

ISI GERİ KAZANIM ve SUDAN SUYA ISI POMPASI UYGULAMASI

Veli DOĞAN

ÖZET

Bu çalışmada ısı geri kazanım sistemleri ve sudan suya ısı pompası sistemi ile ilgili bilgiler verilecektir. Ayrıca bu sistemlerle ilgili uygulamalardan örnekler verilecektir.

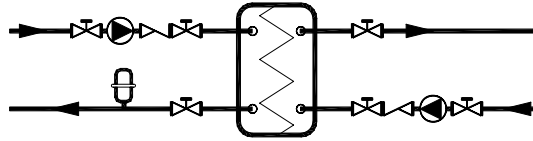
GİRİŞ

II. Uluslararası Yapı Teknolojisi Bilimi ve Yapıda Tesisat Sempozyumu'nda sudan suya ısı pompası uygulaması ile ilgili bir bildiri sunmuştuk. Bu bildiri Antalya'da uygulamış olduğumuz iki otelden birisine ait idi. Enerjinin çok pahalı ve tasarrufun önemli olması nedeni ile bu konudaki çalışmalara örnek olması açısından tekrar gündeme getiriyoruz. Bu bildiride ısı geri kazanım sistemleri hakkında genel bilgiler verip, ısı geri kazanım ve sudan suya ısı pompası sistemleri ile ilgili diğer oteldeki uygulamayı ve kazançları özetleyeceğiz.

1. ISI GERİ KAZANIM

1.1. Sudan suya ısı geri kazanım sistemi

En eski ve yıllardır kullanılan metottur. Genellikle atık sıcak kaynaktan soğuk kaynağa ısı aktarılır ve çeşitli ısı değiştirgeçleri kullanılır. Son yıllarda borulu (serpantinli) ve gömlekli ısı değiştirgeçlerinin yerini daha verimli olan "plaka tipi ısı eşanjörleri" almıştır. Sudan suya ısı geri kazanım ile ilgili daha detaylı açıklama ve uygulama örneği ilerideki konularda bahsedilecektir.



1-2. Havadan havaya ısı geri kazanım sistemi

Enerji maliyetlerinin artması ile birlikte havadan havaya ısı geri kazanımının önemi artmıştır. Özellikle egzost edilen havadan ısının geri kazanılması ile büyük enerji tasarrufları elde edilmektedir.

Örneğin Ankara'da 500 kişilik bir toplantı salonunda kişi başına ASHRAE standartlarına göre 10 Lt./sn. (36 m³/h) taze hava verilmesi gerektiğini düşünelim. Saatte egzost edilecek ve verilecek taze hava miktarı 18000 m³/h, Ankara'da dış ortam sıcaklığının -12 °C olduğu ve toplantı salonunun 20°C'e ısıtıldığı düşünülürse;

Saatte dışarı atılan enerji :

$$Q = m \times c \times \Delta t$$

$$Q = (18000 \text{ m}^3/\text{h} \times 1.2 \text{ kg/ m}^3) \times 0.24 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C} \times (20 - (-12) \text{ }^\circ\text{C}) = 165888 \text{ kcal/h}$$

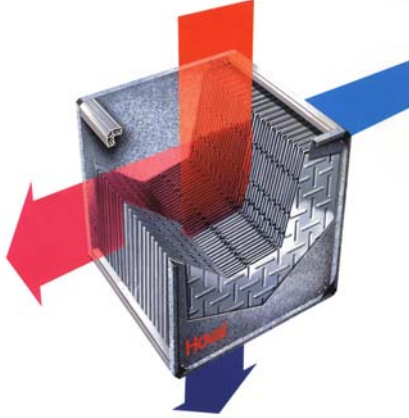
Bu enerjinin havadan havaya plaka tipi ısı eşanjörü ile %80'ini geri kazanmak mümkün olacaktır;

$$Q_{\text{kazanç}} = 165888 \text{ kcal/h} \times 0.80 = 132710 \text{ kcal/h}$$

1.2.1. Havdan havaya ısı geri kazanım metotları

1.2.1.1.Çapraz akışlı ısı eşanjörleri (Cross Flow Heat Exchanger)

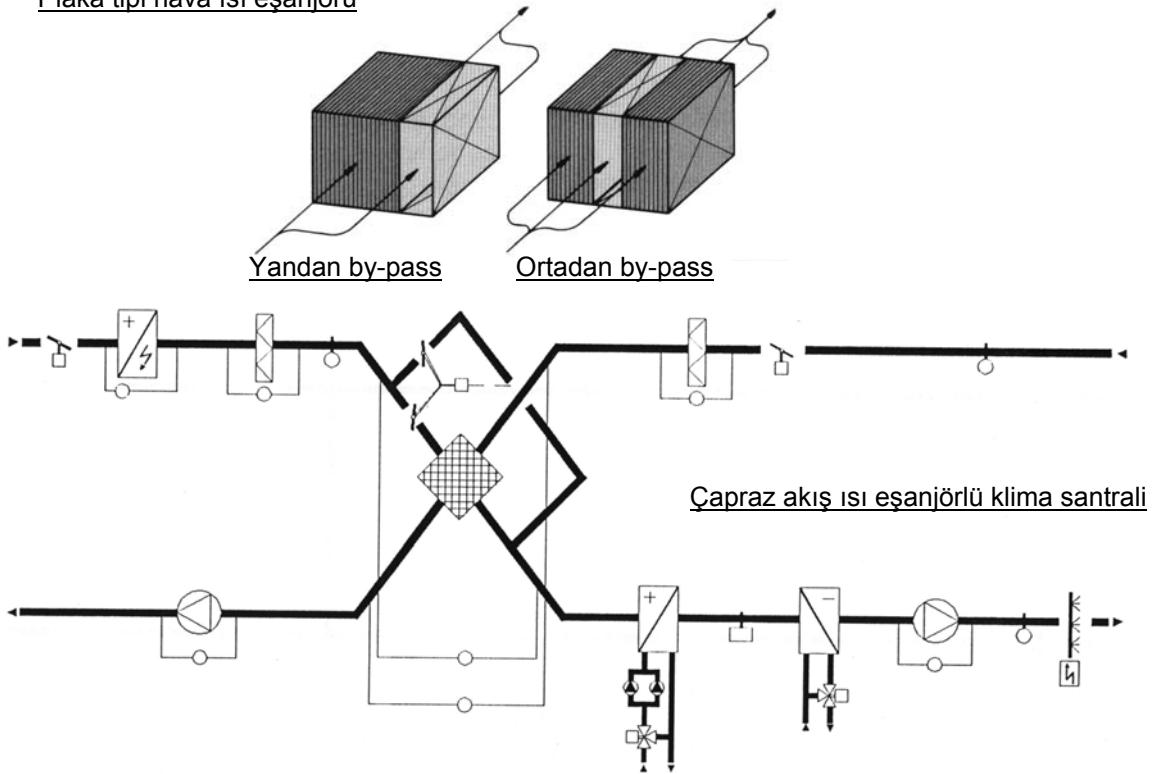
- 500 m³/h - 100000 m³/h
- Verim max. %80
- Nem transferi yok
- Hareket eden parça yok
- Korozyona karşı dayanıklı alüminyum plaka yüzeyler
- İç by-pass olasılığı



Plaka tipi hava ısı eşanjörü



By-pass geçişli eşanjör

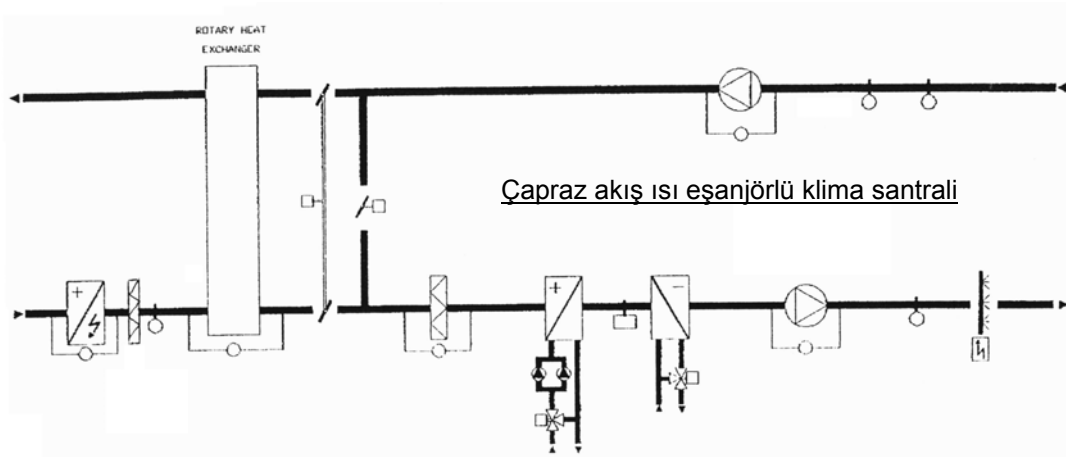
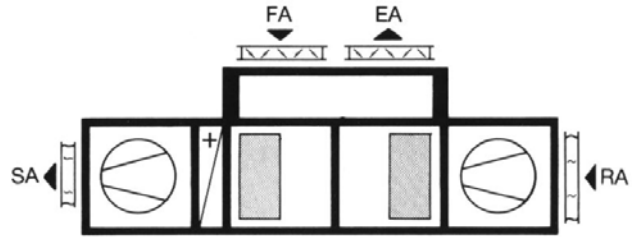
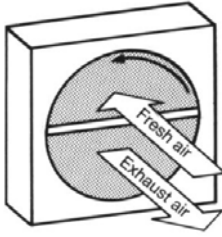
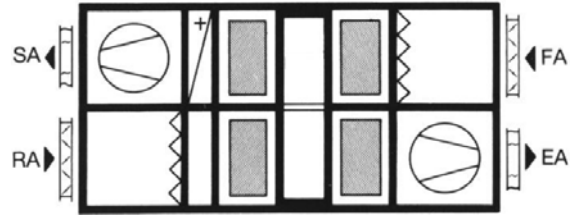
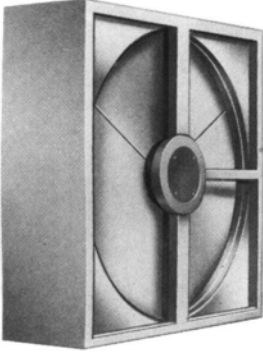


Çalışma Prensibi

Egzost ve taze hava, eşanjör içerisinde çapraz olarak geçmektedir. Her iki hava akımı alüminyum plakalar ile ayrılmıştır. Geçen hava akımlarının sıcaklık farkından dolayı sıcak taraftan soğuk tarafa ısı geçişi olmaktadır.

1.2.1.2. Isı tekerleği ısı eşanjörleri (Heat wheel heat exchanger)

- 2000 m³/h - 100000 m³/h
- Verim max. %80
- Devire bağlı kolay kapasite kontrolü
- Nem transferi var
- Hareket eden parça yok
- Donmaya karşı önlem, defrost kolaylığı
- Kolay bakım

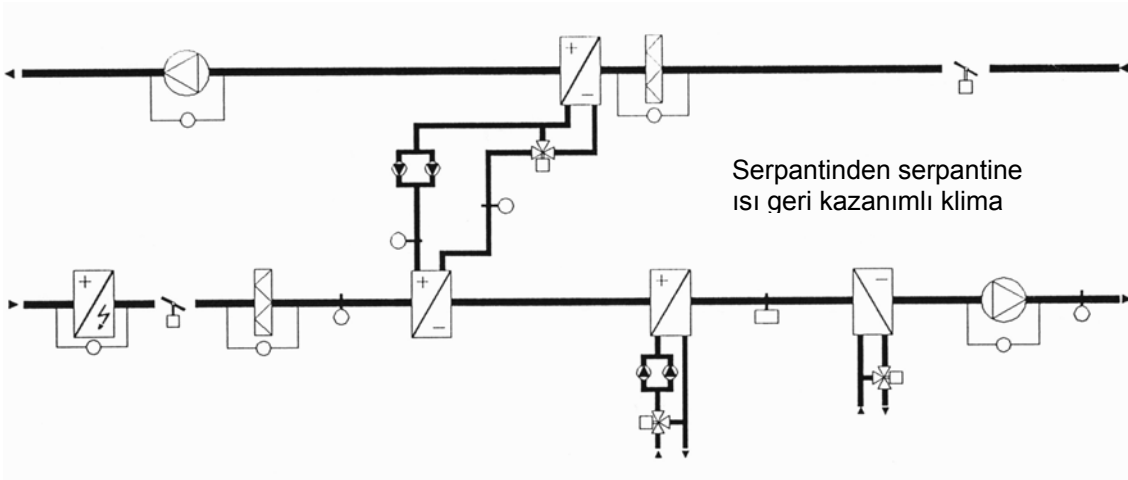
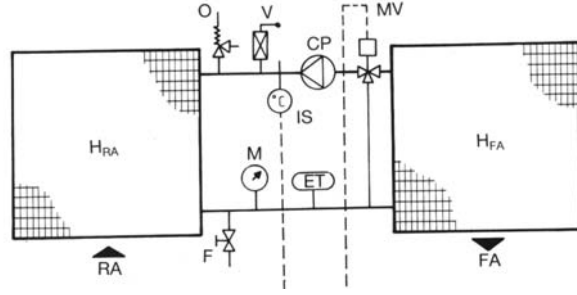
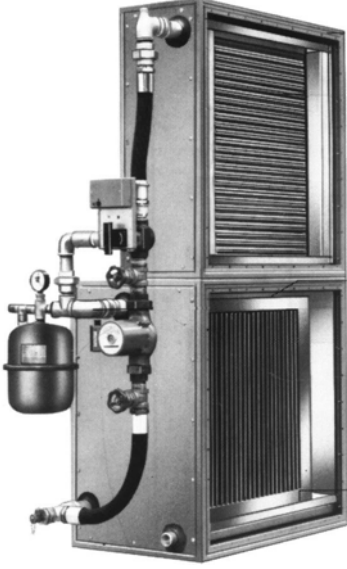


Çalışma Prensibi

Egzost havası tekerleğin bir yarısından, taze hava tekerleğin diğer yarısından geçmektedir. Bu arada tekerlek belirli bir hızla dönmektedir. Egzost havasından aldığı ısıyı taze hava bölümünde soğuk olan taze havaya aktarmakta ve soğuyarak tekrar egzost bölümüne geçmektedir. Böylece tekerlek sıcak egzost havasındaki ısıyı taze havaya taşımaktadır.

1.2.1.3. Serpantinden serpantine ısı geri kazanımı (Run-around coil sistem)

- 2500 m³/h - 100000 m³/h
- Verim max. %70
- Egzost ve taze hava akım yönleri paralel olmak zorunda değildir
- Nem transferi yok
- Koku geçme riski yok
- Kolay montaj

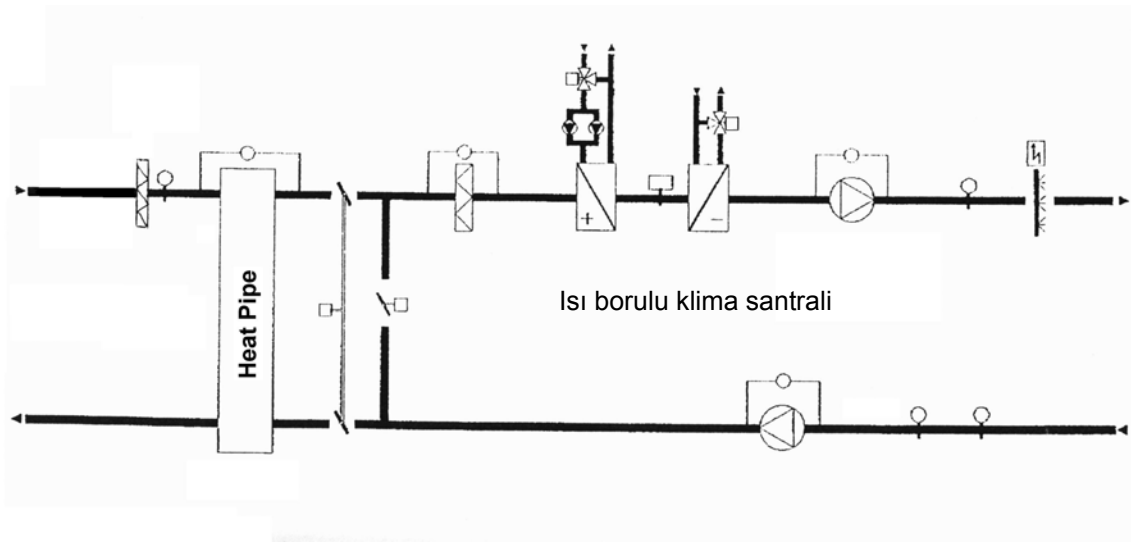
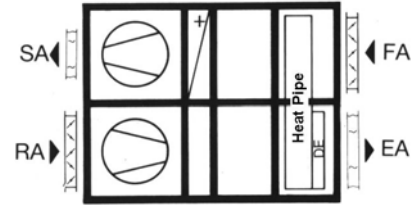
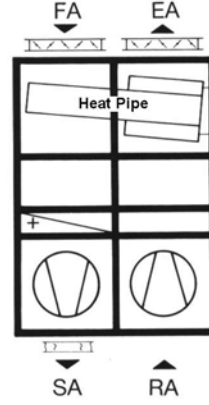
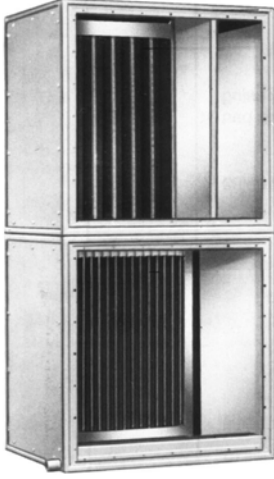


Çalışma Prensibi

Egzost fanında bir adet ve klima santrali taze hava girişinde de bir adet olmak üzere iki adet ısı geri kazanım serpantini kullanılmaktadır. Her iki serpantin arasında boru bağlantısı, sirkülasyon pompası ve kapalı genişleme tankından oluşan tesisat bulunmaktadır. Egzost serpantininden geçen sıcak hava serpantin boruları içindeki akışkanı ısıtmakta ve sirkülasyon pompası da bu akışkanı taze hava serpantinine taşıyarak ısıyı taze havaya aktarmaktadır. Isıyı taşıyan akışkanın donmasını önlemek için antifriz kullanılmaktadır.

1.2.1.4. Isı borusu ile ısı geri kazanımı (Heat pipe system)

- 500 m³/h - 50000 m³/h
- Verim max. %66
- Hareket eden parça yok
- Nem transferi yok
- Yatay veya düşey montaj



Çalışma Prensibi

Isı borusunun içinde soğutucu akışkan bulunmakta ve belirli bir eğimde bir yarısının yüzeyinden egzost havası diğer yarısının yüzeyinden taze hava geçmektedir. Boru içinde, egzost havası bölümünde ısı havadan akışkana geçerek buharlaşmasına neden olmaktadır. Buharlaşan akışkan boru içinde yukarıya doğru çıkar ve taze hava bölüme geçer. Böylece, buharlaşan akışkandan, kendisinden daha soğuk olan taze havaya ısı transferi olur. Isısını kaybeden akışkan yoğuşarak borunun alt tarafına egzost havası bölümüne doğru akar ve tekrar buharlaşır, çevrim bu şekilde devam eder.

1.2.2. Havadan havaya ısı geri kazanım uygulaması

Kazakistan'ın Alma-Ata şehrinde bulunan *The Regent Ankara Hotel* 'de 20 adet klima santrali bulunmaktadır. Bu klima santrallerinin 3'ünde ısı tekerleği, 5'inde plaka tip ısı eşanjörü ve 3'ünde ısı geri kazanım serpantini olmak üzere toplam 11 adedinde ısı geri kazanım sistemi kullanılmıştır. AC-5,6,7'de ısı tekerleği, AC-11,13,14,15,18'de çapraz akışlı ısı eşanjörü, AC-16,17,19'da ise serpantinden serpantine ısı geri kazanım sistemleri bulunmaktadır.

Aşağıdaki tabloda bu klima santrallerindeki ısı geri kazanım sistemleri ile elde edilen enerji tasarrufu gösterilmiştir:

Klima Sant.	Taze Hava Debisi m ³ /h	Taze Hava Sıcaklığı	Egzost Havası Debisi m ³ /h	İç Ortam Sıcaklığı	Sistem Verimi	Enerji Tasarrufu kcal/h
AC-5 Balo Sal.	11340	-25 °C	9720	21 °C	% 76	114969
AC-6 Bal.Sal.F.	10080	-25 °C	9324	21 °C	% 74	99506
AC-7 Cafe	7200	-25 °C	4608	21 °C	%72	69155
AC-11 Ofisler	9360	-25 °C	9155	21 °C	% 70.5	88218
AC-13 A-1 Blok	12636	-25 °C	12636	21 °C	% 70.0	117995
AC-14 A-2 Blok	14634	-25 °C	14634	21 °C	% 70.5	137925
AC-15 A-3 Blok	11808	-25 °C	11808	21 °C	% 70.0	110263
AC-18 K. Havuz	9900	-25 °C	10883	26 °C	% 68.1	90724
AC-16 Mutfak	25200	-25 °C	25200	20 °C	% 37	121313
AC-17 Çamaşrh.	18000	-25 °C	18000	17 °C	% 42	91872
AC-19 Serv.Mut.	13500	-25 °C	13500	20 °C	% 38	66947
TOPLAM : Q_{H/R}=						1.108.887

Otel'in toplam ısıtma yükü:

$$Q_T = 4.350.000 \text{ kcal/h}$$

Klima santrallerindeki ısı geri kazanım sistemlerinden elde edilen enerji tasarrufu:

$$Q_{H/R} / Q_T = 1.108.887 / 4.350.000 = 0.2549$$

Sonuç olarak,

Otelin toplam ısıtma yükünün dörtte biri ısı geri kazanım sistemleri ile geri kazanılmaktadır.

Bu enerji tasarrufunun fuel-oil karşılığı :

$$1108887 \text{ (kcal/h)} / 9700 \text{ (kcal/kg)} / 0.80 \text{ (kazan verimi)} = 143 \text{ (kg/h)}$$

2. SUDAN SUYA ISI GERİ KAZANIM ve SUDAN SUYA ISI POMPASI UYGULAMA ÖRNEKLERİ

2.1. AMAÇ

- 1- Otellerdeki klasik soğutma sistemindeki soğutma devresi yerine plate tip ısı eşanjörü ve deniz suyu kullanılarak kondenser devresi sıcaklığını düşürmek ve enerji tasarrufu sağlamak.
- 2- Yaz döneminde binadan çekilen enerjinin geri kazanılarak sıcak kullanım suyu hazırlanması.
- 3- Otelin, deniz suyu kullanılarak sudan-suya ısı pompası yardımıyla ısıtılması ve sıcak kullanım suyunun hazırlanması.

2.2. YER

ANTALYA / Çamyuva - Kemer Beach Hotel - 420 yatak

ANTALYA / Lara - Prince Hotel - 228 yatak

Her iki otelde de ısı geri kazanım sistemi kurulmuş olup Prince Hotel 1990, Kemer Beach Hotel 1991 yılından beri sorunsuz olarak çalışmaktadır.

Bu yazıda Prince Hotel örnek alınmıştır.

2.3. TASARIM

Bahsi geçen otelde iki kondenserli 1 adet su soğutmalı soğutma grubu düşünülmüştür. Şekil-1'de görüleceği gibi soğutma grubunun kondenser devresi soğutma kulesi yerine plaka tipi (bir yüzeyi titanyum kaplı) ısı eşanjörüne bağlanmıştır.

Evaporatör devresine kış aylarında ısı pompası devresinde kullanılmak üzere ayrı bir plaka tipi ısı eşanjörü konulmuştur. Evaporatör ve kondenser devrelerinde birer adet üç yollu motorlu vana konulmuştur.

Deniz suyu birisi yedek olmak üzere iki adet bronz fanlı pompa ile pompalanmaktadır.

Isı geri kazanım kondenseri bir eşanjör vasıtası ile sıcak su depolama tanklarına ısı aktarmaktadır. Bu devre üzerinde birisi yedek olmak üzere iki adet sirkülasyon pompası bulunmaktadır.

Sistemde yaz ve kış çalışma devrelerini ayıran vanalar ve gerekli kapalı genişleme tankları mevcuttur.

2.3.1. Soğutma grubunun özellikleri

Soğuk su üretimi	: 6 °C
Antalya şartları (kule devresi)	: 34/39 °C
Deniz suyunun kullanımı	
durumunda kondenser devresi şartı	: 28/33 °C
Isı geri kazanım devresi şartları	: 45/50 °C

Kondenser su rejimi giriş/çıkış °C	Soğutma grubunun çektiği elektrik gücü (kW _e)	Soğutma grubunun soğutma kapasitesi (kW _s)
28/33	135.02	654.6
34/39	155.42	633.2
40/45	179.1	603.6
45/50	200.7	571.0

2.3.2. Pompalar

No	Adı	Çektiği elektrik gücü
1-	Deniz suyu pompası	20 (kW)
2-	Evaporatör devresi pompası	13 (kW)
3-	Isı geri kazanım pompası	15 (kW)
4-	Sıcak su depolama pompası	11 (kW)
5-	Kondenser devresi pompası	15 (kW)

2.4. YAZ ÇALIŞMASI :

Evaporatör pompası [2] normal çalışmasına devam etmektedir. Kış vanaları [K] kapalıdır. Kondenser devresi pompası [5] normal çalışmasına devam etmektedir. Sıcak su depolama tankında su sıcaklığı istenilen değer altına düştüğünde ısı geri kazanım pompası [3] ve sıcak su depolama pompası [4] devreye girmektedir. Bu pompalar devreye girdiğinde kondenser devresindeki üç yollu vana [V1] oransal olarak kapanmakta ve ısı geri kazanım kondenserinden çıkan suyun sıcaklığı 50 °C'ye kadar yükselmektedir. Sıcak su depolama tanklarında (45°C sıcak su depolanmaktadır.) ısı ihtiyacı azalmaya başladığında kondenser devresindeki üç yollu vana [V1] oransal olarak açılmaktadır.

2.4.1. ENERJİ KAZANIMI – 1 (AMAÇ-1)

Normal kule kullanılmış olsaydı 34/39 °C kondens şartlarında
 $155.42 \text{ (kW elektrik gücü)} / 633.2 \text{ (kW soğutma kapasitesi)} = 0.245451674 \text{ (kW}_e / \text{kW}_s)$

Deniz suyu 28/33 °C kondens şartlarında
 $135.02 \text{ (kW elektrik gücü)} / 654.6 \text{ (kW soğutma kapasitesi)} = 0.206263366 \text{ (kW}_e / \text{kW}_s)$

Fark = 0.039188308 (kW_e / kW_s)

Deniz suyu sisteminin kullanılmasıyla, klasik kule sistemine nazaran % 16 'lık bir enerji tasarrufu sağlanmıştır.

Bu otelede günde 7780 (kW_s·h/gün)'lık soğutma yapıldığı dikkate alınırsa
 (Yazın 5 ay ortalaması)

Günlük ortalama elektrik tasarrufu =
 $= 0.039188308 \text{ (kW}_e / \text{kW}_s) \times 7780 \text{ (kW}_s \cdot \text{h/gün)} = 304.89 \text{ (kW}_e \cdot \text{h/gün)}$

5 aylık elektrik tasarrufu =
 $= 304.89 \text{ (kW}_e \cdot \text{h/gün)} \times 30 \text{ (gün/ay)} \times 5 \text{ (ay)} = 45733.5 \text{ (kW}_e \cdot \text{h /5ay)}$

2.4.2. ENERJİ KAZANIMI - 2 (AMAÇ-2)

Sıcak kullanım suyunu hazırlamaya aktarılan enerji:
 45/50 °C kondens rejiminde kule devresine aktarılan yaklaşık 663662 kcal/h 'lik enerji ısı geri kazanım ünitesi ile sıcak su depolama tanklarına gönderilmektedir.

Bu ısının karşılığı olan fuel-oil =
 $= 663662 \text{ (kcal/h)} / 9700 \text{ (kcal/kg)} / 0.80 \text{ (verim)} = 85.52 \text{ kg/h}$

Bu esnada cihaz yüksek kondensasyonda çalıştığından normal kule sistemine göre
 $200.7 - 155.42 = 45.28 \text{ (kW)}$ fazla enerji tüketecektir.

Ayrıca $633.2 - 571 = 62.2 \text{ (kW)}$ 'lık soğutma yükü kaybına karşılık 17 (kW) 'lık elektrik enerjisi kaybına yol açmıştır.

Isı geri kazanım pompası [3] 15 (kW) ve sıcak su depolama pompası 11 (kW) fazladan enerji çekmiştir.

Kule fanlarının çekmiş olduğu enerji bir nevi, deniz suyu pompalarını [1] karşılamaktadır. Bu durumda (663662 kcal/h / 35 °C) = 18962 litre 45°C'de kullanım sıcak suyu hazırlamak için 88.28 (kW)'lık bir elektrik harcanmıştır.

Isı geri kazanım için harcanan para = 88.28 (kW) x 0.07 (\$/kWh) = 6.18 (\$/h)
Fuel-oil için harcanan para = 85.52 (kg/h) x 0.29 (\$/kg) = 24.80 (\$/h)

Isı geri kazanım sisteminin kullanılmasıyla, fuel-oil sistemine nazaran % 75 'lik bir enerji tasarrufu sağlanmıştır.

2.5. KIŞ ÇALIŞMASI

Soğutma grubu 45/50 kondensasyon şartlarında çalıştırılacak ve ısı geri kazanım kondenserinden hem binayı ısıtmak için hem de sıcak kullanım suyu hazırlamak için ısı pompalanacaktır. Evaporatör pompası [2] normal çalışmasına devam etmektedir. Kış vanaları [K] açık, yaz vanaları [Y] kapalıdır. Soğutma grubu 6°C soğuk su üretmekte ve bu suyu deniz suyu eşanjörüne göndermektedir. Bu eşanjörde suyun sıcaklığı 10 °C'ye kadar yükselmekte ve evaporatöre geri dönmektedir. Deniz suyu ise eşanjöre deniz suyu pompası [1] ile 15 °C'de gönderilmekte ve eşanjörü 11°C'de terk etmektedir. Soğutma grubu kondenser devresi tamamen kapalıdır. Isı geri kazanım pompaları [3] devrede olup ısı geri kazanım kondenserinden alınan ısı doğrudan ısıtma gidiş kollektörüne aktarılmaktadır. 45 °C'e sıcak su fan-coil ve klima santrallerinde dolaştırılmaktadır. Fan-coiller 6/10 °C soğutma rejimine göre seçildiği için 40/45 °C ısıtma rejimi için de yeterlidir. Klima santrallerinin ısıtma serpantinleri 40/45 °C ısıtma rejimine göre dizayn edilmiştir.

2.5.1. ENERJİ KAZANIMI - 3 (AMAÇ-3)

Kış çalışması durumunda harcanan enerji

No	Adı	Çektiği elektrik gücü
1	Deniz suyu pompası	20 (kW)
2	Evaporatör devresi pompası	13 (kW)
5	Kondenser devresi pompası	Kışın çalışmıyor.
	Soğutma grubu (45/50 °C kondenser şartı için)	179.1 (kW)
	Toplam Harcanan elektrik gücü =	233.7 (kW_e)

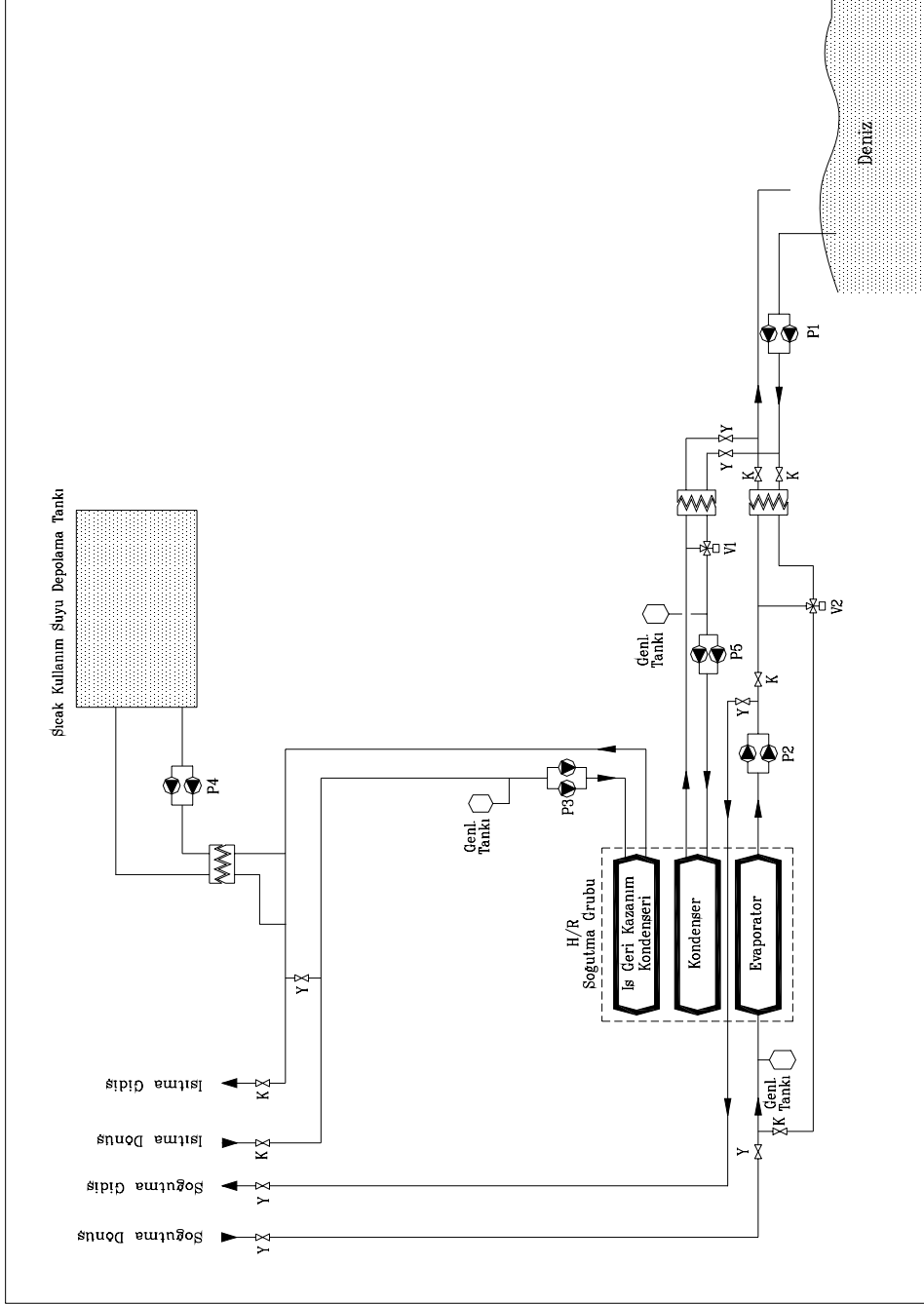
Isı geri kazanım pompası ve sıcak su depolama pompaları klasik sistemdeki kazan pompaları ile yaklaşık aynı kapasitede olduklarından yukarıdaki hesaba dahil edilmemiştir.

Elektrik için harcanan para : 233.7 (kW_e) x 0.07 (\$/kW_e·h) = 16.36 (\$/h)

Eğer ısıtma için fuel-oil kullanılsaydı,
Isıtma sistemine aktarılan enerji : 663662 (kcal/h)

Fuel-oil için harcanan para :
663662 (kcal/h) / 9700 (kcal/kg) / 0.80 (verim) x 0.29 (\$/kg) = 24.80 (\$/h)

Isı pompası sisteminin kullanılmasıyla, fuel-oil sistemine nazaran % 34 'lük bir enerji tasarrufu sağlanmıştır.



Şekil-1

SONUÇ

Enerji fiyatlarının artması ile birlikte tüm dünyada enerji tasarrufuna dönük çalışmalar hızlanmıştır. Bu bildiride görüleceği gibi havadan havaya muhtelif ısı geri kazanım sistemleri kullanılan Kazakistan'daki otelde %25 net enerji tasarrufu sağlanmıştır. Yine Antalya'daki diğer bir otelde uygulanan sudan suya ısı geri kazanım ve sudan suya ısı pompası uygulaması ile yazın soğutma için harcanan enerjide %16, yine yazın sıcak su hazırlamak için gerekli enerjide de %75 tasarruf sağlanmıştır. Yine kışın ısı pompası uygulaması ile tüm ısıtma işleminde %34 enerji tasarrufu sağlanmış, ayrıca bu sistemde sıvı veya gaz yakıt tüketilmediği için atmosfer kirlenmemiştir. Benzeri sistemlerin uygulamaya aktarılması temennimizdir.

KAYNAKLAR

- [1] "Hoval Aluminium Plate Heat Exchangers for Heat Recovery in Ventilation Systems", Hovalwerk AG, 1997
- [2] "Heat Recovery Systems", Wolf Klimatechnik GmbH, 1993
- [3] "Fundamentals ", ASHRAE Handbook, 1993
- [4] "Air Conditioning, Refrigeration & Heating Products Catalogue", Dunham-Bush, 1993
- [5] "Water Source Heat Pump Engineering Manual", Carrier Corp., 1991
- [6] "Water-Loop Heat Pump Systems", Electric Power Research Institute, 1994
- [7] "Hotel Ankara Almaty-Kazakhstan Mechanical Works Project Report", Vemeks Mühendislik Ltd. Şti., 1995
- [8] "Prince Hotel Antalya Mekanik Tesisat Proje Raporu", Vemeks Mühendislik Ltd. Şti., 1991

ÖZGEÇMİŞ

1958 yılı Malatya doğumludur. 1980 yılında Ege Üniversitesi Makina Fakültesini Makina Mühendisi olarak bitirmiştir. 1982 yılında İTÜ Makina Fakültesinde Enerji dalında master'ını tamamlayarak Yüksek Mühendis ünvanını almıştır. 1986 yılına kadar yurt içi ve yurt dışında özel sektörde çalışmıştır. 1986 yılında Vemeks Mühendislik Ltd. Şti.'ni kurmuştur. Halen bu şirketin genel müdürü olarak çalışmalarına devam etmektedir.