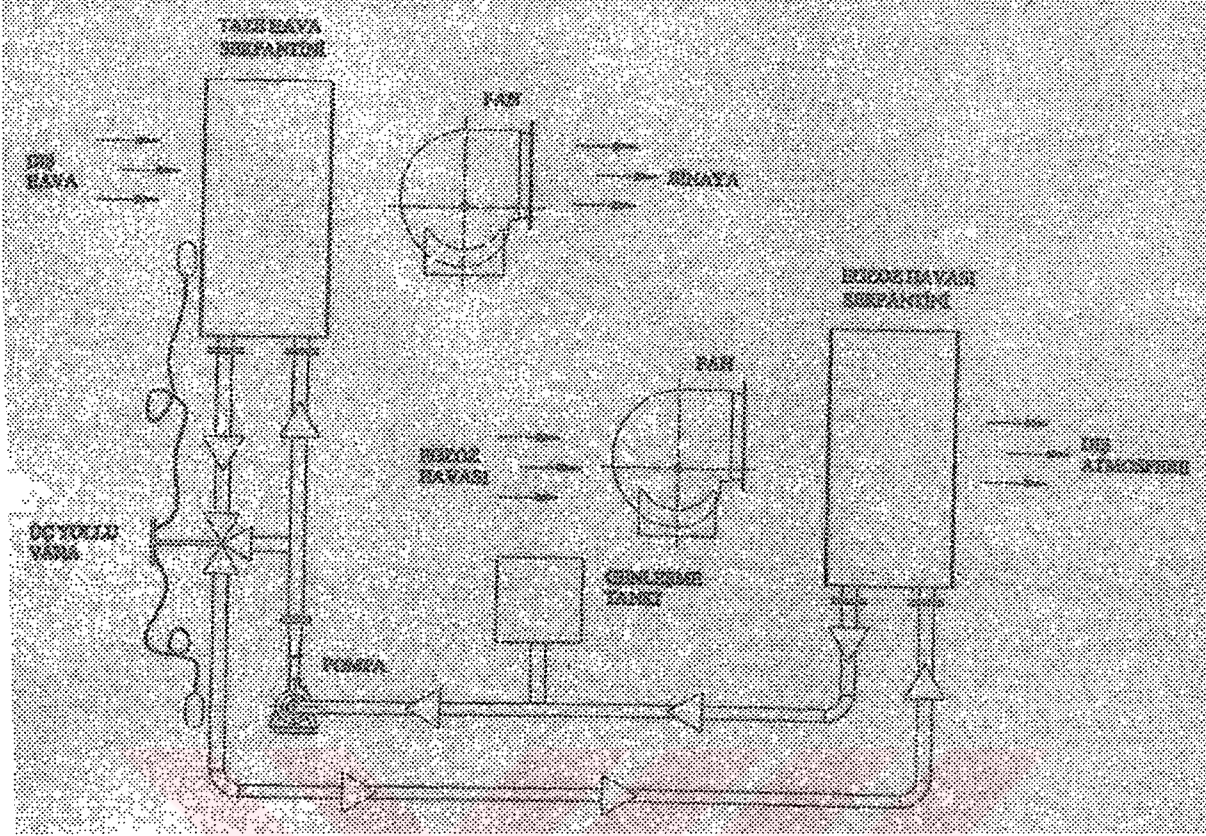
Şekil 2.29 Serpantin devreli enerji geri kazanım cihazı (GEA ısı geri kazanımlı santralleri, 2002)

Sistem enerji transferini sıcak hava akımından soğuk hava akımına doğru sağlar. Tipik konfordan konfora uygulamalarda, sistem mevsime göre tersinebilirler. Dış hava egzoz havasından soğuk ise ön ısıtılır, dış hava egzoz havasından sıcak ise ön soğutulur. Sistem genelde duyulur ısı geri kazanımı için kullanılır.

2.5.3.2.2 Donmaya Karşı Korunma

Nem, egzoz havası geçiş kanallarında donmamalıdır. Egzoz bataryası üzerinde meydana gelebilecek don teşekkülünün önlenmesi amaçlı kullanılan üç yollu sıcaklık kontrol vanasının iki amacı daha vardır.

a) Vana (Şekil 2. 30) egzoz bataryasına giren çözeltili sıcaklığını -1°C altına düşürmeksizin giriş çözeltili sıcaklığını sağlamak üzere kontrol edilir. Bu, çözeltilinin bir miktarının taze hava bataryasından by-pass edilmesi ile sağlanır.



Şekil 2.30 Serpantin devreli enerji geri kazanım devresi (C.GÜNGÖREN, 1999)

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

2.5.3.2.3 Sistemin Özellikleri

Serpantin devreli enerji geri kazanım sistemleri esnek yapıda olup yeni ve endüstriyel uygulamalar için uyumludur. Sistem birbirinden uzak taze ve egzoz kanallarına yerleştirilir ve aynı anda birçok kaynak ve kullanım yeri arasında enerji transferi sağlar. Çalışma akışkanının genişleme ve daralmasını sağlamak için sisteme bir genişleme tankı ilave edilmelidir. Hava akımlarının tamamıyla ayrılmış olması taze hava ve egzoz hava akımlarının birbirlerine karşı kirletmelerini ortadan kaldırmıştır.

Kapalı bir genişleme tankı etilen-glikol kullanılıyorsa oksidasyonu en aza indirger. Sistemi oluşturmak için standart kanatlı borulu su serpantinleri kullanılmış olabilir. Bu durumda serpantin, alın yüzeyi hızı ve basınç düşümü seçiminde imalatçı tasarım eğrileri ve verim değerleri kullanılmalıdır. Göz önünde bulundurulması gereken bir konu da düşük batarya yüzeyi hızlarının düşük olmasının ilk yatırım masraflarını, yüksek olmasının da işletme masraflarının arttıracığıdır (optimum 1.5 ile 3 m/s arası).

2.5.3.2.4 Verimlilik

Serpantin devreli ısı geri kazanım sistemi öncelikle bir ısıtma cihazıdır. Su buharını bir hava akımından diğerine transfer edemediği için sistem öncelikle duyulur ısıyı geri kazanmak için kullanılır. (Taze hava akımının ön ısıtılması gibi)

En ekonomik verimli çalışma için, eşit hava akımı hızları ve yoğuşmasız durumda, tipik verimlilik değerleri 60 % ile 65 % arasında değişir. Egzoz havasının miktarını aştığı ve/veya egzoz havasının yüksek bir nem seviyesine sahip olduğu uygulamalarda taze hava sıcaklığı, iki hava akımı arasındaki sıcaklık farkının 85 %'e ulaşan değerine çıkabilir.

En çok net ekonomik geri kazanım için en yüksek verimlilik gerekli değildir. En büyük verimlilik için etmenler aşağıdaki gibi sıralanabilir;

- a) Dış hava sıcaklığı
- b) Isıtma soğutma yükü
- c) Sistemin işletme maliyetleri
- d) Sistemin işletme süresi
- e) Coğrafik yerleşim ve yapı

Tipik olarak serpantin devreli ısı geri kazanım ünitelerinin duyulur ısı verimliliği dış hava sıcaklığından bağımsızdır. Bununla birlikte kapasite kontrolü yapılan bir sistemde ise duyulur ısı verimliliği dış hava sıcaklığı arttıkça azalır.

2.5.3.2.5 Konstrüksiyon Malzemeleri

Çalışma koşullarında ilgili serpantin kısımları uygun malzemelerden imal edilmelidir. Konfor-konfor uygulamalarında standart serpantin yeterlidir. Proses-proses ve proses-konfor uygulamalarında yüksek sıcaklık etkisi, yoğun maddeler, korozif maddeler ve serpantin üzerinde birikebilen maddeler serpantin konstrüksiyonunda dikkate alınmalıdır.

Yüksek sıcaklıklarda (240⁰C'in üstü) kanat-boru birleşim kesitinin sürekliliğinin bulunması gereklidir. Yoğuşma ve diğer olumsuz şartlar özel batarya konstrüksiyonu ve/veya kaplama gerektirmektedirler.

2.5.3.2.6 Bakım

Serpantin devreli ısı geri kazanım çevrimi sistemi çok az bakım gerektirir. Hareket eden parçalar olarak yalnızca sirkülasyon pompası ve üç yollu kontrol vanası bulunur. Bununla beraber aşağıda belirtilen çalışma koşulları optimum çalışma sağlar. Bunlar hava akımlarının filtre edilmesi, serpantin yüzeylerinin temizlenmesi, pompa ve vananın periyodik bakımı ve transfer akışkanın özellikleridir.

Bataryalar buhar, basınçlı hava, sıcak sabunlu su, uygun çözücüler ile temizlenebilir. Eğer

egzoz havası bataryası sık temizlenmeyi gerektiriyorsa otomatik yıkama sistemleri monte edilmelidir.

Etilen-glikol karışımları 135⁰C'in üzerinde kullanılmamalıdır. Çünkü bu sıcaklık aşıldığında etilen-glikolün yapısı çözünerek asidik çamura dönüşür. Eğer antifriz kullanmak şart ise ve egzoz havası sıcaklığı 135⁰C'in üzerinde ise susuz sentetik ısı transfer akışkanları kullanılabilir.

2.5.3.3 Isı Borulu Enerji Geri Kazanım Sistemleri

2.5.3.3.1 Genel Bilgi

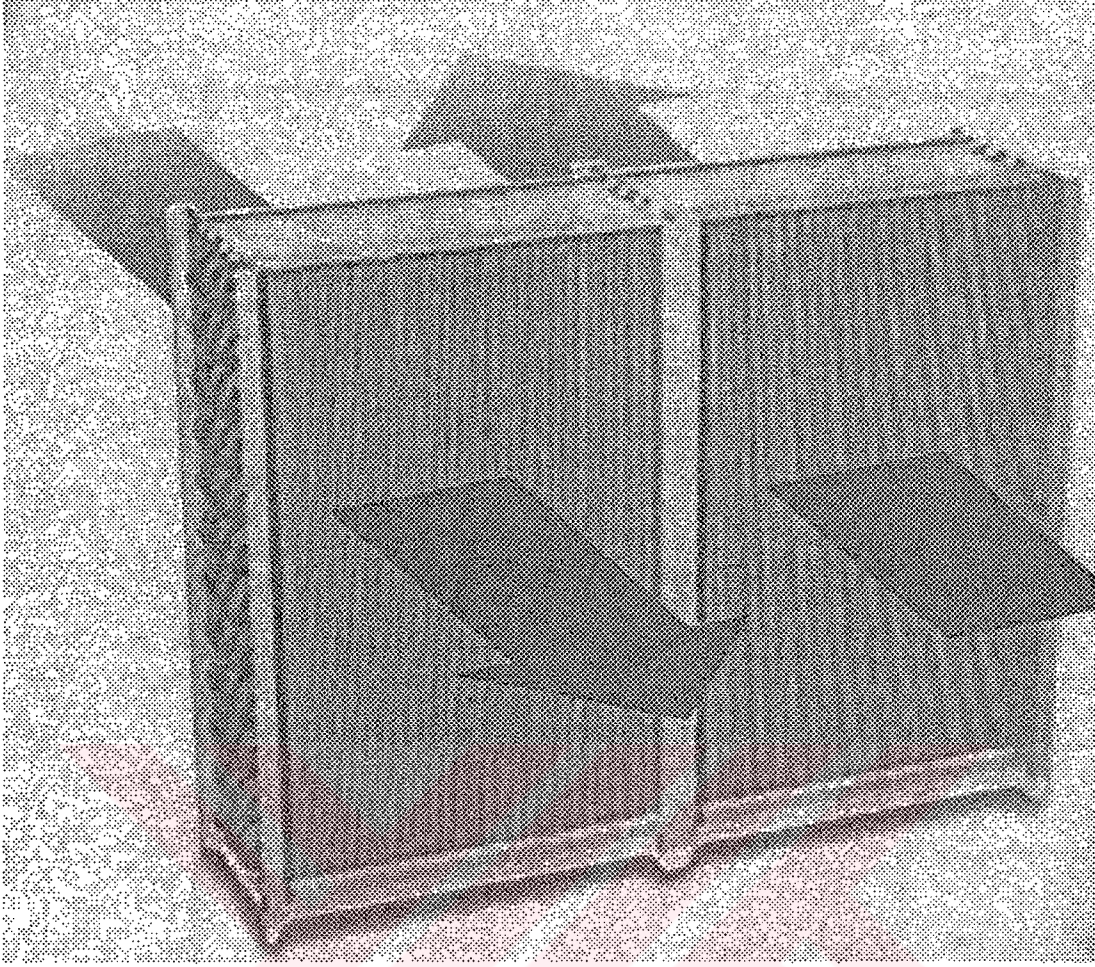
Isı borulu ısı değiştiriciler gaz-gaz ısı geri kazanımında kullanılan cihazlar olup, konvansiyonel hava soğutmalı ısı değiştiriciler gibi ısı borularının kanatlı paket üniteler olarak imalatı (Şekil 2. 31) ile gerçekleştirilirler. Hareket eden parçası olmayan bu pasif enerji geri kazanım üniteleri, standart bataryalara çok benzeseler de esasen iki yönden farklılık gösterirler;

a)Her bir sıvı borusu (tüp) bir dirsek veya başlıkla diğerine bağlanan bir tüpten ziyade, tek başına bir ısı borusudur.

b)Isı borulu eşanjörler iki hava akımı yoluna bölünmüşlerdir Sıcak hava eşanjörünün bir tarafından akarken soğuk hava diğer taraftan ters yönde akar, (eğer ters akımlı dizayn edilmişse).

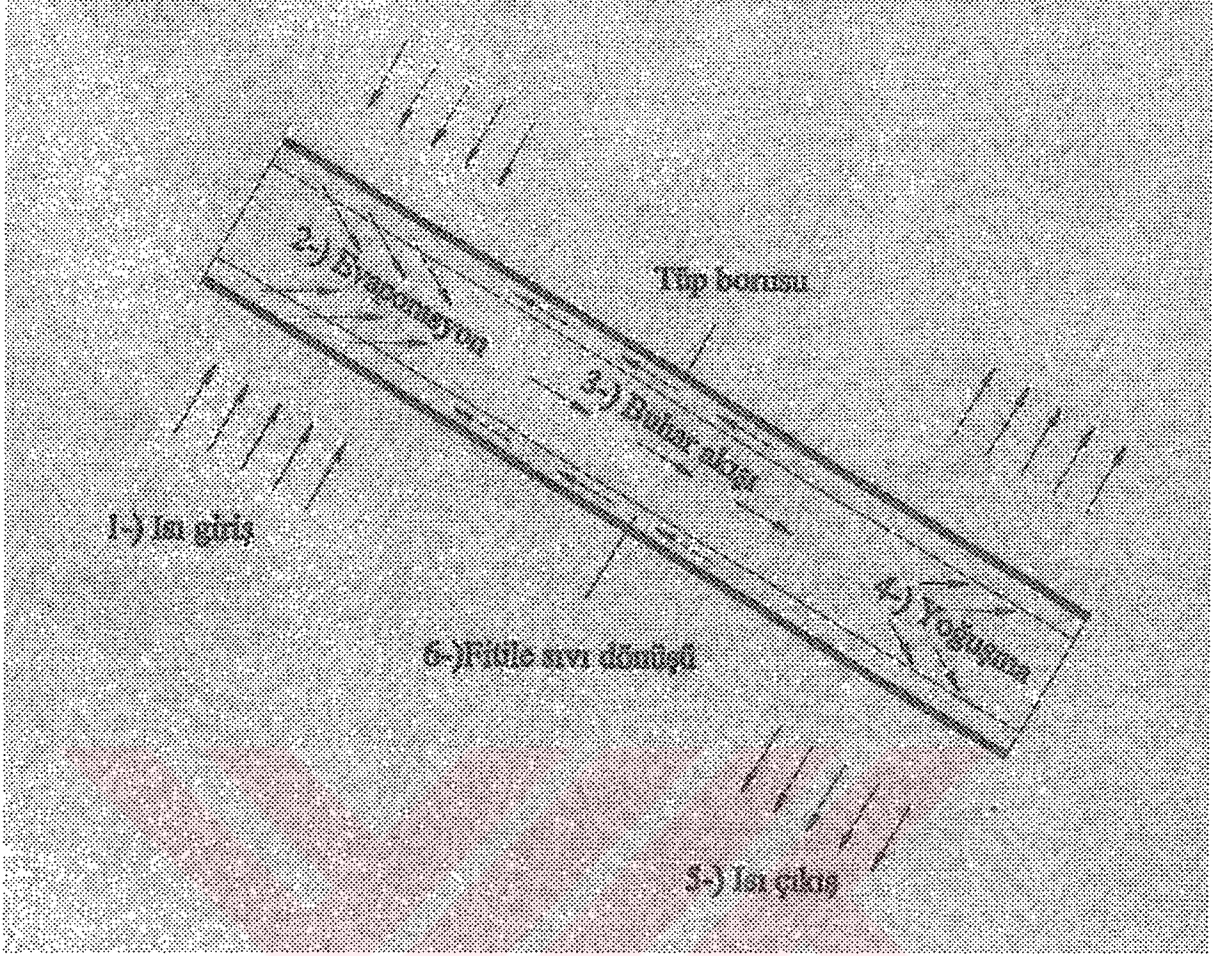
Isı borusu sızdırmaz kapalı bir hacim içindeki Şekil 2.32 deki gibi iç yüzeyinde kapılar basınç ve sıvı dolaşımını sağlayan fitil bulunan bir yapıdadır. Isı borusu fitili, çalışma akışkanını sıvı olarak içinde bulundurur. Isı borusunun bir ucuna ısı uygulandığında, bu uçta fitil içinde bulunan çalışma akışkanı buharlaşır.

Bu buhar ısı borusunun soğuk ucuna doğru hareket eder ve burada yoğunlaşarak buharlaşma ısısını (gizli ısı) geri verir ve fitile sıvı olarak geri döner. Bu yoğunlaşan çalışma akışkanı kapılar basınç etkisi ile buharlaştırıcı bölgesine pompalanır.



Şekil 2.31 Isı borulu ısı değiştirci (GEA ısı geri kazanımlı santralleri, 2002)

Sıvının buharlaştırıcı bölgesine dönüşünü kapilar hareket sağladığından, ısı borusunun verimliliği yataydan eğimine, fitil gözenek boyutuna (mesh sayısı) çalışma akışkanının yüzey gerilim katsayısına bağlı bir fonksiyondur. Transfer edilen ısı miktarı çalışma akışının gizli ısı ile bağlantılı olup yüksek gizli ısılı çalışma akışına tercih olunabilir. Gaz-gaz ısı değiştircide ısı borularının buharlaştırıcı bölgesi sıcak gaz akımı tarafında., yoğuşturucu bölgesi sıcak gaz akımı tarafında, yoğuşturucu bölgesi ise soğuk gaz akımı tarafındadır. Isı değiştirci arasında gaz akımının maksimum verimlilik için ters yönlü paralel akım biçiminde olması istenir. Normal ısı boruları yatay durumda monte edilir ve ısı borulu ısı değiştircinin bulunduğu yerde sıcak ve soğuk gaz kanalları komşu (bitişik) olmak zorundadır.



Şekil 2.32 Isı borulu ısı değiştircinin çalışma prensibi (ASHRAE, 2000, Heat Pipe)

Bazı imalatlarda ısı borusunun eğiminin yavaş yavaş değiştirilmesiyle buharlaştırıcının, yoğuşturucunun üzerinde olması sağlanarak ısı transferinin sıfır değerine kadar azaltılıp kontrolü sağlanabilmektedir.

Isı borusu tüpleri özel fitil yerleştirilmiş durumda, vakumlanarak uygun çalışma akışkanları ile doldurulur ve sızdırmaz hale getirilir. Isı borularında kullanılan uygun çalışma akışkanları tabloda verilmiştir.

Isı borulu ısı değiştircilerde kullanılan kanatlı boru yapısındaki kanatlar oluklu levha, düz levha veya spiral tipte olabilir. Kanat tasarım ve borular arası mesafe belirli bir alın yüzeyi hızı için basınç düşümünde farklılıklara neden olur.

Isı borusundaki ısı aktarma mekanizmasıyla, örneğin bakırın iletkenliği ısı transferi bakımından 1000 kez daha fazla ısı transfer hızlarına ulaşabilir.

Isı boruları küçük sıcaklık düşümleri ile enerjiyi transfer eder, buna göre ısı aktarma işlemi izotermal gibi ele alınabilir. Bununla birlikte ısı borusu tp et kalınlığında, fitilde ve akışkanda küçük sıcaklık düşüşleri vardır.

Çizelge 2.5 Düşük sıcaklık uygulamaları için bazı ısı borusu çalışma akışkanları

ÇALIŞMA AKIŞKANI	KAYNAMA NOKTASI(°C)	DOĞMA NOKTASI(°C)	KRİTİK ÖZELLİKLER SICAKLIK(°C)	KRİTİK ÖZELLİKLER BASINÇ(bar)	ÇALIŞANIM BÖLGESİ (°C)
SU	100	0	374.15	221	30-200
METHANOL	65	-97.8	240.1	79.77	10-130
ETHANOL	78.6	-117.3	243.2	63.94	0-130
PENTAN	28	-130	193.85	29.3	(-20)-(+120)
HEPTAN	98	-90	264.55	26.2	0-130
AMONYAK	-33	-78	133.65	116	(-60)-(+100)
ASETON	57	-95	235	47.57	0-120
FREON-11	23.82	-111	198	44.06	(-40)-(+120)
FREON-12	-29.79	-158	112	41.13	(-40)-(+100)
FREON-21	8.92	-133	178.5	51.68	(-40)-(+120)
FREON-113	47.37	-35	214.1	34.37	(-10)-(+100)
FREON-114	3.77	-54	148.7	32.59	(-40)-(+120)
FLUTEK PF2	76	-50	-	-	10-160
FLUTEK PF9	160	-70	-	-	0-225

Isı boruları fitil tasarım, tüp çapı, çalışma akışının özellikleri (Çizelge 2.5) ve ısı borusunun yataya göre konumu gibi özellikler ile bağlantı sonlu bir ısı transfer kapasitesine sahiptir.

2.5.3.3.2 Yüzey Hızı Ve Basınç Düşümü

Isı borulu ısı değiştiriciler için yüzey hızı 2m/sn. ÷ 4,1 m/sn. arasında ve genellikle 2,5m/sn.‘ dir. Dizayn edilen yüzey hızları genelde geri kazanım performansından ziyade müsaade edilebilir basınç düşümüne göre seçilir.

%60 verimlilik basınç düşümü, 2m/sn. için 100Pa ÷ 175Pa ve 4m/sn. hız için 375Pa - 500Pa arasındadır. Geri kazanımın verimi hızın artmasıyla azalır. Fakat verimdeki azalma basınç düşümündeki artış kadar hızlı olmaz.

2.5.3.3.3 Konstrüksiyon Malzemeleri

Bakır ısı borusu tüpleriyle alüminyum kanatlar normal olarak iklimlendirme sistemlerinde kullanılmaktadır. Tüpler ve kanatlar genellikle malzemelerin ayrı ısıl genleşmeleri problemlerinden sakınmak için aynı malzemedен imal edilmiştir.

Egzoz sıcaklığının 220⁰C ‘in altında olması durumunda ısı borulu ısı değiştiriciler sıklıkla alüminyum boru ve kanatlardan imal edilirler. Yakın verimlilikte bakır ısı boruları,

alüminyum olanlardan daha pahalıdır.

Bakır üniteler genellikle yalnızca, alüminyum üniteler için korozyon ve temizleme problemlerinin bulunduğu durumlarda kullanılır. Korozyonlu atmosferler için kanatlı borular koruyucu kaplamalar ile, ısı verime en az etki yapacak biçimde kaplanabilir. Isı borulu ısı değiştiriciler 220°C' in üzerinde genellikle çelik boru ve kanatlardan imal edilirler, kanatlar genellikle paslanmayı, önlemek için özel olarak kaplanır (alüminize). Özel uygulamalar için ayrı malzeme ve/veya çalışma akışkanları kullanılan özel tasarımlar yapılabilir.

2.5.3.3.4 Çalışma Sıcaklığı Bölgesi

Çalışma akışkanının seçimi onun uzun süreli çalışabilmesi bakımından da önemlidir. Çalışma akışkanı, yüksek buharlaşma gizli ısısı, yüksek yüzey gerilimi ve çalışma bölgesinde düşük sıvı viskozitesi yanında ayrıca bu sıcaklık bölgesinde ısı kararlı olmalıdır.

Çalışma akışkanının yoğunlaşmayan gaz oluşturabilme gibi özelliği olması durumunda ise verimin azalması söz konusudur. Böyle bir özellik de bu nedenle istenmez.

2.5.3.3.5 Karşı Kirleticilik

Isı borulu ısı değiştiricilerde hava akımları arasındaki basınç farklılıklarının 12 kPa değerine kadar sıfır karşı kirleticilik vardır. Karşı kirleticiliği önlemek için ek bir koruma iki hava akımı arasında havalandırmalı çift katı ara duvar kullanılabilir. Bu ara hacme bitişik egzoz kanalından herhangi bir sızıntı çekilir ve egzoz edilir.

2.5.3.3.6 Verimlilik

Isı borusunun ısı transfer kapasitesi tasarım ve konumuna bağlıdır. Dizi sıra sayısının artması durumunda hız azalmasında verimlilik artmaktadır. Örneğin tüp sıra sayısının iki katına çıkması durumunda %60'larda olan efektif ısı değiştirici verimi %75 değerlerine artmaktadır.

Isı borusu ısı değiştirici ısı değişimi toplam dizi sıra sayısına bağlıdır. Böylece seri bağlı iki ünitenin, aynı dizi sıra sayısında tek ünitenin verimi ile eşdeğer olduğu belirtilebilir. Seri üniteler nakliye, temizleme ve bakım nedenleriyle sıklıkla kullanılır.

Isı borusunun ısı transfer kapasitesi, kabaca borunun iç çapının karesi ile orantılı artar. Örneğin belirli eğimde 25 mm iç çaplı bir ısı borusu, 16 mm iç çaplı ısı borusundan kabaca 2,5 kez daha fazla enerji transfer eder. Ayrıca büyük çaplı ısı boruları, büyük hava akımları için kullanılır ve yaz-kış çalışmalarını ayarlamak için seviye düzeyi gerektirirler.

Isı transferi kapasite limiti gerçekte ısı borusu uzunluğundan çok-kısa ısı boruları hariç-bağımsızdır. Örneğin 1,2 m uzunluğundaki ısı borusu 2,4 m uzunluğundaki ısı borusu ile aynı kapasiteye sahiptir. Ancak 2,4 m uzunluğundaki ısı borusu; 1,2 m olandan 2 kat daha fazla dış ısı transfer yüzeyine sahip olduğundan kapasite limitine daha çabuk ulaşacaktır.

Böylece belirli bir uygulama için, daha uzun olan ısı boruları gibi kapasite gereksinimlerini karşılamak daha güçtür. Böyle bir gereksinim daha yüksek bir alın yüzeyi ve kısa fakat daha çok ısı borusu ve aynı hava akım yüzey alanı ile sistemin verimliliği geliştirilerek sağlanır.

Kanat tasarımı ve aralıklarının (lamel hatvelerinin) seçimi iki hava akımının kirliliğine ve gerekli temizleme bakımına bağlıdır. İklimlendirme uygulamaları için 1,8 mm kanat aralığı (lamel hatvesi) yaygındır.

Daha çok kullanılan 2,3 mm ile 3,2 mm lamel hatveleri ise endüstriyel uygulamalarda kullanılmaktadır. Kirli egzoz tarafından daha geniş lamel hatveleri kirlenmeyi azaltmak basınç düşümünü azaltmak ve verimde de değişiklik (azalma) oluşturmamak amaçlı kullanılır.

2.5.3.3.7 Yoğuşma ve Donma

Egzoz havasından taşınan nemin yoğuşması düşük dış hava sıcaklıklarında donabilir. Bu buzlanma ısı değiştiriciye zarar vermezken enerji geri kazanımının azalmasına ve egzoz tarafını basınç düşümünün artmasından egzoz hava akımının azalmasına sebep olur.

2.5.3.3.8 Kontrol Sistemleri

Isı borusunun eğiminin değişmesi, onun transfer ettiği ısı transfer miktarının kontrol edilmesini sağlar. Isı borusunun sıcak tarafı yatayın altında olması durumu yoğuşan akışkanın buharlaştırıcı (sıcak) bölgesine geri akışını kolaylaştırır. Ters durumda buharlaştırıcı yatayın üzerinde ise bu akış zorlaşır. Bu özellik ısı borulu ısı değiştiricinin verimliliğini ayarlama için kullanılabilir.

Pratikte gerçekleştirilen uygulamalarda, eğim kontrolü eşanjör kasasının ortasında bulunan bir dönme eksenini boyunca sağlanır ve ısı değiştiricinin bir ucunda bulunan sıcaklık duyar elemanından alınan uyarı ile tahrik edilir. Kullanılan esnek yapı sayesinde küçük eğim değişiklikleri sağlanabilir (maksimum 6°). Eğim kontrolünden istenen aşağıda belirtilen üç fonksiyonu karşılamasıdır;

- a) Taze havanın ısıtılmasından, taze havanın soğutulmasına (ısı akışının ters yöne dönmesi), mevsimsel değişimler olduğunda geçişi sağlamalıdır.
- b) İstenen taze hava sıcaklığını sağlamak için verimliliği ayarlamak. Bu çeşit bir ayarlama özellikle iç bölgelerde geniş binalarda aşırı ısınmadan korunmak için gereklidir.
- c) Düşük dış hava sıcaklıklarında buz oluşumunu engellemek için verimliliği azaltmak. Verimliliğin azalması ile, egzoz havası üniteyi daha ılık sıcaklıkta terk edecek ve buz oluşum koşullarının üzerinde kalacaktır.

Diğer kontrol yöntemlerinden alın veya by-pass damperleri ve ön ısıtıcıların kullanılması,

özel fonksiyonlu uygulamalarda kullanılabilir.

2.5.3.3.9 Bakım

Kirlenme çeşitlerine bağlı olarak uygun bir bakım şekli seçilmelidir. Örneğin mutfak egzozunda biriken yağlar çoğunlukla otomatik yıkama sistemleriyle uzaklaştırılır. Diğer kir çeşitleri, ünitelerin elle kumandalı sprey temizlemeyi, bir tank içinde yıkamayı veya is üfleyicilerden yararlanmayı gerektirir.

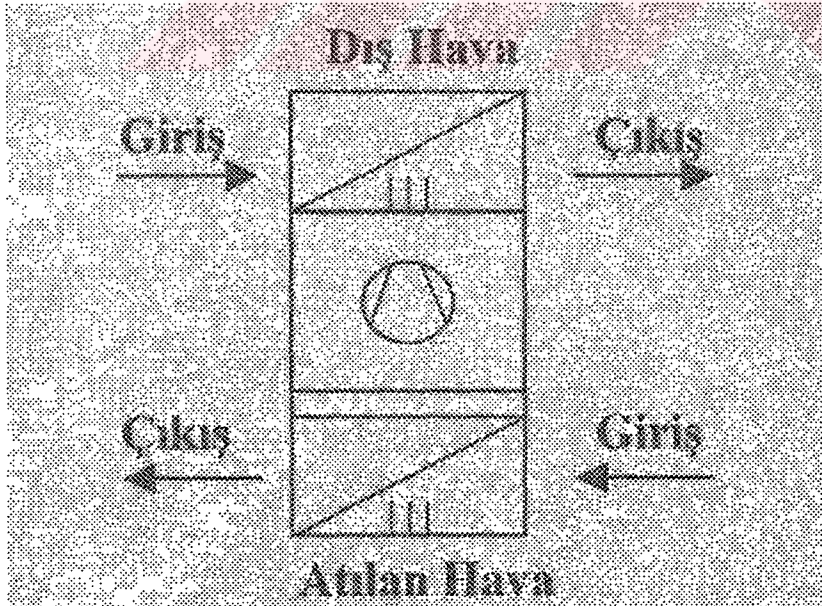
2.5.4 Isı Pompaları

Isı pompası, bir termodinamik çevrime göre çalışırken dışardan iş verilmesi

(kompresörle) ilk ısıyı düşük sıcaklıktaki bir ısı kaynağından (hava, su, toprak) alarak daha yüksek sıcaklıktaki bir ısı kaynağına (ısıtılacak ortam) terk eden makinedir (A.Öztürk, 1998).

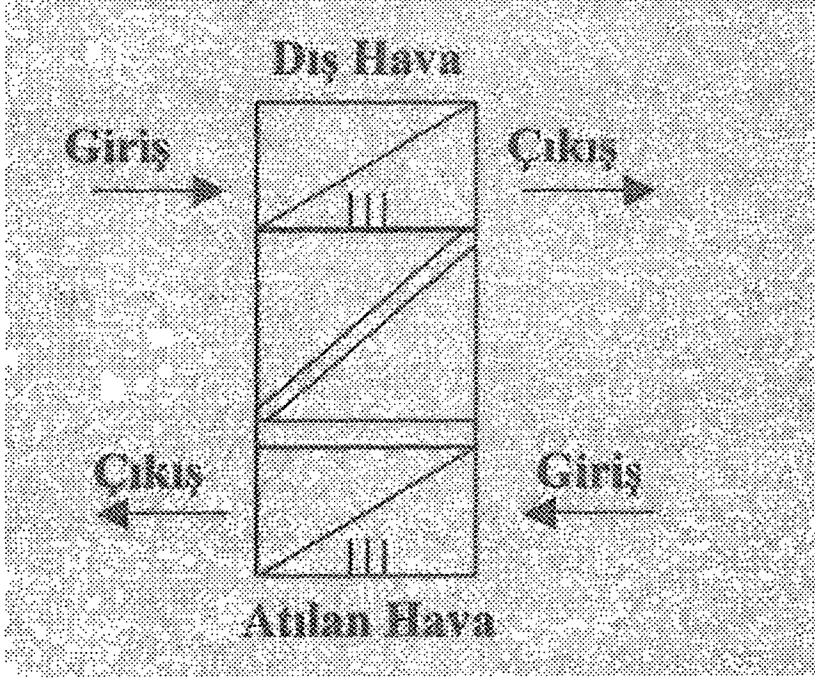
Bu cihaz iki adet kaplamalı/kaplamasız hafif metal plakalardan oluşan ısı stoklayan üniteden oluşur. Bu üniteler dış hava ve atılan havanın transferini sağlar. Hava geçiş yollarının kontrolü için damper kullanılır. Damperler elektrik motoru ile kontrol edilir. Hava karışımı söz konusu olduğu için koku ve madde transferi de olacaktır. Isı geri kazanım oranı 0,6 - 0,9 arasındadır. Nem geri kazanım oranı ise 0,5 - 0,7 arasında gerçekleşir.

2.5.4.1 Kompresörlü Isı Pompaları



Şekil 2. 33 Teorik olarak kompresörlü ısı geri kazanım mantığı (VDI 2071, 1978, Einteilung und Anwendung der Waermerückgewinnungssysteme)




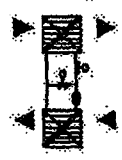
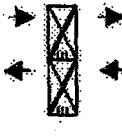
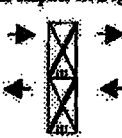
2.5.4.2 Absorpsiyonlu Isı Pompaları









Şekil 2. 34 Teorik olarak absorpsiyonlu ısı geri kazanım mantığı (VDI 2071, 1978, Einteilung und Anwendung der Waermerückgewinnungssysteme)

Sistemde Amonyak ve Su karışımı veya Su ile LiBr karışımı kullanılır. Kompresör yoktur. Genellikle endüstriyel alanlarda kullanılır.

Çizelge 2.6 Sistem karşılaştırması (VDI 2071, Einteilung und Anwendungen der Waermerückgewinnungssysteme, 2000)

Kategori/Sembol	İzin verilen Transfer oranı	Kokulardan kaynaklanan kirlilik	Mikroplardan kaynaklanan kirlilik	Lif ve tozlardan kaynaklanan kirlilik	Yağ partiküllerinden kaynaklanan kirlilik	Gazlardan kaynaklanan kirlilik
1. Reküperatif Sistemler 1.1. Plakalı Isı Değiştiriciler 	A	3	3	3	3	2
	B	2	2	2	2	1
	C	0	0	0	0	0
1.2. Tüplü Değiştiriciler 	A	3	3	3	3	2
	B	2	2	2	2	1
	C	0	0	0	0	0
2. Rejeneratif sistemler 2.1. Kapalı Çevrim Sistemleri 2.1.1. Kompakt Isı Değiştiriciler 	A	3	3	3	3	3
	B	3	3	3	3	3
	C	3	3	3	3	3
2.1.2. Katı Akışlı Isı Değiştiriciler 	A	3	3	3	3	3
	B	3	3	3	3	3
	C	3	3	3	3	3
2.2. Isı Değiştirici Tüpler 2.2.1. Termosifon 	A	3	3	3	3	3
	B	2	2	2	2	2
	C	2	2	2	2	2
2.2.2. Kapılar Isı Değiştirici Tüpler 	A	3	3	3	3	3
	B	2	2	2	2	2
	C	2	2	2	2	2

Çizelge 2.6 (- Devamı) Sistem karşılaştırması (VDI 2071, Einteilung und Anwendungen der Waermerückgewinnungssysteme, 2000)

Kısaltmalar	0-3'den büyük 1-2 ve 2-3 arasında bir veya birden fazla de ayarlanabilir					
	Yüksekten Düşüğe doğru	Kokulardan kokusuzluğa kadar	Kışın yazın	Yazın kışın	Yüksekten Düşüğe doğru	Yüksekten Düşüğe doğru
<p>A → az miktarda ısı kaybı ve ısıtılacak bölgede ısıtılabilir gelen ısı transferine izin verilir.</p> <p>B → ısıtılacak bölgede ısıtılabilir transfer için veritoleransı.</p> <p>C → Dörtüncü veya altıncı bölgede transfer için veritoleransı.</p>						
<p>3. Rotasyonlu ve Rotasyonlu İki Yarı Otomatik Sistemler</p> <p>3.1 Rotasyonlu</p> <p>3.1.1 Rotasyonlu Pompa</p> 	A	2	2	2	2	1
	B	2	2	2	2	1
	C	0	0	0	0	0
<p>3.1.2 Rotasyonlu Akışlar</p> 	A	2	2	2	2	1
	B	2	1	2	2	0
	C	0	0	0	0	0
<p>3.2 Kararlı Akışlar</p> 	A	1	1	1	1	0
	B	0	0	0	0	0
	C	0	0	0	0	0
<p>3.3 Düşük Akışlar</p> 	A	2	1	2	2	1
	B	0	0	1	1	2
	C	0	0	0	0	0
<p>4. İki Pompa Sistemi</p> <p>4.1 Kararlı Akışlı İki Pompa</p> 	A	3	3	3	3	1
	B	1	3	2	3	2
	C	3	2	3	3	3
<p>4.2 Akışlı İki Pompa</p> 	A	3	3	3	3	3
	B	1	1	3	2	3
	C	1	2	2	3	3

3. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Demir endüstrisinde, gaz türbinlerinde ve güç istasyonlarında ön hava ısıtıcısı olarak önceleri sabit matrisli ısı değiştiriciler kullanılırdı. Frederick LJUNGSTROM (1922), yaptığı çalışmalara sonucu döner tip ısı değiştiricileri önerdi. Ayrıca kendisi dizaynını yapıp, patentini aldı. (Tarakçı, 1991)

Daha sonra bu teori ile ilgili, ısı geri kazanımı konusunda Anzelius (1926), Nusselt (1927), Hausen (1927 – 1929) ve Schuman (1929), çalışmalar yaptı. Bu çalışmalarını yaparken şu kriterleri kabul ettiklerini açıkladılar. (Tarakçı, 1991)

- Uzun ısıtma ya da soğutma periyodu içinde, çok küçük zaman diliminde ani değişiklikler içeren, değişen sıcak ve soğuk akışkan şartlarının meydana geldiği durumlar söz konusudur. Bu ihtiyaç, döner tip ısı değiştirgeçlerinin dönme hızlarının ayarı ile karşılanabilir.
- Katıların ısı iletkenliği sonsuz geniş aralıktadır.
- Direkt paralel gaz akışlarda, katıların ısı iletkenliği sonsuz geniş ve gaz akışına dik yönde sınırlı değerdedir.
- Direkt paralel gaz akışlarda, katıların ısı iletkenliği sıfırdır, dik yönde gaz akışında sonsuz geniş aralıktadır.
- Direkt paralel gaz akışlarda, katıların ısı iletkenliği sıfır ve dik yönde gaz akışlarda ısı iletkenliği sınırlı değerdedir.

Bu olaylar ilk olarak Nusselt ve Hausen tarafından araştırılmıştır. Hausen, döner tip ısı değiştiricilerin verimliliğinin, karşıt akışlı direkt ısı değiştiricilerle yaklaşık aynı olduğunu göstermiştir. İkinci madde Nusselt tarafından çalışılmıştır. Nusselt' in çalışmaları döner tip ısı değiştiricilerin performansının oldukça zayıf olduğunu göstermiştir. Bu ısı değiştirgeç eşitliklerinin çözümleri ilk olarak elde edilirken, ikinci ve üçüncü maddelerin çok karmaşık olmadığı anlaşılmıştır. Ancak bu maddeler ile endüstriyel uygulamalar sınırlıdır. Dördüncü madde bu ısı değiştirgeçlerin uzun-ince metal yüzeylerden üretilmesi gerektiğini gösterir. Metal duvarların kalınlığı çok küçük ve ısı iletkenliği oldukça geniş olduğundan dolayı, gaz akımına dik doğrultudaki Biot sayısı çok küçüktür. Bundan dolayı, bu doğrultu içinde metalin ısı iletkenliğinin sonsuz derece geniş olduğu kabul edilebilir. Buna rağmen rejeneratörün uzunluğu büyük, kesit alanı oldukça küçüktür. Beşinci madde, reflektör tuğladan yapılan sabit matrisli ısı değiştiriciler ile cam seramikten yapılmış döner tip ısı değiştiricileri kapsar. Ama dördüncü ve beşinci madde için yapılmış ısı değiştiricilerin diferansiyel denklemlerin analitik çözümleri, yapılan fazla sayıda kabule rağmen oldukça zordur.

Coppage ve London (1953), ϵ – NTU metodunu direkt tip ısı değiştiricilerde kullanılmasını önerdi. Bu metot, kullanılan matematik teorileri ve performans analizleri kullanılmadan basit bir şekilde hesap yapmakta avantaj sağlar. Coppage ve London , ϵ – NTU metodunun boyutsuz parametrelerini göz önünde bulundurarak, Hausen ve Nusselt' in çözümlerini tekrar değerlendirdiler. (Tarakçı, 1991)

Harper ve Rohsenow, kullanılan döner tip ısı değiştiricilerin performansını, gaz türbinlerinin performansına etkisini araştırdılar. Isı değiştiricilerde verimliliğin kaçaklar ile ne kadar değiştiğini gösterdiler. (Tarakçı, 1991)

Bulck, Mitchell ve Klein (1985), nem transferi gerçekteştirmeyen döner tip ısı değiştiricilerde, performans değerleri ile ısı transfer katsayısı arasında bir ilişki kurmaya çalıştı. Bulck, Mitchell ve Klein, döner tip ısı değiştiricilerde, ısı transfer katsayısı üzerine teorik çalışmalar yaptı. Bu çalışmada, enerji korunumu eşitliklerini, tek boyutlu transit geçişli akışta kurup, analizini gerçekteştirdi. (Tarakçı, 1991)

Lambertson (1958), periyodik akımlı ısı değiştiricilerin performans değerlerini araştırdı. Lambertson döner tip ısı değiştiricilerin performansını, enerji balanslarını yazarak hesapladı. Ama ısı değiştirgeçlerin diferansiyel eşitliklerini düşünmedi. (Tarakçı, 1991)

Bahnke ve Howard (1964) nümerik olarak döner tip ısı değiştirgeçlerinin performansına, aksiyal ısı iletiminin etkisini inceledi. Bahnke ve Howard, Lambertson tarafından kullanılan sonlu diferansiyel denklem metodunu kullandı. (Tarakçı, 1991)

Kays ve London $\epsilon < 90$ olma şartı ile C_r / C_{min} 'nin döner tip ısı değiştirgeçlerinin verimliliği üzerindeki etkisini aşağıdaki formülle sundu. (Tarakçı, 1991)

$$\epsilon \equiv \epsilon_r [1 - 1 / (9 C_r / C_{min})^{1,93}]$$

ϵ_r : Çapraz akışta etkinlik düzeltme çarpanı

C_r / C_{min} : Kapasite oranının, minimum ısı kapasitesine oranı

London, aksiyal ısı iletiminin, verimlilik üzerine etkisini araştırdı. London verimlilik için aşağıdaki düzeltme faktörünü önerdi.

$$\frac{\Delta \epsilon}{\epsilon} \equiv \frac{k \cdot A_{cr}}{L \cdot C_{min}}$$

$\Delta \epsilon$: Etkinlik değerindeki değişim

k : Matris malzemesinin ısı transfer katsayısı

A_{cr} : Isı transferine dik kesit alanı

L : Karakteristik uzunluk

A.S. Çolak, yüksek lisans tezinde teorik olarak ısı tekerini incelemiştir. (1992)

N.A. Kürekçi, yüksek lisans tezinde döner tip ısı değiştiricilerin verimliliğini araştırdı.

London, Sampsell ve Gowan (1964), gaz türbinlerinde kullanılabilir ısı değiştirgeçlerini inceledi. Gaz türbinlerinde kullanılan karşıt akışlı ısı değiştirgeçlerin, soğuk-sıcak akışkanların sıcaklık değişiminin, diğer akışkan üzerine etkisini, boyutsuz grafik formlar şeklinde sunarak, çözümünü sağladı. (Tarakçı, 1991)

Holmberg (1977), döner tip ısı değiştiricilerde kütle transferini araştırdı. Bu çalışmalarda uygulamalı olarak rotor hızının, ısı değiştirgecin performansına etkisini gösterdi. Değişik hallerde, döner tip ısı değiştirici içinde sıcaklık ve nem dağılımını hesapladı. Yine Holmberg (1979), higroskopik matrisli döner tip ısı değiştiricilerde ısı ve kütle transfer olaylarını inceledi. (Tarakçı, 1991)

Leersum ve Ambrose (1981), higroskopik olmayan matrisli döner tip ısı değiştiricilerde ısı transfer olayının, matematik modellemesini gerçekleştirdi. (Tarakçı, 1991)

Dunkle ve Mcalaine-Cross, döner tip ısı değiştirgeçlerde duyulur ve gizli ısı transfer edebilen tiplerde, ısı transferi, kütle transferi ve basınç kayıplarını inceledi. Döner tip ısı değiştiricilerde, egzoz havasından ısı geri kazanımının Amerika Birleşik Devletleri, Kanada ve Avustralya' da ekonomik olduğunu gösterdi. (Tarakçı, 1991)

Beşer ve Cansevdi, Soğutma ve Klima sistemlerinde kullanılan Enerji Tasarrufu yöntemlerini sınıflandırarak, sistemleri tanıtmış, dünyadaki ve Türkiye'deki kullanımlarını kıyaslamıştır. Geri kazanım sistemlerinin ülkemizdeki uygulamalarının henüz başlangıç aşamasında olduğunu ve tüketicilerin bilinçlendirilmesi gerektiğini vurgulamışlardır. (Beşer-Cansevdi 1996)

London (1964), üretim toleranslarının, ısı değiştirgeçleri üzerinde sürtünme katsayısına etkisini araştırdı. Boyutların ve yüzey şekillerin değişiminin, sürtünme katsayısı üzerinde etkisini buldu. (Tarakçı, 1991)

Yoğun yüzeyli ısı değiştirgeçleri boyları genellikle çok yüksek, ama hidrolik çapları çok küçük olur (0,5 mm civarında). Bu yüzden çok ince kanatlı yüzeylerin ya da cam-seramik yüzeylerin imalatı için değişik bir üretim teknolojisi gerekir. Vigor de Leibring (1962), General Motors' un araştırma laboratuvarında çok ince kalınlıkta meta parçaların üretimi ve bunların ısı değiştirgeçlerde kullanılması ile ilgili çalışma yaptı. Bu çalışma ile metal parçaların kalınlığı 0,051 mm' ye kadar düşürüldü. (Tarakçı, 1991)

Mondt, üniform olmayan şekildeki yüzeylerin, rejeneratörün performansına etkisini araştırdı. Yaptığı çalışmada Mondt, üniform olmayan kanatların ısı transfer miktarına ve basınç kaybına ne kadar etkisi olduğunu ve bunların kar-zarar durumlarını inceledi.

(Tarakçı, 1991)

Rapley ve Webb, seramik (Si_3N_4) matrisli döner tip ısı değiştiricilerde, laminer akımda performans değerlerini araştırdı. (Tarakçı, 1991)

Tuncay Yılmaz , binalarda klima sistemlerinde uygulanabilecek ısı geri kazanım sistemlerini özellikle psikometrik analizlerine ağırlık vererek incelemiştir, (1996). Döner, levhalı, eşanjörlü, ısı borulu ve ısı pompalı sistemleri tanıtmış, tasarım esasları hakkında genel bilgi vermiştir. Yılmaz detaylı araştırmasında yazın atık havanın nemlendirilmesi ile tasarrufun daha da büyüyeceğini göstermiştir.

Szabo (1967), döner tip ısı değiştiricilerde ilk yatırım maliyeti, işletim maliyeti ve diğer maliyetler çıkartılarak ekonomi hesapları yapmış, amorti etme sürelerini bulmuştur.

(Tarakçı, 1991)

C.Güngören, “ Endüstriyel Klima Santrallerinde Isı tekeri kullanıldığında aylara göre tasarruf edilen enerji miktarını teorik olarak ve plakalı ısı değiştirgeci kullanarak da deneysel olarak incelemiştir. (Güngören 1999)

Fişek ve çalışma arkadaşları, HVAC sistemlere uygulanacak, ısı tekerleği ve ısı borusu ile ilgili ısı geri kazanımını karşılaştırmışlardır. Isı tekerli sistemin ısı borulu geri kazanım sisteminden daha çok iyi geri kazanılabildiğini göstermişlerdir. (Fişek va 1997)

Ali Güngör, HVAC sistemlerinde Isı Borulu Geri kazanım sistemlerinin temel prensiplerini, kullanılan malzemeleri ve çalışma akışkanlarını tanıtmıştır.(Güngör 1996)

4. YÜKSEK KATLI BİNALARDA ISI GERİ KAZANIM SİSTEMLERİ

Isı geri kazanımında kullanılan sistemleri önceki bölümlerde anlatıldı. Bu bölümde daha ziyade yüksek katlı binalarda sistem seçimlerinde önemli olan etkenler verilmiştir.

Yüksek katlı binalar zamanımızın ve mühendisliğin başarısı olarak karşımızda durmaktadır. İnsanoğlunun sınırsız ve imkansız olabilecek düşüncelerinin sonucunda meydana gelen yapılarıdır. Mühendislik birimlerinin normalden fazla çalışarak hesaplamaları gereken birçok konu vardır. Tabii bu arada bu düşüncelerin eyleme dönüştüğü yerlerin (ülkelerin mimari şartları) kurallarını da göz ardı etmek olanaksızdır. Türkiye gibi ülkelerde binalar, katları ile değil de yükseklikleri ile sınırlandırıldığı için Türkiye’ de, yüksek katlı binalarda minimum kat yükseklikleri kullanılmaktadır.

Mimari sınırlamalar sebebiyle bu tür binalarda ihtiyacı karşılayabilecek santrallere bile zor yer bulunurken, bir de bu sisteme ısı geri kazanımı eklemek gerektiğinde karşımıza ciddi sorunlar çıkmaktadır. Nedir bu sorunlar;

- Santral yükseklikleri, buralarda iki katlı bir sistem santrali kurulmasına olanak vermeyebilir,
- Besleme ve Egzoz kanalları mimari zorluklar nedeniyle iki ayrı shaft içerisinde çalışıyor olabilir,
- Sistemdeki akışkanların kesinlikle birbirine karışmaması istenebilir,
- Ekonomik olacağına inanmayan bir işverene bu tür bir sistemin kabulü,
- İki katlı bir santralin kontrolünün, sevkiyat ve yerleştirilmesinin, zor olması,

Yüksek katlı binalarda, mimari açıdan, zaten az yer verilmek istenen klima santralleri için, Proje ve Tasarımı yapan mühendisler olabildiğince küçük santraller seçmelerine rağmen bu santraller normalden çok büyük olacaktırlar. Bir de bunun üzerine ısı geri kazanım plakalarının yerleşmesi için gerekli olan ikinci bir santral koymayı düşünmek bile büyük sorunları da beraberinde getirir. Böylece plakalı ısı geri kazanım sistemlerini genel olarak yüksek katlı binalarda kullanılmamalıdır.

Yüksek katlı binalarda, tasarım ve projeyi yapan mühendislere belirli kıstaslar içerisinde proje yapma olanağı verilir. Bu sebeple de sizin sistemin besleme ve egzoz kanalları beraber taşıma ihtimali genel olarak ortadan kaldırılır. Bu da iki akışkanın dikey veya paralel akış halinde ısı transfer yüzeyi yaratmasına, böylelikle de bir ısı geri kazanım ünitesinin oluşmasına olanak tanımaz.

Sistemin kullanılacağı yerleri incelendiğinde, bunlar kişilerin veya firmaların prestij binaları olmaktadır. Bu da, bu tür sistemlerde konfor ve ekonomiklik kelimelerinin iç içe olması anlamı taşır. Konfor açısından bakılınca, egzoz kanalları aracılığıyla dışarı atılacak olan koku,

nem, toz vb. gibi maddelerin tekrar içeriye alınması arzulanmaz. Egzoz havasının bir kısmının tekrar alınıp taze hava ile karıştırılarak verildiği sistemlerde ise kontrol, filtreleme ve kokusuz olmasını sağlamak en önemli hususlar olmaktadır.(Dönüş havasının tekrar içeriye alınmasını, kütle transferi olarak kabul edilmiştir, ısı geri kazanımı olarak kabul edilmemiştir.)Bu sebeplerden dolayı seçilecek olan ısı geri kazanım sistemi bunların hiçbirine etkimeyecek kadar esnek bir yapıda olması gerekir. Bu konumda havadan suya- sudan havaya bir ısı geri kazanımı bize her türlü çalışma imkanını sağlayacak, projede en son olarak konulacak ve diğer ısı geri kazanımlarından farklı olarak klima santralleri ile paket olarak satın alınamayacağından bizlere fiyat açısından da yardımcı olacaktır. Çünkü santraller, ısı geri kazanım üniteleri içeriyorsa, daha spesifik kontroller içerdiğinden fiyat olarak daha pahalı olmaktadır. Bu tür kısıtlamalar ve istekler sonucunda yüksek katlı binalarda kolayca kontrol edilebilen ve sızdırmazlığı olan havadan suya – sudan havaya sistemi tercih edilmelidir.



5. DENEY SİSTEMİ ve DENEYSSEL ÇALIŞMA

Deney sistemi olarak, daha önce de projesinde çalışmış olduğum İş Bankası'na ait olan İş Bankası Levent Kuleleri kompleksinin bir binası olan Kule 1 (Üç kuleden Kule 2 ve Kule 3 benzer yapıda ve simetrik olup, İş Gayrimenkul Yatırım Ortaklığı'na ait olan ikizler, Kule 1 ise İş Bankası'nın kendi bünyesinde yer aldığı binadır.) için gerekli iklimlendirme, havalandırma ve ısıtmayı yapan sistemin iki zonundan birini şartlandıran Kule 1, Kat 4' de bulunan ısı geri kazanım sistemini kullanıldı. Sistem, Kule 1'in alt zonuna hitap etmektedir ve sistemde taze hava-dönüşüm havası ile çalışan 6 adet, egzoz havası ile çalışan santrallerden 5 adet santral bulunmaktadır(426.000 m³/h taze hava, 354.000 m³/h egzoz havası).

Bizim için gerekli olan değerlerin bulunması ve bunların ölçülmesi için sistemde bir basitleştirmeye gidildi. Böylece her santralin ölçüm değerleri hem sistemin içinde olan sıcaklık, nem, devir ölçerler üzerinden okundu hem de bazılarını yerinde sürekli kontrol edildi. Bu sürekli olarak ölçüm yapılamayan bazı noktalardan gelen sıcaklık, nem, debi, devir değerlerinin ne kadar güvenilir olduğunu gösterdi, (örnek olarak asma tavan içindeki hava sıcaklıklarını ancak katlarda bir yerde elektrik teknik ekibinin işi varsa yapılabilir). Sisteme numaralar vererek AHU T1 – 05, AHU T1 – 06, AHU T1 – 07, AHU T1 – 08, AHU T1 – 09, AHU T1 – 10 numaralarıyla taze hava santrallerini belirtildi.

RS T1 – 03, RS T1 – 04, RS T1 – 05, EF T1 –11 ile ise egzoz santrallerini belirtilmiş oldu. Sistemi formülasyonda kısaltmalar kullanarak yazıldığı için sistemin nasıl çalıştığını ve her ölçümün ne için alındığını aşağıda belirtildi.

AHU T 05, 06, 07, 08, 09, 10 numaraları ile belirtilen santrallerin görevi, dış ortamdan

(dışardan) taze hava (oksijeni iç ortamdan fazla olan hava) olarak bu havayı eğer ihtiyacı varsa ilgili zona göndermektir.Santraller gerektiğinde de resirkülasyon havası ile de çalışabilmektedir. Taze hava santralleri sisteme gerekli havayı sürekli olarak karşılayacak biçimde tasarlanmıştır. Katlarda ise hava debisini kontrol edebilmek için Değişken hava debi (Variable Air Volume, VAV) kontrollü hava dağıtıcıları kullanılmaktadır. Bundan dolayı santrallerin kontrolleri için frekans kontrollü fan motorları kullanılmıştır. Tablo 4.1 deki fan oranları bize bunu açıklamaktadır. Kullanılan santraller karışım tipli santrallerdir, % 100 taze hava (dış hava) ile çalışmamaktadır. Deneylerde kullanılan santrallerin yılın farklı aylarındaki taze hava ve geri dönüş havası kullanım oranları Çielge 5.1 de görülebilir.

RS T 03,04,05 ve EF T 01-11 numaraları ile belirtilen santrallerin görevi, iç ortamdan

(bürolardan, ofis katlarından, konferans ortamlarından, mutfaklardan vs.. iç hacimlerden) çekilmesi gereken havayı kanallar vasıtasıyla çekerek dışarıya atılmasını sağlamaktır.İç ortam

şartlarının hassas bir şekilde ayarlanabilmesi için bu santrallerde de frekans kontrollü fan motorları kullanıldı.

Çizelge 5.1 de iç ortam şartları olarak zondaki tüm kullanım alanlarının ortalama değerleri verilmiştir. Bu sıcaklıkları ısı sensörlerinin; sıcaklık ortalamaları, sistemde bulunan sıcaklık sensörlerinin haftanın 5 günü 1 dakika arayla okuduğu değerlerin aritmetik ortalamasıdır. Günlük değerlerden faydalanılarak aylık ortalama değerleri hesaplanarak Çizelge 5.1 de verilmiştir.

Nem değerleri santral çıkışında ve dönüş kanallarının içinde bulunan dijital sıcaklık ve nem ölçerleriyle ölçülerek ortalama alınmıştır. Bu ortalama değere bazı özel alanların (örneğin mutfak, sergi salonları, asansör boşlukları vb.) nem değerleri dahil edilmemiştir. Egzoz santrallerinin (RS T 03,04,05- EF T 01-11) bulunduğu ortamdan alınan nem değerlerini

(tavan arası egzoz havası bağıl nem oranı) de ölçerek doğruluğunu kontrol edildi, böylece yapılacak veya yapılan bir hatayı da engellendi.

Tavan arası kuru termometre sıcaklığı ve bağıl nem oranı değerleri bize hem sistemle ilgili olarak daha gerçekçi sonuçları verebildiler hem de ofis katlarında çalışan insanların çalışma seviyesi olan ortalama yerden 1.5 metre yüksekteki ortamla alakasını gösterdiler. Özellikle soğutma esnasında kanal içi sıcaklık ölçüleri bizleri çok fazla yanıltabilmektedir.

Egzoz santrallerinin sonunda dış ortama atılacak olan hava burada ısı geri kazanımı için hazırlanmış olan serpantinlerin arasından geçmektedir. Bu esnada egzoz havası serpantin içerisindeki akışkana enerjisini belli bir bölümünü aktaracaktır. Bu sıcaklık değişimi değer olarak kışın artmakta yazın ise dış ortam iç ortam sıcaklık farkının azalmasından dolayı azalmaktadır.

Serpantin üzerinden geçilerek enerjisinin bir bölümünü kaybetmiş olan havanın kuru termometre sıcaklığını ve bağıl nem oranı ölçerek daha ilerde hesaplanacak ısı geri kazanım sisteminde kullanılabilir.

Egzoz havasını dışarıya atarken serpantinlerle geri kazanılan enerjiyi bir başka serpantin üzerinden tekrar sisteme geri çevrilmesi gerekmektedir. Serpantin içerisinde dolaşan glikollü su (%20 propilen glikollü su kullanılmasının amacını soğuk günlerde serpantinlerin içinde donma tehlikesinin önüne geçmektir.) bir pompa grubu üzerinden diğer serpantin grubuna aktarılmaktadır.

Taze hava santralleri dış ortamdan aldığı taze havayı (fresh air) öncelikli olarak bu serpantin grubundan geçirerek kışın soğuk olan/ yazın sıcak olan havayı ısıtır/soğutur. Burada yine dış

ortam kuru termometre sıcaklık ve bağıl nem oranını taşıyan hava serpantinden geçirildikten sonra enerji miktarı kışın artmakta/yazın azalmaktadır. Serpantinden geçirilmiş olan dış havayı tekrar ölçerek buradaki ısı transferi miktarını görebilme şansına sahip olunur.

Toplam hava debisi aylık ortalama fan oranları ile santrale ait olan debi değeri ile çarpılmasından sonra ortaya çıkar. Bu hava debisi sisteme sürekli giren hava debisini belirtmektedir. Bu hava debisini, zamana bağlı olarak değişen miktarlarda egzoz edilecek olan havadan geri döndürülen hava ve dış ortamdan alınacak taze hava debisi karşılar.

Sisteme dışardan bu hava değişimleri sırasında herhangi bir başka yerden hava, koku vs... gelmemesi için sistemden çekilen hava debisi daima sisteme verilen hava debisinden az olmalıdır. Bu sayede sistemdeki var olabilecek kaçakları da bu şekilde kontrol edilebilir.

Egzoz edilen hava ile egzoz serpantini arasındaki ısı transferi miktarı ile, dış ortamdan içeriye alına havanın taze hava serpantinleri ile yapmış olduğu ısı transferi miktarları bulunur ve oransal olarak verim miktarına ulaşmış olunur (Çizelge 5.1).

Deney yöntemi: Çizelge 5. 1 deki değerler sistem üzerinde mevcut bulunan Honeywell altyapısı ve Tradeline firmasının Direct Digital Control System (Ek 1.de verilmiştir.) sistemi üzerinden sürekli olarak kaydedilmiştir. Bunun yanı sıra kaydedilen bu değerleri haftanın 3 günü, günün değişik saatlerinde (sistem değişik yükler altındayken) yerinde kontrol edilerek doğruluğu test edilmiştir. Uyuşmazlık varsa nedenleri araştırılıp sorun giderildikten sonra değerler tekrar alınmıştır. Örneğin bir uyumsuzluk nedeni, günün değişik saatlerinde çevre yapı elemanlarının sıcaklığının değişik olması nedeniyle ölçülen ofis katları sıcaklık değerlerinin, santralden ölçülen sıcaklık değerleri arasında fark olmasıdır.

Deneyde ölçülen parametrelerin bazı aşağıda belirtilmiştir.

- 1) İç Ortam Hava Sıcaklığı Değeri
- 2) İç Ortam Hava Nem Oranı
- 3) Tavan Arası Havası Sıcaklığı Değeri
- 4) Tavan Arası Havası Nem Oranı
- 5) HRC Serpantin Sonrası Egzoz Hava Sıcaklığı Değeri
- 6) HRC Serpantin Sonrası Egzoz Hava Nem Oranı
- 7) Serpantinden Geçirilmiş Taze Hava Sıcaklığı Değeri
- 8) Serpantinden Geçirilmiş Taze Hava Nem Oranı

- 9) Dış Ortam Hava Sıcaklığı Değeri (Kuru Termometre)
- 10) Dış Ortam Hava Sıcaklığı Değeri (Yaş Termometre)
- 11) Dış Ortam Hava Nem Oranı
- 12) Glikollü Su Dönüş
- 13) Glikollü Su Gidiş

Böylece daha önce teorik olarak hesaplanan değerlere ne kadar ulaşılabilirdiğini, Sistemin çalışma koşullarının doğruluğunu ve ne kadar uygulanabilir olduğunu kontrol edebilmek amacı güdülmüştür.

Tabloların daha kolay anlaşılmasını sağlamak amacıyla, bir aya ait tüm verileri alarak neyin için yapıldığını aşağıdaki örnekte belirtildi.

Temmuz ayına ait örnek hesaplama: (Ek 2.de noktaların yerlerini ve temmuz ayı için ölçüm değerleri, Çizelge 5.1 de tüm aylar için ölçüm değerleri bulunabilir.)

AHU T1 – 05 santrali debi olarak $80.000\text{m}^3/\text{h}$ lik bir debiye sahip ancak frekans kontrollü çalıştığı için sürekli olarak tam güçle çalışmamaktadır. Fan oranı yüzdesi, bu santrale ait olan fan motorlarının o ay içerisindeki çalışma saatlerinde ki frekans kontrol panelleri üzerinden aldığımız değerlerinin ortalamasıdır. Ancak santraller % 100 taze hava ile çalışmadığından taze hava ve dönüş havası oranlarını ise santraller üzerinde bulunan klapelerin açıklıklarının okunması ile bunların aylık ortalamalarının alınmasıyla ortaya çıkıyor. Bu santral Temmuz ayı süresince değişken debilerle çalışmış ancak aylık ortalama olarak tam gücünün % 65 ' ini kullanmış, bu çalışma süresince de klapeleler farklı oranlarda açık kalmış ve bu santrale ait toplam debinin % 65' ini taze hava (dış hava), % 35 ' ini ise resirkülasyon havası (yani egzoz edilecek olan havadan emilen hava) oluşturmuştur.

Diğer santrallerde de benzer mantık kullanılarak oluşturulmuştur.

İç ortam hava sıcaklığı değeri taze hava santrallerin üfleme ağızlarındaki sıcaklıklar, katlardan emiş ağızlarındaki sıcaklıklar ile katlardaki sıcaklık sensörlerinden alınan sıcaklıkların karşılaştırılması sonucu doğruya yakın değerlerin ortalaması ($22.6\text{ }^{\circ}\text{C}$) olarak alınmıştır.

İç ortam hava nem oranı değerleri hesaplanırken bazı yerleri mecburen sistemin dışındaymış gibi kabullenildi, (Örneğin çok nemli veya tam tersine çok az nemli bölgeler). Bu kabuller sonucunda deney sisteminin diğer zonuyla da belli oranlar içinde denge yakalanabildi. Bürolarda, ofis katlarda normalde de bu binanın tasarımı yaparken gerek Amerikalı tasarım

grubu J.B&B, gerekse Türk tasarım grubu Genel Mühendislik (Mak. Yük. Müh Baycan SUNAÇ) nem oranlarını Türkiye için yüksek bir değer olan % 50 olarak kabul edilmişti.

Tavan arası sıcaklığı değeri (23.7°C), bu değer ölçülmesinin sebebi ofislerdeki sıcaklık değerlerini ne kadar sağlıklı alındığını görebilme şansını arttırmaktadır.

Tavan arası nem değeri ise katlarda tam olarak ölçülemeyen nem değerlerinin tam olarak ölçülmesini sağlamakta (% 40). Ancak bu değeri bir kez daha tüm egzoz kanallarının birleşim yerinde ölçerek aradaki farkları ve sebeplerini ortaya koyuldu. Sabah saatlerinde binanın betonarme yapısı daha soğuk olduğu için sıcaklıklarda değişimler görüldü.

HRC Serpantin Sonrası Egzoz Hava Sıcaklığı Değeri egzoz santralinden çıkan havanın ısı geri kazanım sisteminden çıktıktan sonraki değişim değerleri (22.0°C) görüldü. Bu değer daha sonra enerji dengesini kurarken kullanıldı.

HRC Serpantin Sonrası Egzoz Hava Nem Oranı (% 48) sistemden ısı geri kazanımı dengesi kurulurken serpantinler üzerinde çok yoğunlaşma oluşup oluşmadığını için kontrol için alındı.

Serpantinden Geçirilmiş Taze Hava Sıcaklığı Değeri ölçülerek ısı geri kazanım sisteminin verimliliğini bulabilmemiz için alındı. (24.4°C)

Serpantinden Geçirilmiş Taze Hava Nem Oranı (%67) ölçüldü ve nem oranları sistem değerlerine ne kadar yakınlaşırsa o derecede az resirkülasyon havası kullanıldı.

Dış Ortam Hava Sıcaklığı Değeri (Kuru Termometre), bu değer (24.8°C) binanın her yerinde hakim rüzgarları da göz önüne alarak hazırlanmış yerlere konarak sisteme yapılacak etkileri de yönlendirmektedir. Ayrıca ısı geri kazanım sisteminin verimliliğinin bulunmasında da kullanıldı.

Dış Ortam Hava Sıcaklığı Değeri (Yaş Termometre),bu değer (21.67°C) ölçülürken nem miktarını (% 75) da belirlenebilir.

Santraller arasında ısı transferini sağlayan sistemin akışkanı olan glikollü su sıcaklık değerleri de her iki akış yönünde de ölçülerek ısı transfer miktarını maksimumda tutabilmek için kontrol edilir. Glikollü su dönüş suyu sıcaklığı (23.20°C) okunurken, gidiş suyu sıcaklığı ise (22.20°C) okundu.

Toplam hava debisi her santralin kendisine ait maksimum debisi ile o aya ait fan oranlarının çarpımında elde edilen sonuçların toplamıdır. Burada toplam debi hesabına sadece taze hava santralleri alınmıştır;

Toplam hava debisi Temmuz ayında $308.600\text{m}^3/\text{h}$ olarak hesaplanmıştır.,

Toplam debi = $80.000\text{m}^3/\text{h}(\text{AHU T1} - 05 \text{ kapasitesi}) * 0,65$ (temmuz ayı fan oranı)+
 $80.000\text{m}^3/\text{h}(\text{AHU T1} - 06 \text{ kapasitesi}) * 0,52$ (temmuz ayı fan oranı)+ $80.000\text{m}^3/\text{h}(\text{AHU T1} -$
 $07 \text{ kapasitesi}) * 0,87$ (temmuz ayı fan oranı)+ $80.000\text{m}^3/\text{h}(\text{AHU T1} - 08 \text{ kapasitesi}) * 0,95$
 (temmuz ayı fan oranı)+ $71.000\text{m}^3/\text{h}(\text{AHU T1} - 09 \text{ kapasitesi}) * 0,61$ (temmuz ayı fan
 oranı)+ $35.000\text{m}^3/\text{h}(\text{AHU T1} - 10 \text{ kapasitesi}) * 0,73$ (temmuz ayı fan oranı)

Toplam debi = $308.600 \text{ m}^3/\text{h}$

Taze hava debisi toplam debi içerisinde santrallerin her birinin klape açıklıklarına göre hesaplanan ilgili zona verilen toplam taze hava debisidir.

Toplam taze hava debisi = $80.000\text{m}^3/\text{h}(\text{AHU T1} - 05 \text{ kapasitesi}) * 0,65$ (temmuz ayı fan
 oranı) * $0,65$ (temmuz ayı taze hava oranı) + $80.000\text{m}^3/\text{h}(\text{AHU T1} - 06 \text{ kapasitesi}) * 0,52$
 (temmuz ayı fan oranı) * $0,53$ (temmuz ayı taze hava oranı) + $80.000\text{m}^3/\text{h}(\text{AHU T1} - 07$
 $\text{ kapasitesi}) * 0,87$ (temmuz ayı fan oranı) * $0,60$ (temmuz ayı taze hava oranı) +
 $80.000\text{m}^3/\text{h}(\text{AHU T1} - 08 \text{ kapasitesi}) * 0,95$ (temmuz ayı fan oranı) * $0,58$ (temmuz ayı taze
 hava oranı) + $71.000\text{m}^3/\text{h}(\text{AHU T1} - 09 \text{ kapasitesi}) * 0,61$ (temmuz ayı fan oranı) * $0,69$
 (temmuz ayı taze hava oranı) + $35.000\text{m}^3/\text{h}(\text{AHU T1} - 10 \text{ kapasitesi}) * 0,73$ (temmuz ayı
 fan oranı) * $0,99$ (temmuz ayı taze hava oranı)

Toplam taze hava debisi = $196.866\text{m}^3/\text{h}$

Resirkülasyon havası ise toplam debi içerinden taze hava miktarı çıkarılınca ortaya çıkmaktadır.

Resirkülasyon havası = $308.600 \text{ m}^3/\text{h}(\text{ Toplam hava debisi}) - 196.866 \text{ m}^3/\text{h}(\text{ Toplam taze}$
 hava debisi)

Resirkülasyon havası = $111.194 \text{ m}^3/\text{h}$

Toplam egzoz hava debisi, egzoz santrallerinin maksimum debileri ile o aya ait fan oranları çarpılarak bulunan tüm egzoz debilerinin toplamına eşittir.

Toplam egzoz hava debisi = $137.000 \text{ m}^3/\text{h}(\text{ RS T1} - 03 \text{ kapasitesi}) * 0,82$ (temmuz ayı fan
 oranı) + $137.000 \text{ m}^3/\text{h}(\text{ RS T1} - 04 \text{ kapasitesi}) * 0,85$ (temmuz ayı fan oranı) + $63.000 \text{ m}^3/\text{h}$
 (RS T1 - 05 kapasitesi) * $0,61$ (temmuz ayı fan oranı) + $17.000 \text{ m}^3/\text{h}(\text{ EF T1} - 11$
 $\text{ kapasitesi}) * 0,99$ (temmuz ayı fan oranı)

Egzoz havası debisi = $173.039 \text{ m}^3/\text{h}$

Artı basınç miktarı ve oranı sistemin dışardan gelecek tepkilere karşı korunması için burada kullanılmaktadır. Bu sayede dışarıdan gelebilecek kokular, ani sıcaklık değişimleri vb. gibi etkileri kaldırmak için kullanılır. Artı basınç miktarı toplam taze hava debisinden toplam egzoz havası debisinin çıkarılması ile bulunur.

Artı basınç miktarı = $196.866 \text{ m}^3/\text{h}(\text{ Toplam taze hava debisi}) - 173.039 \text{ m}^3/\text{h}(\text{ Egzoz}$

havası debisi)

$$\text{Artı basınç miktarı} = 23.827 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{Artı basınç oranı} = 23.827 \text{ m}^3/\text{h} / 308.060 \text{ m}^3/\text{h}$$

Artı basınç oranı = 0,077 (bu mertebeler sistemin tasarımında kabul edilen değer (% 8 ± %5) içindedir.)

Dönüş havası tarafında oluşan ısı transferi miktarını bizim sistemimizde nem transferi olmadığından sadece kuru termometre sıcaklık değerleri üzerinden giderek hesaplarız. Egzoz edilen havanın serpantinden geçmeden önce okunan sıcaklık değeri ile serpantin sonrası sıcaklık değeri farkıyla egzoz hava debisinin çarpımıyla bulundu .

$$\text{Dönüş havası tarafı ısı transferi} = (23.7 \text{ }^{\circ}\text{C} - 22.0 \text{ }^{\circ}\text{C}) * 1.2 \text{ kJ/ kcal} * 0.24 * 173.039 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{Dönüş havası tarafı ısı transferi} = 88.308,24 \text{ kcal/h}$$

Taze hava tarafında oluşan ısı transferini de gene serpantin öncesinde ve sonrasında ki taze havanın sıcaklık değerlerinin farkıyla debimizi çarparak serpantinlerin taze hava tarafındaki ısı transfer miktarını bulmuş oluruz.

$$\text{Taze hava tarafı ısı transferi} = (24.8 \text{ }^{\circ}\text{C} - 24.4 \text{ }^{\circ}\text{C}) * 1.2 \text{ kJ/ kcal} * 0.24 * 111.094 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{Taze hava tarafı ısı transferi} = 24.266,54 \text{ kcal/h}$$

Verim iki ısı transfer miktarlarının birbirine bölümüdür. Taze hava tarafı ısı transferi / Dönüş havası tarafı ısı transferi

$$\text{Verim} = 0.27$$

Bu bulunan 24.266,54kcal/h lif ısıyı normal şartlar altında, yani bir ısı geri kazanım sistemi olmasaydı eğer; Kış aylarında Viessmann marka Paromat-Triplex model kazanlardan sağlanacaktı, Yaz aylarında ise Chiller üzerinden sağlayacaktı. Kazanlar üç geçişli olmalarına rağmen kazan verimini %1'lik azalma ile %94 kabul edildi. Chiller verimleri farklı değerlerde olmasına karşılık, sadece yılın üç ayında ısı geri kazanım sisteminin ısıtma yerine soğutma grubu çalışmasını göz önünde bulundurarak burada verimi %94 olduğu kabul edildi. Bu kabule göre kazanda yakılması gereken ısı miktarı, Sistemden elde edilen ısı miktarının kazanın verimine bölünmesi ile bulunur.

$$\text{Kazanın harcayacağı ısı miktarı} = (24.266,54 \text{ kcal/h}) / 0,94$$

$$\text{Kazanın harcayacağı ısı miktarı} = 26.962,82 \text{ kcal/h}$$

Bu kadar ısı gereksinimini karşılayacak doğalgaz yakılırken bu yakıtın içinde de % 100'lük bir yakıt değeri olmayacağını, bu değer tam olsa bile birçok ilk bakışta görülemeyen kayıpların olacağı kabul edildi, doğalgazın içinde %90 oranında ısıl değeri 8250 kcal/m³/h olan yanıcı madde olacağı kabul edildi.

Doğalgazdan bu değeri bulunması için ne ölçüde tüketilmesi gerekiyor = $(26.962,82 \text{ kcal/h}) / (8250 \text{ kcal/m}^3/\text{h} * 0,90)$

Doğalgazdan bu değeri bulunması için ne ölçüde tüketilmesi gerekiyor = $3,63135662 \text{ m}^3$

Doğalgazın metreküp fiyatını 339.430 TL/m^3 ($\$ 0,23 \text{ USD}$)(Şubat-Mart ayları arasında dolar kuru olarak $1.475.782 \text{ TL}$) olarak aldığımızda Temmuz ayı içinde bu sistemden $379.638.133,58 \text{ TL}$ gelir edildi..



Çizelge 5.1 Ölçüm Sonuçları (Devamı-2)

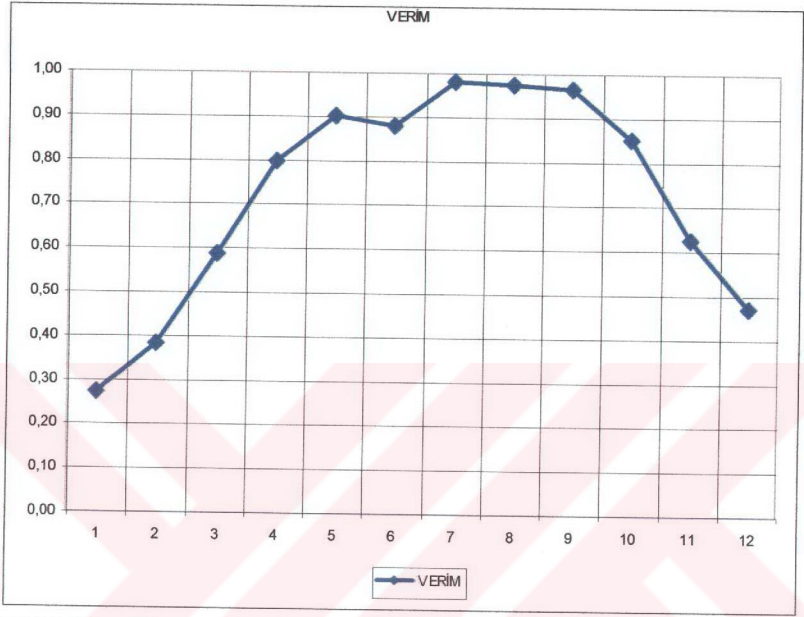
#	ÖLÇÜM AYI LARI	TEMBÜZ AYI ORT	AĞUSTOS AYI ORT	EYLÜL AYI ORT	KASIM AYI ORT	ARALIK AYI ORT	OCAK AYI ORT	ŞUBAT AYI ORT	MART AYI ORT	NİSAN AYI ORT	MAYIS AYI ORT	HAZİRAN AYI ORT	TEMMUZ AYI ORT	ORTA YIL ANİTESİ
11	İÇ ORTAM HAVA SICAKLIĞI	22,8	22,8	25	21	22	23	23,9	22,1	21,5	21,4	21,3	19,8	21,8
12	İÇ ORTAM HAVA NEM ORANI	50	51	55	54	49	50	45	43	47	50	50	50	50
13	SIZIZ HAVASI SICAKLIĞI	23,7	24,0	24,2	23,7	23,7	24,2	24,0	23,3	22,5	21,0	20,5	18,5	23,5
14	TAHAYI İRANISHAVASI NEM ORANI	49	57	44	32	34	30	37	39	40	45	40	40	40
15	SERPANTİN SONRASI HAVA SICAKLIĞI	22,9	23,7	27,2	17,0	15,8	13,4	12,2	14,3	15,2	24,4	18,4	18,4	18,4
16	SERPANTİN SONRASI HAVA NEM ORANI	48	46	52	45	45	44	40	47	43	53	48	48	48
17	SERPANTİNDEN BECİRLİSİ DİS HAVA SICAKLIĞI	24,4	26,2	19,3	19,0	18,9	14,8	13,4	15,4	15,6	17,8	17,8	21,8	21,8
18	SERPANTİNDEN BECİRLİSİ DİS HAVA NEM ORANI	67	72	59	72	47	42	35	32	51	68	68	68	68
19	DİS ORTAM HAVA SICAKLIĞI KURU TER	22,80	23,80	18,00	19,20	11,20	6,20	3,20	5,00	10,00	15,00	15,00	22,67	22,67
20	DİS ORTAM HAVA SICAKLIĞI YAŞ TER	21,67	21,65	18,93	14,93	10,13	7,10	4,97	5,40	10,00	15,53	15,53	19,09	19,09
21	DİS ORTAM NEM ORANI	75	76	81	87	81	81	76	79	76	80	75	75	75
22	GÜKOLLÜ BÖLGE SICAKLIĞI	23,20	23,70	20,30	19,30	19,50	14,20	14,10	15,20	17,50	17,80	17,80	21,00	21,00
23	GÜKOLLÜ SU GİBİSİ SICAKLIĞI	22,20	23,10	19,40	17,40	15,10	11,80	11,70	12,80	15,60	16,80	16,80	20,00	20,00

6. DEĞERLENDİRME

Isı geri kazanımı öncelikli olarak dışarıya atılan, ancak sistem sıcaklık değerlerinden çok farklı sıcaklık değerlerine sahip gazların, sıvıların veya katıların enerjilerini geri kazanmak amacıyla yapılmıştır. Isı geri kazanımı, iki farklı ısı taşıyıcısı arasında, bir ısı transfer ortamı sayesinde, yüksek sıcaklıktaki enerji grubundan düşük sıcaklıktaki enerji grubuna ısı transferi diye düşünülebilir. Burada verimi etkileyecek çok fazla değişken bulunmakla beraber, en önemli iki değişken olarak 1) iki enerji grubu arasındaki sıcaklık farkının büyük olması, 2) ısı transferini sağlayan ortamın ısı iletkenliğinin yüksek olmasıdır. Bu durumda ülkemizin bulunduğu coğrafi koşullar, klima santrallerinde ısı geri kazanımı tasarımı ve uygulaması sırasında, büyük önem taşır duruma gelmektedir. Isı geri kazanımını klima santrallerinde kullanmak istediğimiz vakit Türkiye'nin sıcaklık ortalamaları önem kazanmaktadır. Bu değerler, İstanbul için ortalama sıcaklık değeri 13.7°C , Ankara için sıcaklık değeri 11.5°C , İzmir için sıcaklık değeri 17.5°C ve Antalya için sıcaklık değeri ise 17.9°C 'dir. İstanbul için kış kuru termometre sıcaklığı -3°C , Ankara için kış kuru termometre sıcaklığı -12°C , İzmir için kış kuru termometre sıcaklığı ise 0°C 'dir. Sistemi tasarlayanlar, bu sistemin ne için kullanılacağını çok iyi etüt etmelidirler. Ofis binaları ise veya sadece gündüzleri çalışacak bina gruplarında ısı geri kazanım sisteminin ekonomikliği ve verimliliği araştırılırken kış kuru termometre sıcaklığı göz önünde bulundurulmamalıdır. Bu değer üzerinden yapılacak kabuller Sistemin verimini etkileyeceği gibi ekonomik ömrünün uzaması, kullanıcılar tarafından hata yaptıklarını düşünme olasılığı artar. Isı geri kazanımını klima santrallerinde uygulamak gerekiyorsa eğer o şehir için bulunmuş olan ortalama sıcaklık değerinin kullanılması daha doğru bir sonuç çıkarır.

Isı geri kazanım cihazlarında genel olarak ısı kazanıcının, dış havayı ısıtma sisteminden önce ısıtarak, ısıtma grubunun yükünü alması olarak düşünülmektedir. Bu yüzden sistemin sadece iklim koşullarının daha soğuk olduğu yerlerde daha fazla verim yakalayabileceği düşünülmektedir. Şekil 6.1'de de görüldüğü gibi verim kış aylarında artmaktadır, ancak yaz aylarında da kendisinden beklenmeyecek bir şekilde sistem verimli olmaya devam etmektedir. Bu devrede ısıtma söz konusu olmadığından sistem soğutma grubuna da yardımcı olmaktadır. Bu verimi yakalamak için yapılan herhangi özel bir mekanizma yoktur. Sistem Aralık, Ocak, Şubat ve Mart aylarında maksimum verimi yakalamıştır. Burada erişilen en yüksek verim değeri % 98 olarak bulunmuştur. En düşük verim ise Temmuz ayında % 27 olarak bulunmuştur. Sistemin ortalama verimi % 75 olarak bulunmuştur. Kış aylarında verimli sürekliliğini korumuştur. Bu tür sistemlerinin kullanımı,

sıcaklık farkları daha fazla olan yerlerde , daha fazla verimli olacaktır. Geçiş dönemlerinde verimin ortalama değerlere yakın olması ise, bu zaman aralığında

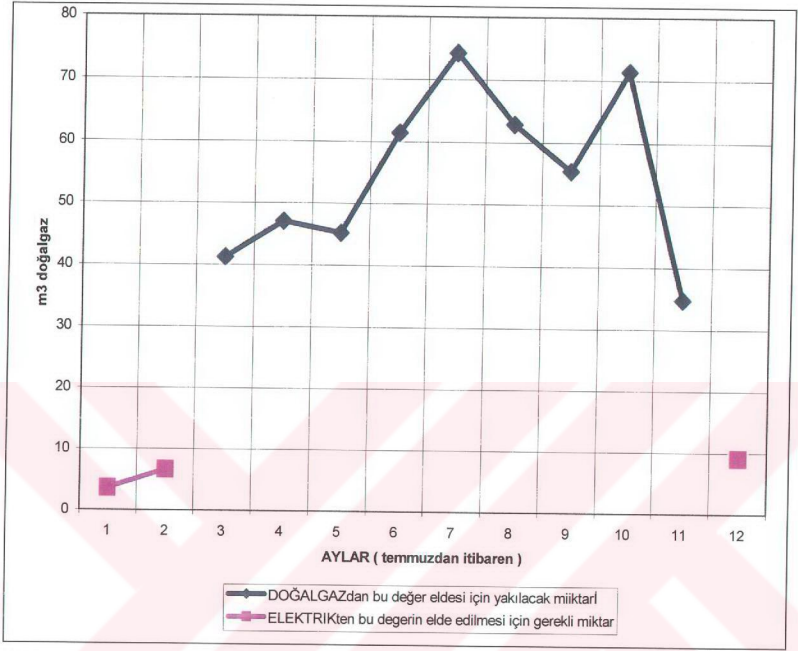


Şekil 6.1 Isı geri kazanım sistemi içeren bir klima santralinde ısı transferinin oranları .

sistemin sürekli olarak sadece taze hava ile çalıştırıldığından binanın, cihazların ve çalışanların ısısının egzoz sırasında taze hava aktarılması sonucu oluşmaktadır. Eylül ayı ısı transferi verimi % 59 olmuştur. Geçiş dönemindeki iklim şartlarını sürekli var olduğu yerlerde bu sistemin kullanılması, sisteme sürekli olarak yakıt harcanmadan kazanılacak bir güç kaynağı olacaktır. Dış hava ile birlikte iç ortamdaki nem oranının da yüksek olması Aralık ayında sistem verimliliğini düşürmüştür. Buradaki asıl sorun mutfak bacalarındaki ters basıncın sebebiyle havanın sisteme dağılmasıdır.

Verim egzoz edilen havadan çekilen ısının taze havaya aktarılan kısmına oranını ifade ederken, ısı kazancı verim kadar yüksek olmamaktadır. Bu da ısı transferinde, yüksek enerjili bölgeden düşük enerjili bölgeye transfer olan enerjinin çok düşük sıcak farklarında çalışmasından kaynaklanmaktadır. Sıcaklık farkı az olduğunda verim bu sistemler için artarken ısı geri kazanım sistemimi boşa çalıştırmış gibi olmaktadır. Bundan dolayı geçiş mevsimlerinde kullanmak verimli olmasına rağmen enerji kazancı açısından çok yararlı olmamaktadır. Bu tür iklimlerde plakalı eşanjör içeren santraller kullanılırsa, sistem kendi

içinde kayıplarını minimuma götürürken enerji kazancını maksimuma götürebilir. Kışın (Şekil 6.2) ise enerji kazancının farklı değerler almasına ise ısı geri kazanım plakaları



Şekil 6.2 Isı geri kazanımı sisteminin ısı kazancı doğalgaz .miktarı olarak hesaplanması üzerinde oluşan yoğuşmanın özellikle sabah saatlerinde buz eritmesinden, deney sisteminin rüzgara hakim tepe üzerinde olmasından dolayı binanın ısı dengesini kuramamasından kaynaklanmaktadır.

Kış aylarında, sistem içindeki ısı transfer miktarı artarken transfer oranları da artmaktadır. Şekil 6.3'ü Şekil 6.1 ve Şekil 6.2 ile beraber incelediğimizde ısı miktarlarındaki düşüşü burada enerji cinsinden görülebilir. Isı geri kazanımı (taze hava santrallerinde) yaz aylarında, sistem ortalaması olan 286.757,15 kcal/h' in altında kalmaktadır. Geçiş dönemleri ise ortalamanın üzerinde değerler vermektedir. Bunda en büyük etken içeride bulunan ısıların egzoz sıcaklığını arttırması, bu sebeple taze havaya aktarılan ısı miktarı azalsa bile debiler çok yüksek değerlere ulaştığından egzoz havasıyla atılacak ısıyı mümkün olduğunca geri kazanıp taze havaya aktarabilmektir.

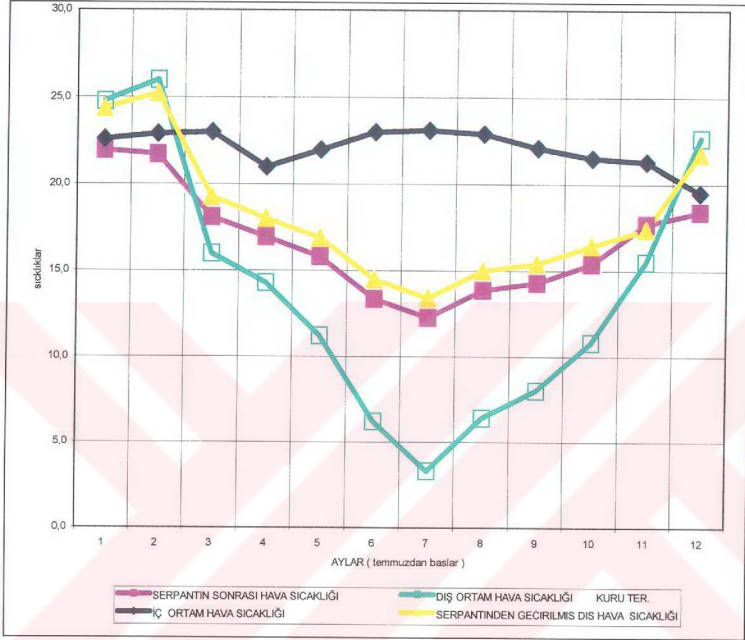


Şekil 6.3 Isı geri kazanımı sisteminde ısı transfer oranları

Kış aylarında enerji değerlerinin birbirine çok yakın olması verimin artması anlamına gelmektedir. Verim artışı ise sistemin sabit sıcaklığı ile dış ortam arasındaki sıcaklık farkının büyük olmasından kaynaklanmaktadır. Bu projede ortalama sıcaklık farkı $8,23^{\circ}\text{C}$ olarak hesaplanmıştır. Dış ortam sıcaklık ortalaması $13,85^{\circ}\text{C}$ olarak bulunmuştur. Dış ortam ile aradaki $8,23^{\circ}\text{C}$ 'lik sıcaklık farkı bu projenin geri dönüşüm oranına direk etki edecek faktörlerin başında gelmektedir. Kesinlikle dış ortam sıcaklık değeri olarak kış aylarında ısı kaybı hesabında kullanılmak üzere bulunmuş olan -3°C değerini kullanmamalıyız. Aksi halde sistem verimini teorik incelediğimizde bulunan değerler pratikte yakalanamaz.

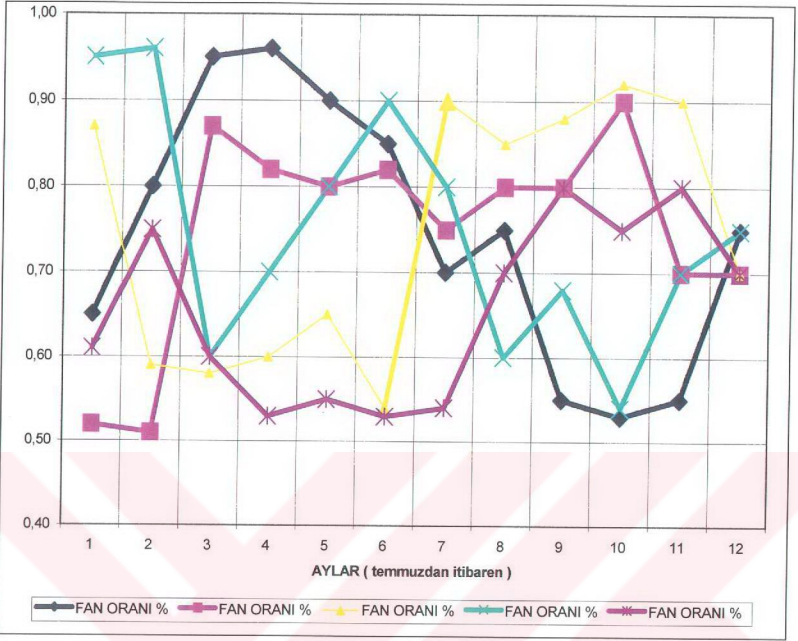
Tasarım grubu bazı değerleri sabit veya çok az değişken olmasını kabul ederek sistemi projelendirir. Bu kabullerden bir tanesi ise yaşanan ortamların, özellikle ofis katlarının, belirli bir sıcaklık değerinde veya belirli sınırlar arasında kalmasını kabul eder. Şekil 6.4'de de görüldüğü gibi ofis sıcaklık değerleri sabit bir aralıkta değişim gösterirken; dış hava, özellikle kış aylarında, büyük sıcaklık değişimi göstermektedir. Sıcaklık farkı maksimum 21°C olarak ölçülmüştür. Bu fark yaz aylarına doğru azalmakta ve yaz aylarında kış aylarının tersi bir pozisyon almaktadır. Serpantinlerden geçirilmiş havaların sıcaklık değerleri ise birbirlerine yakın değerler almaktadırlar. Bunu sağlayabilmek için egzoz havasının ve taze

havanın ısı geri kazanım serpantinlerindeki olabildiğince geniş olan ısı transfer yüzeylerinden geçmeleri gerekmektedir. Bu sebeple serpantinler tek sıra yerine 3 sıra yapılmış ve tüm havanın serpantin yüzeyi ile temas ederek ısı geri kazanım serpantinlerinden çıkmaları sağlanır.



Şekil 6.4 Isı geri kazanım santrallerindeki sıcaklık değişimleri

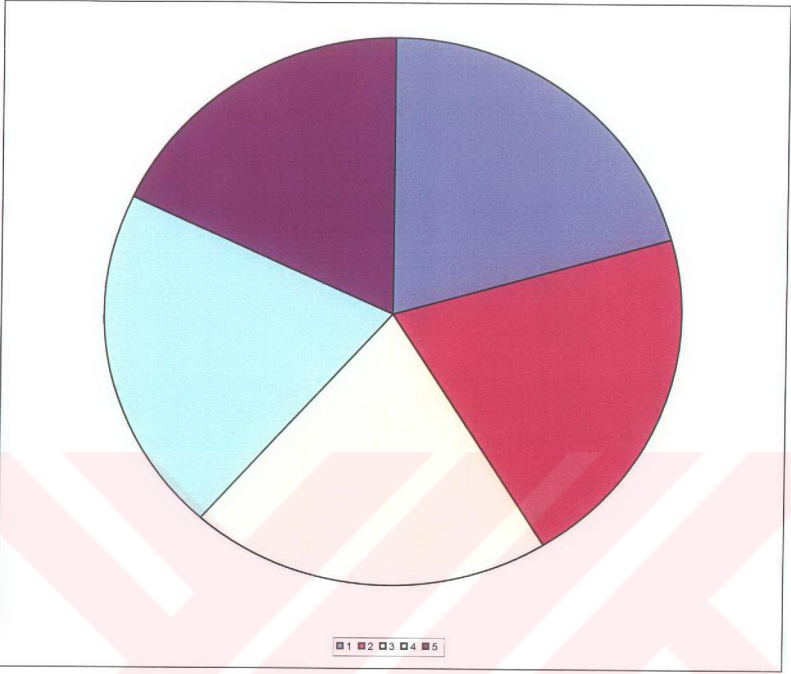
Sistemler tasarlanırken çıkan debileri bir veya birkaçla santralle çözüp buna göre yer belirlemek yerine, mimari projelerdeki en uygun yerin boyutlarını maksimumda kullanabilecek şekilde santral seçimi yapılmaktadır. Bu sebeple deney setinde kullanılan 5 büyük santralin, ki bunların kapasiteleri birbirine yakındır, kullandıkları kapasite oranlarını Şekil 5.5'de görülmektedir. En fazla kapasite kullanımı % 96 ile gerçekleştirilmişken, en düşük kapasite kullanım oranı ise %52 olarak hesaplanmıştır. Her iki kapasite oranı verimin maksimum olduğu kış aylarında değil de geçiş döneminde ölçülmüştür. Bunun sebebi,



Şekil 6.5 Isı geri kazanım sistemi içeren bir klima santralinde kullanılan fan motorlarının kapasite kullanım oranları

santrallerin ve sistemin genel bakımının yapıldığı dönemler genelde geçiş ayları olmasındandır. İki geçiş döneminde bakımlar yapıldığından bir geçiş döneminde kapasite kullanım oranı az olan santral diğer geçiş mevsiminde sürekli yüksek kapasite kullanım oranları kullanarak diğer santrallerin bakımına olanak sağlar.

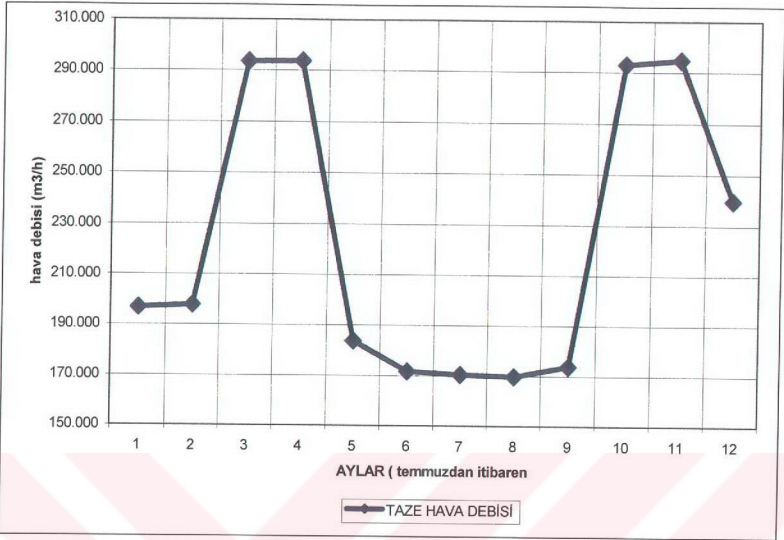
Santraller her ne kadar kapasitelerini sürekli olarak değişik değerlerle kullansalar da, her birisinin belirli bir çalışma ömrü vardır. Bunların kontrolü el ile çok zordur. Sıra kontrollü pompalar üzerinden bunun kontrolü kolaylaşmaktadır. Sistem belirli zaman periyotlarında sürekli aynı oranlarda yaşanacak olan ekipmanlarla çalışmaktadır. Şekil 6.6'da de görüleceği gibi santrallerin kapasite kullanım oranları hemen hemen benzer oranlarda oluşmaktadır. En büyük oran %21 olurken, en küçük oran ise %18 olmaktadır. Bu farkın oluşmasında santrallerin bazı bakımlarının uzunluğu etken olduğu gibi, santralin çalıştığı ofis katlarının yönü de önemlidir.



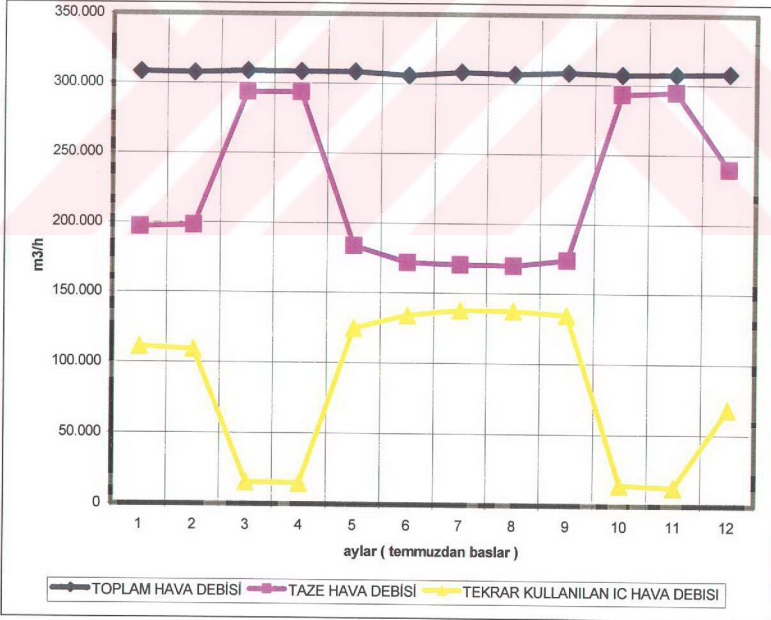
Şekil 6.6 Kapasite kullanım oranlarının pasta diyagramında incelenmesi

Taze hava debisi sistemde kullanılan havanın %50'sini karşılayacak şekilde tasarlanmıştır. Geçiş dönemi dışında taze hava debisi tasarım şartlarına olabildiğince yakın değerler tutturmaktadır. Geçiş dönemlerinde (Şekil 6.7) havanın çok fazla soğuk olmaması bu mevsimlerde free-cooling diye adlandırılan ve güç harcanmadan elde edilen konfor şartlarını sağlamaktadır. Free-cooling, dış ortam sıcaklığı 18°C 'nin üzerine çıktığında sabah saatlerinde başlatılır, dış ortam sıcaklığı 15°C 'nin üzerine çıktığında ise öğlen saatlerinde yapılabilir.

Toplam hava debisi ise sürekliliğini korumak zorundadır. Şekil 6.8'de de görüldüğü gibi taze hava debisi ve resirkülasyon havası debisi sürekli olarak değişiklik gösterir. Birbirlerinin tam tersi bir hareket ederek sistemdeki dengeyi yakalamaya çalışırlar. Genel olarak % 50 taze hava oranını tasarımda kabul edildiğini Şekil 6.8 baktığımızda söyleye bilinir.



Şekil 6.7 Taze hava debilerinin aylık değişimi



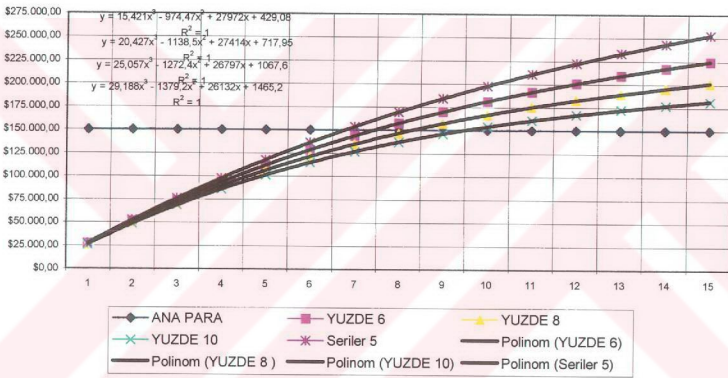
Şekil 6.8 Toplam, Resirkülasyon ve Taze hava debilerinin aylık değişimi

Klima santrallerinde ısı geri kazanımı sistemi Türkiye’de uygulanıp uygulanmama konularında hala daha tartışılmaktadır. Bunda yüksek yatırım maliyetleri, faiz oranlarının yüksek oluşu veya benzer yatırım araçlarının yüksek kar getirisi, sistemin çok net olarak tanımlanamaması, ülkemizin iklim şartları etkili olmaktadır. Türkiye’nin her yerinde yapılacak olan her klima santrali grubunda ısı geri kazanım uygulaması yapılmalıdır. Ancak yöresel değişiklikler de içermelidir. Güney illerimizde plakalı eşanjörler kullanılmalıyken kuzeye çıkıldıkça daha özellikli ısı geri kazanım üniteleri kullanılmalıdır. Isı geri kazanım üniteleri, çok fazla yapılmadığından dolayı fiyatları yüksektir, ve geri dönüş zamanı uzundur. Artacak sipariş adetleri çokluğu ve pratik çözümler bu engeli ortadan kaldırmaya bile ekonomik geri dönüşüm yükünü azaltacaktır. İlerde enerjinin ne kadar değerli olduğunu düşünülünce, enerjimizi olabildiğince düşük sarfiyatlarda tutarak geleceğe daha güven dolu ilerleyebiliriz. Tam olarak sistem mantığı çözülemediğinden pratik çözümlerin üretilmesi de imkansızlaşmaktadır. Burada, deney sistemi olarak kullandığım İş Bankası Kulelerinin ihtiyaçlarının belirlemede büyük emeği geçen Sayın Mak. Müh. İhsan ÖNEN, Sayın Mak. Müh. Tuncer KINIKLI ve Sayın Mak. Yük. Müh. Baycan SUNAÇ, biraz yer darlığı, biraz geç karar vermenin getirdiği imkansızlıklar ve en önemlisi sistemin çalışma mantığının doğru yorumlanması ile çok ekonomik bir biçimde bir ısı geri kazanım sistemi oluşturdular. Deney sistemindeki çözüm kulelerin mimarisini kullanarak en ideal biçimde planlanmıştır. Bu tür ekonomik çözümler mimari olarak müsait yer yaratılarak veya var olan yeri, sistemin yeniden yorumlanmasıyla doğru çözümler üretilebilir.

Maliyet analizi :

Deney sistemimizin yatırım maliyeti olarak \$ 150.000,00 USD belirlenmiştir. Bu bölümde buraya yatırılan paranın ne kadar karlı bir yatırım olup olmadığını görmek amacındayız. Birkaç değişken kabul edildi. Bunlar yıl değişkeni (15yıl, 18 yıl, 22 yıl), faiz oranı değişkeni (%4, %6, %8, %10), belirli bir yıl sonunda hurda değer değişkeni(%5'i, %10'u, %15'i) ve eskalasyon sabit değeri oldu. Eskalasyon sadece belli bir sektör veya işkolu için girdileri, işçiliklerin değişim oranıdır. Sistemin bakımı için harcanması gereken tüm işleri fason olarak dışarı verildiğini ve bunların toplamının da yıllık olarak sisteme \$2.100,00 USD olarak kabul edildiğini şimdiden belirtmelidir.

FAIZDEKİ ARTISLARIN(15 YIL ICIN) GERI DONUSE ETKISI



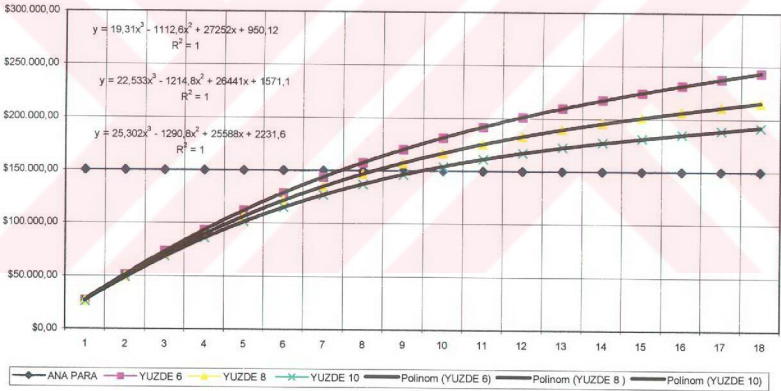
Şekil 6.9 Faizlerdeki artışların geri dönüşe etkisi

Ülkemiz yüksek enflasyonlu bir ekonomi içinde olduğundan, yatırımlarımızı reel olarak belirli bir iş veya amaç yerine kullanmadan da enflasyona karşı koruyabiliriz. Bunu da faiz dediğimiz belli bir artı değer ile yapılmaktadır. Bu tezde kullanılan deney setinin ekonomik olup olmadığını değişkenlere göre incelerken faiz ve eskalasyon oranlarını göz önünde bulundurarak, enerji maliyeti sistemlerinden olan şimdiki zaman metodunu kullandık. Burada amaç olabilecek tüm harcamaları bugüne getirerek sistemin kar zarar ilişkilerini görebilmektir.

Değişken olarak faiz ve eskalasyon oranı beraber alındığında (Şekil 6.9) önümüze üçüncü dereceden denklemler çıkmıştır. Yüzde 4, Yüzde 6, Yüzde 8, Yüzde 10'luk faiz oranlarına , Yüzde 4'lük eskalasyon oranını da kattığımızda; Yüzde 4'lük enflasyonda

sistemin kendini 6,5 senede amorti ettiğini, faizin yüzde 6'ya çıkması durumunda 7 yılda, faizin yüzde 8'e çıkmasında 7,8 yılda, faizin yüzde 10'a çıkması durumunda da 9 yılda amorti ettiği görülebilir. Yüzde 6 ile yüzde 10'luk faiz oranları arasında 2 yıl gibi bir rakamın bulunması, yatırımın yapılacağı zaman aralığında kar zarar ilişkisini çok iyi incelenmesi gerekliliğini ortaya koymaktadır. Şekil 6.9 üzerinde var olan denklemler sistemin kontrolünü uzun ölçümler ve incelemeler sonucunda ortaya çıkmadan da yapılabileceği bir doğruluk içermektedir. Yüzde 8'lik faiz değeri için $y = 25,057x^3 - 1272,4x^2 + 26797x + 1067,6$ denklemini vermektedir. Burada x yerine yazılacak olan yıl cinsinden zaman sistemin o kadar zaman sonra ne ölçüde bir ısı geri kazanımı yapıldığını göstermektedir. Yüzde 4'lük faiz oranında sistem \$ 252.699,99 USD kazanç getirmişken aynı zaman süresince yüzde 10'luk faizde \$181.333,94 USD kazanç getirmiştir. 15 yıl sonunda yüzde 6'lık bir faiz farkından dolayı yaklaşık olarak \$70.000,00 USD kaybedilebilmektedir. Yüzde 6'lık faizde yıllık ortalama \$ 4.970,00 USD olarak hesaplanabilir.

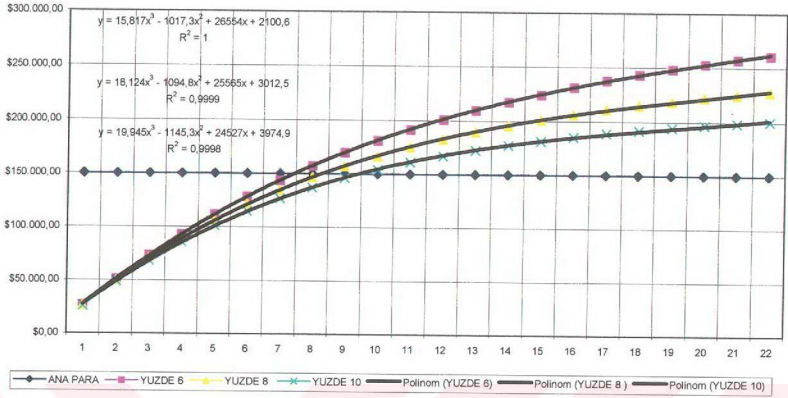
FAİZLERDEKİ ARTIŞIN(18 YIL İÇİN) GERİ DONUŞE ETKİSİ



Şekil 6.10 Faizlerdeki artışların geri dönüşe etkisi

Sistemi 18 yıla göre yorumladığımızda (Şekil 6.10) yüzde 6'lık bir faiz ortamında \$ 248.549,34 USD bir kazançla ulaşacağımızı ve bu paradan da ilk yatırım maliyetini çıkardığımızda ortalama her yıl \$ 5.474,00 USD geri kazancımızın olduğunu görülebilir. Yüzde 8'lik faiz oranına ait eğriyi incelersek burada da üçüncü dereceden bir denklemlerle karşılaşırız. 15 yıllık faiz değişiminde benzer eğim göstermesine karşılık denklem $y = 22,533x^3 - 1214,8x^2 + 26441x + 1571,1$ haline gelmiştir. Yüzde 8 faiz oranıyla 15 yıllık bir ömür için \$ 50.000,00 USD' lık bir kazanç sağlarken şimdi bu değer \$ 68.000,00 USD' a yaklaşmıştır.

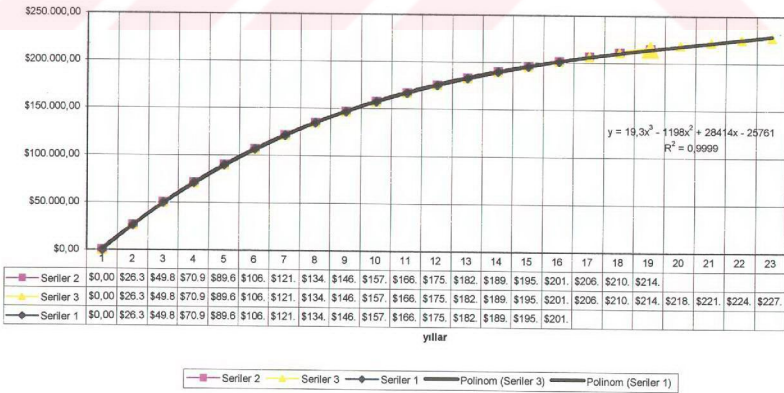
FAİZLERDEKİ ARTIŞIN (22 YIL ICIN) GERI DONUSE ETKISI



Şekil 6.11 Faizlerdeki artışların geri dönüşe etkisi

Sistemi 22 yıla göre yorumladığımızda (Şekil 6.11) kazançların artacağını görmekteyiz. Sistemin ömrü uzadıkça net kar miktarı artmaktadır. Yüzde 6 'lık faiz oranını yıllık olarak ne getirdiğine bakılırsa \$5.063,00 USD olarak görülür. Bu sistemin net karının artmasına karşılık geri dönüşüm hızının yavaşladığını gösterir. Yüzde 8 faiz için eğriyi incelediğimizde yine üçüncü derecen farklı bir denklem görülmekte, $y = 18,124x^3 - 1094,8x^2 + 25565x + 3012,5$.

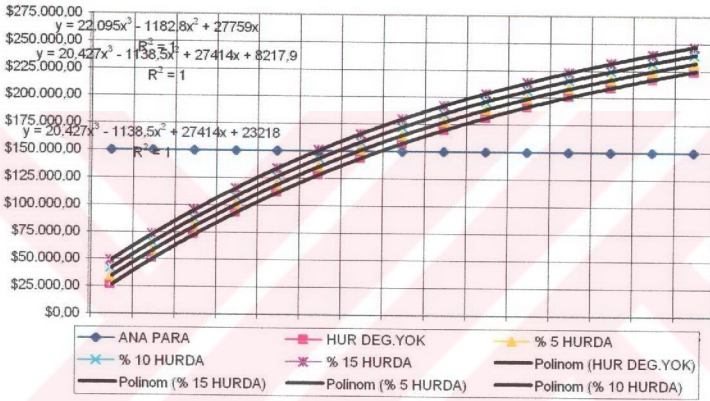
15, 18, 22 yıl için % 8 faizde geri dönüşüm miktarları



Şekil 6.12 Faizlerdeki artışların geri dönüşe etkisi

Yılları değişken kabul edip faiz oranını sabit aldığımızda üç ayrı yıl için eğimler aynı çıkmıştır. Ancak üç ayrı denklem elde ediyoruz. Bu üç denklemi de çözmek istediğimizde 18 yıl için bulunmuş olan denklemin bize en iyi sonucu verdiği söyleyebiliriz. Böylece sistemin daha uzun süre çalışıp daha az kar marjı getirmesindenense, 18 yıl sonunda satılması bu grafiklere bakıldığında doğru bir sonuç olarak görülmektedir. Bu yılın sonunda elde edilecek hurda değerlerini (şekil 6.13) de yüzde 5, yüzde 10 ve yüzde 15'lik değerlerin bugüne şimdiki değerleri ile getirilmesi sonucu net olarak görülebilir.

FAIZDEKİ ARTISLARIN(15 YIL ICIN) GERI DONUSE ETKISI



Şekil 6.13 Sabit faizde hurda değerine göre değişim

7. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Bu sistemlerde verimi ve buna bağlı kriterleri bulmak için kabul edilen sıcaklık değerlerinden biri olan dış sıcaklık değerinin kış aylarında ısıtma için kullanılan değeri yerine sistemin kurulacağı bölgedeki ortalama sabah saat 7 civarındaki sıcaklık değeri alınmalıdır. Bu kabulde bulunacak olan verimin maksimum verim olacağı da göz önünde bulundurulmalıdır.

Ortalama sıcaklık değeri 14°C ve altında olan yerlerde su borulu ısı geri kazanımlı sistemlerin kullanılması faydalı olur. Sulu sistemler, daha fazla sıcaklık farkı olan iklim koşullarında daha kullanışlı olmaktadır. Plakalı sistemler ise iklim koşulları daha ılıman olan bölgelerde kullanışlı olmaktadır. Yüksek katlı binalarda tek katlı ve sulu sistem ısı geri kazanımı uygulanması mimari yapıyı bozmayacaktır. Tek katlı santraller iki katlı santrallere göre daha basit mantıkla üretildiklerinden servisi ve kontrolü kolaylaştıracaktır.

Isı geri kazanım sistemleri düşünüldüğünün aksine yaz aylarında da enerji geri kazanımı yapmaya devam etmektedir. Sistem bu sefer taze hava sıcaklığını düşürmek için egzoz edilen iç ortam havasını kullanmaktadır. Bu, sistemin doğalgaz vb. yakıtların yakılması sonucu geri kazanacağı ısı enerjisi yerine, soğutma sisteminde chiller' dan kazanacağı elektrik enerjisidir. Bu verimi hesaplarken kazan verimi yerine chiller verimi kullanılmalıdır.

Isı transferini sağlayan yüzeyler daha iletken seçilir ve ısı yalıtımında daha özenli olunursa eğer, sistem verimini arttırılabilmek mümkündür. Sistemdeki akışkanın özelliklerini de göz önünde bulundurulmalıdır.

Isı transferini sağlayan yüzeylerin sayısı ve sıklığı çok iyi kontrol edilmelidir. Çok sıkı bir serpantin basınç kaybını arttırırken verimi azaltabilir. Tek sıra serpantinde ise egzoz edilen enerjinin tamamı geri kazanılamayabilir. Çok sıralı serpantinlerin kullanılması sistemden atılan egzoz havasından daha fazla enerjiyi geri kazanma şansımız vardır.

Isı geri kazanım sistemlerinin maliyet olarak incelenmesinde % 8 yıllık faizde 8 yıl sonunda sistemin kendini amorti ettiğini ve bundan sonraki kullanım zamanda ki kazancın kar olduğu görülmektedir. Bu tür kar zarar hesaplarında şimdiki zaman metodu kullanılmaktadır. Sistem kendini çok kısa süre içerisinde amorti etmesi için sıcaklık farklarının büyük olması gerekmektedir.

Isı geri kazanımı, egzoz havasının bir bölümünün taze hava ile karıştırılarak tekrar iç ortama verilmesi demek değildir. Buradan kazanılan sıcaklık değerini sistemin verimini arttırıyor gibi görünmektedir.

KAYNAKLAR

- Ansoy, Ahmet, (2000), “ Türkiye iklim verileri ” , Tesisat Mühendisliği Teknik yayınları
- ASHRAE, 2000, Systems and Equipment Handbook (SI)
- Bilge, D&M., (1999), “İndirek/Direk Evaporatif Soğutma Sistemleri Kombinasyonu”
- Çolak, A. Serhan, (1992), “ An Analytical Modeling and Numerical Simulation of A Rotary Type Regenerative Heat and Humidity Exchanger ”, Y. L. Tezi, ODTÜ
- Dağ, İ., (1997), Isı enerjisinin geri kazanılması, İTÜ Makina Fakültesi Kütüphanesi, Yüksek Lisans Tezler MAK/UZ/388/ DAĞ
- Doğanay, A. Cogeneration , (1996), İTÜ Makina Fakültesi Kütüphanesi, Yüksek Lisans Tezler MAK/UZ/357/ DOĞ
- Erkut Beşer, Bekir Cansevdi, (Ekim-Eylül 1996), “ Soğutma ve Klima Sistemlerinde Enerji Tasarrufu ” , Tesisat Mühendisliği Dergisi
- Goldstick,R. ve Thumann,A., (1986), C.E.M. ve P. E. Principles of Waste Heat Recovery, HVAC Energy Recovery, İTÜ Makina Fakültesi Kütüphanesi, TS 260.G.GS.
- Güngör, Ali, (Eylül-Ekim 1996), “ İklimlendirme Enerji Geri Kazanımında Isı Borulu Değiştiriciler ” , Tesisat Mühendisliği Dergisi
- Güngören, Cumhuriyet, (1999), “ Endüstriyel Klima Tesislerindeki Enerji Geri Kazanım Sistemlerinin Teorik ve Deneysel Olarak İncelenmesi ” , Y. L. Tezi, YTÜ
- ISISAN, (2002), GEA marka ısı geri kazanım ünitelerinin tanıtım kataloğu
- Kinnier, J., (1979), “ :HVAC Energy Recovery”, Principles of Waste Heat Recovery
- Kürekçi, N.Alpay., (1999), “Döner Tip ısı değiştiricilerinin ekonomikliliğinin araştırılması “, Y.L. Tezi, Y.T.Ü.
- Lazzarin, M.R. and Gasparella, A., (1998), ”Technical and Economical Analysis of Heat Recovery In Building Ventilation Systems”, Applied Thermal Engineering, Vol. 10
- Manglik,R.M., Muley,A.,Rauigururajan, T.S.,Papar, R.A. ve Kim ,J., (2000), Advances in Air Cooled Heat Exchanger Technology , İTÜ Makina Fakültesi Kütüphanesi, TS 260. A38
- Öztürk, Aksel, (1998), “ Termodinamiğe Genel Bir Bakış-2 ” , Termodinamik Dergisi 1
- Salih Fişek, Reşat Selboş, İbrahim Üçgül, (1997), “ HVAC Sistemlerinde Isı Tekerleği ve Isı Borusu ile Isı Geri Kazanım Uygulamaları ” , Mühendis ve Makina Dergisi, cilt 40, sayı 473
- Selvi, Ufuk, (2002), “ Toprak kaynaklı ısı pompası dizaynı ve LPG’ li ısıtma sistemleriyle ekonomik karşılaştırılması”, Y.L.Tezi, Y.T.Ü

Şahan, M.A., (2000), "HVAC Uygulamalarında Isı Geri Kazanımı ", Tesisat Mühendisliği Dergisi

VDI 2071, Waermerückgewinnung im Raum Lufttechnischen Anlagen, (1997), İTÜ Makina Fakültesi Kütüphanesi, TS 260. W 376

VDI, Waermerückgewinnung und Abwaermeverwertung, (1978), İTÜ Makina Fakültesi Kütüphanesi, TS 260 W37

Yılmaz, Tuncay, (Eylül-Ekim 1996), " Yapılarda Isıtma Soğutma Uygulamalarında Enerji Geri Kazanma Sistemleri ve Enerji Ekonomisi ", Tesisat Mühendisliği Dergisi



EKLER

- Ek 1 Direct Digital Control Systems
Ek 2 Ölçüm noktaları



Direct Digital Control Systems

Excel Building Supervisor

The Excel Building Supervisor is a PC-based user interface and an integral part of the worldwide Excel 5000 system architecture. It can communicate on the Communication Bus (C-Bus) network to the Excel 20, 100, 500, and 500 Direct Digital Controllers (DDC) and to Excel 16 VAV Zone Controllers via the Excel 10 Zone Manager. It may also communicate with MicroCafé, MacroCafé, W7800, and W7820 Controllers via the Excel Link. In addition, it provides display capabilities to remote C-Buses via the X1593 Modem Device or to individual remote Excel controllers. Multiple Excel Building Supervisors may be connected via a LAN to provide access to system information from numerous locations.

The Excel Building Supervisor can be configured to meet the baseline requirements for a small building but also provides options for more sophisticated requirements, including full graphics operation and ability to trend plotting. The Excel Building Supervisor requires no engineering or preliminary design work on the PC when using the test display mode. Optional graphics provide an enhanced intuitive operator interface using self-explanatory graphics arranged in a hierarchical presentation scheme.

The Excel Building Supervisor consists of a PC and may optionally have up to two parallel printers. Alarms, print alarms, and reports can be directed to the printers. The PC may also interface up to three XPC500 Interface Boards for direct C-Bus connections. In addition, the Excel Building Supervisor supports two modems for use in communicating to remote buildings. Outgoing communications use any modem. A second modem allows that a communications path is available for incoming alarms.

The Excel Building Supervisor PC workstation provides a user-friendly, pull-down menu driven operator interface for monitoring and controlling building HVAC operations. Using conventional dialog boxes, the operators can display data using point-by-point names or attributes or by the use of wildcard searches.

The Excel Building Supervisor runs under Microsoft Windows, Windows NT and NT/AS, Windows 95 or OS/2, and takes advantage of the wide acceptance of those products and the easy-to-learn user interface. Optional graphics for the Excel Building Supervisor are prepared using Micrografik Designer, and optional curve plotting of historical and dynamic data is provided using Microsoft Excel. Graphics software delivery: the end user must execute a software license agreement.

- Up to four PC workstations for operator flexibility.
- Forms are accessed by name for user ease.
- Automatic dial-in/dial-out for multiple remote sites for seamless operation.
- "Plug and play" operator uploads controller information to reduce engineering.
- Comfortable user interface with pull-down menus and popup windows.
- Wildcard searches on point names to speed user operation.

Available only through Honeywell Authorized Distributors.

Order Number	Description
S1015	Excel 5000 Building Supervisor, test version. Requires XPC500 Board or RS232-485 converter for connection to C-Bus.
S1016	Excel 5000 Building Supervisor, graphics version. Requires X1593-Rev. No. J. Requires S1015, XED text to operate.
S1041	Excel 5000 LAN Order Software.

- See PC requirements for:
 - four displays and controller
 - historical trending
 - alarm management
 - report generation
 - graphics (optional)
- Operator software logging to track user activities.
- Optional graphics support zoomed images for user friendly displays.
- Graphics option supports animation, special symbols, graphics displays, zoom, graphic penetration for quicker access to graphics displays.

PC REQUIREMENTS:

Microprocessor: Any platform that will support Windows 3.1, Windows 95, or Windows NT will support the XED.

BUS INTERFACE BOARD (when required):

Requires XDSM C-Bus Interface Module for operation at 1600 baud or XDSB C-Bus Supervisor for operation at 14.4-bit (101.8 Kbaud). Uses one 16-bit and 1 PC.

Provides one connector for C-Bus (two wire, RS-485) and two serial connections.

COMMUNICATIONS:

For Excel Link, see Q768A Excel Link.

COMPONENTS:

See the entries in this catalog for details:

- Excel 20 and 100 Controllers
- Excel 500 and 500 Controller
- Excel 10 VAV Controller
- W7820H-L Zone Control System for VAV Control
- W7820 Single Zone and Water Source Heat Pump
- Excel X1593 Operator Terminal
- Excel X1594 Portable Operator Terminal (Software Tool)

ACCESSORIES:

- X1593 Modem Device
- Modems
- SOFTWARE (standard):
 - MS-DOS ver. 3.0 or higher from Microsoft Corporation
 - Microsoft Windows™ Ver. 3.1 or higher.
- SOFTWARE (options):
 - Windows NT 3.51, 3.51
 - OS/2
 - Windows NT/AS
 - Windows 95.

NOTE: Some options may not be available in certain configurations. Contact a Honeywell representative for details.

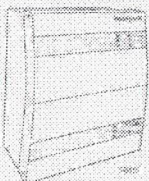
continued next page

Ex 1. Direct Digital Control System (Devam - 3)

Direct Digital Control Systems

Q7645 Excel Link

The Q7645A Excel Link ("Excel Link") integrates Honeywell W7520 Zone Controllers.



These direct digital controllers manage various types of equipment, such as air-handling units, unitary equipment, VAV terminal units, and other HVAC equipment. The Excel Link allows data selected from the Control Network Authentication Protocol (CNAP) Controllers to be used by any C-Bus controller and/or operator terminal. If desired, (EX) programming can reside in the Excel Link to provide central operations for any of the CNAP Controllers.

The Excel Link can operate stand-alone or integrated in a higher-order system of C-Bus Controllers and central PC. Stand-alone operation allows the W7520 Controllers to share data over a single CNAP bus. Integrated C-Bus operation allows the CNAP Controllers to share data with C-Bus devices, such as Excel Controllers (100, 500, 600), and a central PC in an Excel Building Supervisor system. Before software delivery, the end user must execute a software license agreement.

- High-performance DDC.
- Excel Link interfaces allow easy integration of controllers.
- Alarm handling facility to allow user to distinguish between critical and non-critical alarms.
- Excel Link is programmed through CARE for flexible use.

DIMENSIONS, APPROXIMATE: 11.4 in. (288 mm) high, 11.4 in. (288 mm) wide, 3.2 in. (79 mm) deep.

TEMPERATURE RATING:

Operating: 32 to 122 F (0 to 50 C)

Storage: -40 to 122 F (-40 to 50 C)

HUMIDITY RATING:

Storage: 5 to 65% RH, non-condensing.

POWER SUPPLY:

24 Vac, 50/60 Hz, 500 mA maximum (w/ external transformer).

COMMUNICATIONS:

C-Bus: 9600 baud or 144 Dps (921.6 K baud), two-wire RS-485.

CNAP: 9600 baud, two-wire RS-485.

B-Port: 4800 baud, RS-232 for CARE, M-PORT, ZM750A, or central PC.

BACKUP:

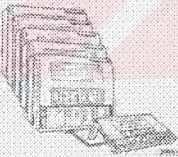
Program: 1 month for RAM.

Available only through Honeywell Authorized Distributors.

Order Number	Description	Description
Q7645A1D04	Excel Link Interface	
Q828	Z8760M configurator used to configure and download Excel Link DDC and CNAP to W7520 Controllers. Also CARE and CNAP manual (replaced by Z85701).	

Excel 500 and 600 Controllers

The Excel 500 and 600 Controllers are direct-digital control, microprocessor-based, programmable controllers that manage building functions.



An Excel 500 and 600 can include up to 15 plug-in modules including a computer module, power supply module, optional modem module, and a site-specific set of analog and digital input/output modules. The Excel 500 uses a standard computer module and the Excel 600 uses a high-performance computer module. The flexibility of Excel 500 and 600 easily accommodates expansion. A network can link Excel 500™ system controllers (Excel 50, 100, 500 and 600), a Q7645A Excel Link, Q7750 Zone Manager, and a Communication System Server on a peer-to-peer Communication Bus (C-Bus) to any other exchange data.

The optional Excel X10012 Operator Terminal provides an operator interface that supports an interactive question-response dialog or easy-to-use messages and control data. The optional Excel X10012 Portable Operator Terminal (POT) is a software tool that runs on a portable computer and is used to install applications programs, implement setpoint adjustments, and access controller information. An Excel Building Supervisor Personal Computer (PC) workstation provides a graphic operator interface for managing a network of buildings.

- Bus-Wire MMT provides local viewing/monitoring of point information of all controllers attached to the Communication Bus.
- Modular design to allow expansion.
- Stand-alone or networked operation for flexible use.
- Plug-in modules to use what you need.
- CARE-generated application programs for programming needs.
- Optional user interface for easy on-site changes.
- Battery-backed RAM data maintains reprogramming after power outage.
- Roll-in bonding for timely information.
- Application program data:
 - Data File Library: Excel-CARE
 - Point Name: 16 characters
 - Point Language Description (for point names): 32 characters
 - Alarm and Status messages: 18 characters
 - Time program and daily program names: 18 characters
 - Stored Relevant Operating Data:
 - Alarms with date and time, trend values, temperature or status, freeze counter, service intervals.
- Operator interface terminals:
 - Excel X10012 Wall-mounted Operator Terminal
 - Excel X10012 Desk-top Operator Terminal
 - Excel X10014 Portable Operator Terminal (Software Tool)
 - Excel Building Supervisor PC Workstation

Ek 1. Direct Digital Control System (Devamu - 4)

Direct Digital Control Systems

Error: 500 and 600 controller

DIMENSIONS, APPROXIMATE:

315 in. (194 mm) high, 7 1/2 in. (193 mm) wide, 7 in. (168 mm) deep

without extended terminal wiring base.

175 in. (135 mm) high, 7 1/2 in. (193 mm) wide, 7 in. (168 mm)

deep with extended terminal wiring base.

WEIGHT: 5.5 lb (2.5 kg) per controller housing.

MOUNTING: On DIN rails or for 1/2 in. (12.7 mm) systems on a subpanel in

a 14506530 General Purpose Ring Cabinet.

TEMPERATURE RATINGS:

Operating: 32 to 122 F. (0 to 50 C).

Storage: -40 to 168 F. (-40 to 70 C).

HUMIDITY RATINGS:

5 to 95% RH max., noncondensing.

COMPONENTS:

One 14507287 Power Module required per controller.

-000: 120 Vac input, provides 24 Vac for controller and 24 Vac for

accessory.

-005: 100 Vac input, provides 24 Vac for controller, 24 Vac for

accessory, and 24 Vdc for accessory.

-006: 220/240 Vac input, provides 24 Vac for controller only.

-005: 220/240 Vac input, provides 24 Vac for controller and

24 Vac for accessory.

-006: 220/240 Vac input provides 24 Vac for controller, 24 Vac for

accessory, and 24 Vdc for accessory.

-007: 50 VA.

ELECTRICAL RATINGS:

Battery: 5 V Lithium Battery.

MEMORY CAPACITY:

RAM: 256 Kbytes, battery-backed.

OS EPROM: 512 Kbytes.

Data File EPROM: 256 Kbytes.

IO POINT CAPACITY (PER CONTROLLER):

Up to 16 input/output modules.

Up to 10 modules of the same type (including all output modules

combined).

Up to 128 physical points.

Up to 256 pseudo points.

Available only through Honeywell Authorized Distributors.

Order Number	Description	Use With
X001CR2	16-bit CPU module.	500
X001C	32-bit CPU module.	600
X0505A	Communication submodule, RS232C BAUD.	500 or 600
X0506	Communication submodule, 1 MB.	500 or 600
X0M06	Modem submodule provides dial-in/dial-out for single controllers.	500 or 600
XF521A	Analog input module (8 inputs), 0-20 mA, 0-10 Vdc, PT1000, 20K Ohm transducer.	600 or 600
XF522A	Analog output module, 0-10 Vdc with override switches (3).	500 or 600
XF523A	Digital input module, 12 inputs.	500 or 600
XF524A	Digital output module with override switches, 5 output, 1 input.	500 or 600
XF525A	Phys. position output module (3).	500 or 600
XF526	Analog input module (8 inputs), 0-20 mA 0-10 Vdc, PT1000, BAUD.	500 or 600
XF527	Analog output module, 1-10 Vdc without override switches.	500 or 600
XF529	Digital output module without override switches.	500 or 600
XF535	Blank module (all cover).	600 or 600
XH600H	Universal input/output module housing.	500 or 600
XH602H	Universal input/output blank terminal cover.	500 or 600
XH610H	Operator interface - backlit LCD display.	500 or 600
XH620H	Operator interface - 20x4, panel, bond, backlit LCD display.	500 or 600
XH600A2	Modem module - provides dial-in/dial-out for network controllers.	500 or 600
XP500	Power supply module.	500 or 600
X0503	Wiring substrate for panel backplate mounting.	500 or 600
X0504	Wiring substrate for panel floor mounting.	500 or 600
XW501	Cable - connects operator interface to controller, 15 ft. (4.6 m).	500 or 600
XW502	Cable - connects operator interface to controller, 60 ft. (18 m).	500 or 600
XW507	Cable for CARE, LIVE CARE, X0504, connects controller to PC serial port, 2.5 ft. (2.5 m) includes strain relief.	500 or 600
XW507	Cable to connect XH600A2 to external modem.	500 or 600
14507005-002	Power supply cable to connect power module to Exo2 controller.	500 or 600
14507008-003	Power supply cable (dual ends) to connect power module to Exo2 controller.	500 or 600
1450714-001	Extended wiring substrate without cover.	500 or 600
1450718-002	Extended wiring substrate with cover and knock-out plate.	500 or 600

Exk 1. Direct Digital Control System (Devam - 5)

Direct Digital Control Systems

Excel 100 and 200 continued

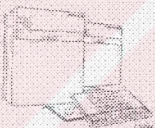
Order Number	Description	Use With
14502267-001	Power module, 120 Vac input, 50VA controller transformer with convertible outlet and breaker.	500 or 600
14502267-002	Power module, 120 Vac input, 50VA controller transformer plus 100 VA accessory transformer with convertible outlet and breaker.	500 or 600
14502267-003	Power module, 120 Vac input, 50VA controller transformer plus 100 VA accessory transformer and 24 VDC accessory transformer with convertible outlet and breaker.	500 or 600
14502267-004	Power module, 220/240 Vac input, 50VA controller transformer with convertible outlet and breaker.	500 or 600
14502267-005	Power module, 220/240 Vac input, 50VA controller transformer plus 100 VA accessory transformer with convertible outlet and breaker.	500 or 600
14502267-006	Power module, 220/240 Vac input, 50VA controller transformer plus 100 VA accessory transformer and 24 VDC accessory transformer with convertible outlet and breaker.	500 or 600
14502267-007	Power module, 50 VA.	500 or 600
14502330-001	6 in. (152 mm) bus housing connector (horizontal housing arrangement).	500
14502330-002	10 in. (254 mm) bus housing connector (horizontal housing arrangement).	500
14502330-003	42 in. (1067 mm) bus housing connector (vertical stacked housing arrangement).	500
14502330-004	18 in. (457 mm) bus housing connector (vertical stacked housing arrangement).	500

Excel 100 Controllers

The Excel 100 Controllers are direct-digital control, microprocessor-based, programmable controllers that manage building functions.

The Excel 100 supports 10 analog inputs, 12 digital outputs and 12 universal outputs. The flexibility of the Excel 100 easily accommodates expansion. A network can link Excel 100 system controllers (Excel 20, 100, 504, and 604), a 078465 Data Link interface, 07750 Zone Manager, and a 078465 System Server on a peer-to-peer Communication Bus (C-Bus) so they can exchange data.

The optional Excel 100 Operator Terminal provides an operator interface that supports an interactive question-response dialog for easy access to menus and controller data. The optional Excel 100 Operator Terminal (OT) is a software tool that runs on a portable computer and is used to install application programs, implement on-site adjustments, and access controller information. An Excel Building Supervisory Personal Computer (PC) workstation can provide a graphic operator interface for managing a network of controllers.



DIMENSIONS, APPROXIMATE: 2 1/2 in. (25.5 mm) high, 7 1/2 in. (190 mm) wide, 2 1/2 in. (70 mm) deep.

WEIGHT: 2.9 lb., (1.2 kg) per controller.

INSTALLATION: Can DIN rails or (for UL listed systems) on a subpanel in a 1400 Series General Purpose Ring Cabinet.

TEMPERATURE RATINGS:

Operating: 32 to 122 F (0 to 50 C)

Shipping: -40 to 156 F (-40 to 70 C)

HUMIDITY RATING: 5 to 95% RH max noncondensing.

ELECTRICAL HAZARDS:

Battery: 2V Lithium Battery

MEMORY CAPACITY:

RAM: 650 Kbytes, battery-backed

OS EPROM: 512 Kbytes

Data File EPROM: 256 Kbytes

150 POINT CHARACTERISTICS

Analog or Digital Inputs—

Negative Temperature Coefficient (NTC): 1/4W1, -30 to 300 F

1 to 150 C; PT1000

0 to 15V signal

0 to 20 mA or 4 to 20 mA signal

Digital Inputs—

Digital inputs can process DC or AC voltage signals, dry contacts.

Logic Level: Logic 1 from 5V or higher.

With a hysteresis of 2.5V, digital signal must fall below 2.5V for Logic 0.

Typical Inputs—Pilot switch isolated connections, 24 Vac isolating transformer connections, 0-5V signal connections from transmitter outputs.

Totalizer or counter inputs are follows—

For Digital Inputs 1 and 2:

Max Frequency: 1.8 Hz

Min Pulse Duration: 20 ms

Min Pulse Break: 50 ms

Max Chatter Time: 5 ms

For Digital Inputs 3 to 12:

Max Frequency: 0.4 Hz

Min Pulse Duration: 1.25 s

Min Pulse Break: 1.25 s

Max Chatter Time: 50 ms

- Stand alone or networked operation for flexible use or expansion.
- SAFE generated application programs for comprehensive on-site strategies.
- Analog or digital inputs and outputs for flexible point use.
- Multiple operator interface options for local or easy on-site changes.
- Point trending for timely information.
- Alarm trending facility to locally display the problem and remote dialout to act on it.
- Battery-backed RAM data to keep controller programming in place during power outages.
- Bus-wide MIM provides local viewing/identification of point information of all controllers attached to the Communication Bus.

Ek 1. Direct Digital Control System (Devam - 6)

Direct Digital Control Systems

Each 100 continued

Universal Outputs (Analog or Digital)—

Analog Outputs: 0 to 10 Vdc, 20 mA max.

Digital Outputs (Relays)—

MCD 5: Two spot relays (K1, K2) with change-over contacts, one spot relay (K3) with n.o. contact; K1 and K2 rated max 240V, 15.2A and K3 rated max 240V, 3A.

MCE 9: Two relays (K1, K2) for latching control with n.o. contacts and one spot relay (K3) with a change-over contact; K1, K2, and K3 rated max 240V, 2A.

R7600: Four relays spot to switch digital outputs.

Optional Alarm: Pulse: If using an optional audible alarm transmitter for a controller's watchdog alarm time; a switch should be provided to turn off the audible alarm.

Available only through Honeywell Authorized Distributors.

Order Number	Description
MCT5	Relay module, one 3-position output, one spot output.
MCE9	Relay module, two spot outputs, one spot output.
R7600	Relay module, four spot relays to switch digital outputs.
XL100	XL100, 12 analog input controller with 12 analog outputs and 12 universal outputs.
XD905A	Communication submodule, 0600 BAUD.
XD500	Communication submodule, 1 MB.
XDA908	Modem submodule provides dial-to-dial line for single controllers.
14507083-003	Power supply cable harness and/or to connect power module to local controller.
14507222-001	Relay module, four relays, includes hand-off-auto switches and LEDs.
14507222-002	Relay module, five relays, includes LEDs.
14507287-001	Power module, 120 Vac input, 50VA controller transformer with convertible outlet and breaker.
14507287-002	Power module, 120 Vac input, 50VA controller transformer plus 100VA accessory transformer with convertible outlet and breaker.
14507287-003	Power module, 120 Vac input, 50VA controller transformer plus 100VA accessory transformer and 24 Vdc accessory transformer with convertible outlet and breaker.
14507287-004	Power module, 220-240 Vac input, 50VA controller transformer with convertible outlet and breaker.
14507287-005	Power module, 220-240 Vac input, 50VA controller transformer plus 100VA accessory transformer with convertible outlet and breaker.
14507287-006	Power module, 220-240 Vac input, 50VA controller transformer plus 100VA accessory transformer and 24 Vdc accessory transformer with convertible outlet and breaker.
14507287-007	Power module, 50 VA.

Ek 1. Direct Digital Control System (Devam - 7)

Direct Digital Control Systems

Excel 20 Controller



A compact, programmable controller that manages small building control applications. Provides a low-cost solution for managing small building control applications and HVAC equipment control applications. The optional XL20XD and XL20XDS06 C-Bus Modules allow communication with other Excel 20 Controllers as well as other devices, such as Excel 100/500/500 Controllers, and K1000A modem devices. The optional XL20XDM Module (ordered separately) provides communication to a modem for remote Excel 20 Controller installations.

- DIN rail or cabinet panel door mounting
- LCD display
 - Menu driven operation.
 - Simple key functions.
 - Password protection.
- Transitions to networked operation.
- GABE generated application programs.
- Fixed application on EPROM.
- Time program support.
- Alarm handling facility.
- Communication interfaces:
 - Excel 20XD and Excel 20XDS06 modules for C-Bus communication.
 - Extra 20XDM module for modem communication.
- Battery-backed RAM data.
- Application program data — Data File Utility EXCEL CARE
 - Plant Name = 14 characters.
 - Plant language descriptions (for plant name) = 10 characters.
 - Alarm and Status messages = 8 characters.
 - Time program and daily program names = 7 characters.
 - Scaled Readback Operating Data. Alarms with date and time, hours/minutes, service intervals.

DIMENSIONS, APPROXIMATE: 4 in. (102 mm) high, 7 1/4 in. (188 mm) wide, 1 3/4 in. (44 mm) deep
WEIGHT: 0.9 lb (0.4 kg)

MOUNTING: on DIN rails or for UL listed systems on a subpanel in a 14006036 General Purpose Ring Cabinet or EXCEL 50000 System Styled Cabinet.

APPROVALS:

Underwriters Laboratories Inc. Listed per UL Standard 508 (see page 96)

FCC: Complies with FCC Part 15, Subpart J for Class A equipment.

Canadian Standards Association.

CE**TEMPERATURE RATINGS:**

Operating: 32 to 113 F (0 to 45 C)

Shipping: -4 to 140 F (-20 to 60 C)

HUMIDITY RATINGS: 5 to 90% RH max. noncondensing.

ELECTRICAL RATINGS:

Power Supply: 24 Vac \pm 14%, 50/60 Hz (via a dedicated external transformer).

Power Consumption: 45 Va.

Battery: VART A-CR2032 3.6V 3V (or equivalent).

MEMORY CAPACITY:

RAM: 128 Kbytes, battery-backed.

OS EPROM: 64K bytes.

Data File EPROM: 32K.

I/O POINT CHARACTERISTICS:

7 Analog inputs: 0 to 10V, 0.1% 20 mA (using external resistor 500 Ω , NTC 20 k Ω).

3 Analog Outputs: 0 to 10V, maximum 1V, 1 mA.

2 Digital Inputs: 0 to 1 Hz, optoisolator 0.5 to 16 Hz.

4 Digital Outputs: Switches by Triac, 400 mA per channel maximum.

PS Protection: All inputs and outputs are protected against over-voltages of 24 Vac and 40 Vdc, and against static circuits.

USED WITH:

Excel Building Supervisor PC workstation (EBS).

Excel Building Supervisor Integrated PC workstation (EBS-g).

ACCESSORIES:

MOE Relay Module: Two SPDT (changeover contact) relays (K1, K2), one SPDT (no contact) relay (K3), K1, K2, and K3 rated max 24V, 2A.

Optional Alarm Relay: Audible signal transmitter for waterlog timer.

Approved EPROM (approved for purchase in field):

NEC—D27C0010-15 or D27C46010-15.

AMD—AM27C040-15DC or AM27C040-15DC.

Texas Instruments—27C040-15.L.

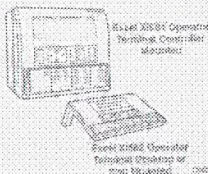
Available only through Honeywell Authorized Distributors.

Order Number	Description
XL20 Basic Controller	Controller only (not EPROM). Includes case with operating interface and integral display clock.
XL20XD C-Bus Module (6K baud)	For application of an XL20 on C-Bus. Includes interconnect cable.
XL20XDS06 C-Bus Module (75 K baud, 1 Mbit)	For application of an XL20 on C-Bus. Includes interconnect cable.
XL20XDM Communications Module	For remote communication via phone modem. Includes microcomputer cable.
XL20XC Panel Front Mounting Kit	For any XL20 module.

Direct Digital Control Systems

Excel XI581, XI582 Operator Terminals

The XI581 Operator Terminal functions as a controller mounted interface for Excel 500 and 800 Controllers. The XI582 Operator Terminal functions as a desktop or panel/mounted interface for Excel 100, 200, and 600 Controllers and for the Excel Link, Zone Manager and the XM100 modem device.



Each terminal provides a simple, menu-driven display with extensive functions to view and modify data, such as setpoint values, actual temperature values, control status, and switching mode.

- Menu drive operation for user ease.
- Simple key functions to reduce customer training.
- Password protection operation, for multiple level users.
- Alarm handling capability to display critical alarms for operator action.
- Backlit LCD display.
- Choice of 32 character display.

Available only through Honeywell Authorized Distributors.

Order Number	Description
XI581AH	XL600, 500 operator interface—controller mounted, with backlit display.
XI582AH	XL600, 500, 100 operator interface—desk, panel mount or hand-held, with backlit display.

DIMENSIONS: APPROXIMATE 5.52 in. (141 mm) high, 7.88 in. (199 mm) wide, 1.24 in. (31 mm) deep—XI582

TEMPERATURE RATINGS:

Operating: 32 to 158 F (0 to 50 C)
Shipping: -40 to 166 F (-40 to 70 C)

HUMIDITY RATINGS: 5 to 95% RH, noncondensing.

POWER SUPPLY:

5 Vdc ± 10% - 10% (as specified by controller).

ACCESSORIES:

Cables with remote connector interface plug for XI582.

XI581: 16 ft (5 m)

XI582: 49 ft (15 m)

MOUNTING:

XI581—Controller Mounted:

Directly on the front cover of the Excel 500 and 800 Controller unit housing.

XI582—Desktop or Panel/Wall Mounted: Up to 49 ft. (15 m) away.

Distances up to 328 ft. (100 m) between the Operator Terminal and the controller can be achieved by using RS232C line drivers.

Both operator terminals connect to Excel 100, 200, and 500 Controllers and the Excel Link via an RS232C interface connection.

Excel XI584 Portable Operator Terminal

The XI584 Portable Operator Terminal ("X584") software package allows you to use your own compact personal computer—operating in Microsoft Windows™, as an interface to Excel 100, 500, and 800 Controllers and the XM100 modem device.



- Portable tool allows for changes or on-site additions to control system.
- Customized control variables for exact customer requirements.
- Modifiable text and descriptions for customer needs.
- System security to prevent unauthorized use.
- Windows based for familiar use.

POWER SUPPLY:

120 Vac (± 10%, ± 5%), 50/60 Hz.

PC REQUIREMENTS:

Micro: optional

Intel 286MHz 486/6 SX-based (or higher).

MEMORY:

2MB RAM (4MB RAM recommended).

Disk Drives:

One 3.5 in., 1.44 MB 5 1/4" drive.

One 40MB hard disk minimum.

Display:

VGA or EGA.

Keyboard/Mouse:

Full-size keyboard with 10 full-stroke keys and 10 function keys required. Microsoft or compatible serial mouse.

COM Ports:

Two serial RS232C terminals.

Software:

Microsoft DOS/IBM PC DOS Version 3.0 or higher.

Microsoft Windows 3.0 or higher.

XI584 Portable Operator Terminal software Set 01.

Printers:

Epson

IBM

HP

LCR/SD

Pro Printer

Laser 2

It performs the same basic operating functions of an Excel XI581/XI582 Operator Terminal ("XI581/XI582"), but also allows you to perform all copyediting and file functions. These functions include changing setpoint values, modifying alarm programs, and installing programs developed in the Excel GARD application programming tool. The Excel XI584 software guides you carefully through the set programs and reactions. You can change setpoints or switching points via menu-driven selections. The system guides alternatives to help you avoid incorrect operation. Also, the XI584 allows you to modify the program which manages the system's control functions for the week and year. Its "Today" function allows you to make immediate modifications to accommodate unforeseen events. In addition, a variable alarm program allows up to 2000 alarm conditions to be formed, stored, and printed. Equipment can be monitored by alarm implementation schedules, preventing possible damage.

For a software library, the end user must execute a software license agreement.

continued next page

Ek 1. Direct Digital Control System (Devami - 9)

Direct Digital Control Systems

Excel X884 continued

ACCESSORIES:

Cable with remote operator interface plug for X884:

XW567, 8.2 ft (2.5 m). Distances of up to 300 ft (100 m) can be achieved by using line drivers.

Available only through Honeywell Authorized Distributors.

Order Number	Description
5635	Excel 8000 X884 portable operator terminal software (may require 14507362-001 and 1481000-001)
X884	XI 800, 500, 100 operator interface (software box)

Excel CARE

Excel CARE is a new state-of-the-art PC-based software package that provides an engineering tool for control design. This package offers features to speed and simplify the entire process of control design and programming. Excel CARE's graphics allow for quick creation of application programs that run in the Excel 5000[®] family of controllers.



- Graphic representation of the control application allows the engineer to see the equipment to be controlled. The user, whether an engineer, HVAC mechanic, or safety manager, can use this information to better understand the application.
- Standard operators develop control strategy by point and click technique to quickly develop control strategies to meet the needs of the customer without requiring extensive computer programming.
- Switching tables integrate control of related equipment to quickly develop logic or truth tables to accurately control outputs and interlock related functions.

- Enhanced CARE printout summarizes the control system, including data, wiring terminations, and programming. The control and consulting engineer get better and more accurate summaries and better assurance of starting and completing the job on time.
- Optional Excel Live CARE—A graphic interface that allows users to check Live CARE programs for correct control operation. The user can either check operation via a physical connection to an EXCEL 8000 Controller or by using simulation software to mimic controller operation.
- Optional Control Application Library—A set of application programs that include proven sequences of operation and control for frequently encountered applications. These programs provide speedy programming and smoother startups along with documentation for summaries.

Excel CARE is a software program and the hardware details are covered in these PC requirements necessary to run the software. To run Excel CARE, the PC must be a 486-based PC with a minimum of 8 MB of RAM and a 40 MB hard drive (minimum). A VGA monitor and mouse are also required, as is a certified protection plan installed on the parallel printer port.

Excel CARE is not currently compatible with Local Area Network (LAN) cards or software and must be run in a PC that is not on a network.

Available only through Honeywell Authorized Distributors.

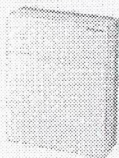
Order Number	Description
G1017	Excel 6000 CARE graphic based engineering tool to create data files and control programs
S1018	Excel 8000 Live CARE is a graphic tool to prove program operation. (4530302-Rev. No.). May need to order 1450762-001 and 14530306-001.

Ek 1. Direct Digital Control System (Devam - 10)

Direct Digital Control Systems

Q7750 Excel 10 Zone Manager

The Q7750A Excel 10-Zone Manager is a programmable master controller for an Excel 10 Subsystem. It provides energy management functions and communication interfaces between EXCEL 5000[®] products and the Excel 10 E-Bus Subsystem. The Q7750A provides C-Bus (9600 baud and 1M baud) and E-Bus (75k baud) communication interfaces. It also maps user selectable Excel 10 Subsystem data points into C-Bus points with a full set of point attributes, including user addresses.



The Q7750A is delivered with operating system software on EPROMs. The Zone Manager contains all time programs, user addresses and Excel 10 Subsystem mapping information. Mapping selects Excel 10 Subsystem data to Q7750A data points accessible from the C-Bus. The mapping process is generated on a PC using CARE software and downloaded to the Q7750 via its B-Port. CARE also configures the Zone Manager with all control strategies and time programs.

- Interfaces EXCEL 5000[®] C-Bus System to Excel 10 E-Bus Subsystem.
- Provides B-Port connection via a PC for the XIS61 Operator interface (via X754A, CARE and Live CARE).
- Local access of subsystem data via CARE programmed user defined point names.
- Energy management strategies.
- CARE programmable.
- Control interaction strategies CARE programmable.
- Time programs CARE programmable.
- Alarm reporting for Excel 10 Subsystem.
- Application alarm reporting.
- Full interaction with other controllers on C-Bus using global data.

APPROVALS:

Underwriters Laboratories Inc. Listed under UL 916 file number 34804 Q3VAX, P4ZY7

Canadian Standards Association, listing pending.

PCO - Meets PCO part 18 Class A requirements.

Protection Class: IP30.

Electromagnetic: EN 50084-1, EN 50082-1.

CE Mark.

DIMENSIONS, APPROXIMATE: 9 1/4" x 3 1/8" (240 mm) x 7 1/4" (192 mm) x 2 1/2" (65 mm).

POWER SUPPLY: 24 Vac with a valid range of 20.4 to 26.4 Vac at 50/60 Hz.

POWER CONSUMPTION: 4 VA maximum at both 50 and 60 Hz.

BACK-UP: Battery—32 cells for RAM and the Real-Time Clock.

Battery Type: CR16 AA, VARTA number 5127 or equivalent.

MICROPROCESSOR: Based on INTEL 80C198K, Microcontroller.

Also uses Echeton[®] 3150 Navigator, Chip.

MEMORY CAPACITY: 768K bytes of EPROM, 1K bytes of EEPROM, and 256K bytes of static RAM.

COMMUNICATIONS:

Communications Type: E-Bus communications utilizing

LonWorks[™] communication technology.

Maximum E-Bus Network Length: 5000 ft (1524m). With the addi-

tion of a Q7751A Router, the maximum length of the E-Bus

network can be increased to 10,000 ft (3048m).

Maximum Number of nodes per E-Bus Segment: 60. With the

addition of a Q7751A Router, the maximum number of nodes

can be increased to 120.

Recommended Wire Size for the E-Bus: UL Level IV 22 AWG

(0.325 mm²) or plenum rated UL Level IV 22 AWG (0.325 mm²)

unshielded, twisted pair, solid conductor wire. Honeywell

E-Bus Cable is available.

Mounting: Ring cabinet or attached to the in. (25 mm) by 1/2 in.

(7.5 mm) E760 (22 DIN) rail.

WEIGHT: 2.8 lb (1.3 kg.)

FINISH: ABS plastic.

TEMPERATURE RATINGS:

Ambient: 32 to 122 F (0 to 50 C).

Storage: -22 to 140 F (-34 to 60 C).

HUMIDITY RATINGS: 5% to 95% noncondensing.

ACCESSORIES:

XIS61A1: Operator terminal with menu-controlled data entry.

XW565: 16 ft. 6 in. (5m) cable for B-Port to XIS61 connection.

XW566: 48 ft. 6 in. (15m) cable for B-Port to XIS62 connection.

XW567: 6 ft. 3 in. (2.5m) cable for PC to B-Port connection.

XD505A: 9600 baud C-Bus interface card.

XD506: 1M baud C-Bus interface card.

Available only through Honeywell Authorized Distributors.

Order Number	Description
Q7750A165	Excel 10 Zone Manager with twisted pair, transceiver used with Q7751A C & G controllers only.
Q7750A2003	Excel 10 Zone Manager with Free Topology Transceiver (FTT).

Ek 2 Ölçüm noktaları



ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi	14.01.1976	
Doğum yeri	Niğde	
Lise	1987 - 1994	Bornova Anadolu Lisesi
Lisans	1994 - 1999	Yıldız Teknik Üniversitesi Mühendislik Fak. Makine Mühendisliği Bölümü
Yüksek Lisans	1999 - 2002	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bil. Enstitüsü Makine Müh. Anabilim Dalı, Isı Proses Programı

Çalıştığı kurumlar

1999 – 2000	TEKSAN ÖLÇÜ ALETLERİ A.Ş
2000 – 2001	GENEL MÜHENDİSLİK LTD. ŞTİ
2001 – Devam Ediyor	EMAGOLD KUYUMCULUK LTD.ŞTİ.