



bu bir MMO  
yayınıdır

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

## Soğutma Sistemlerinde Enerji Tasarrufu

**ERKUT BEŞER**

ENTE A.Ş.

**BEKİR CANSEVDİ**

BOSAŞ A.Ş.

## SOĞUTMA VE KLİMA SİSTEMLERİNDE ENERJİ TASARRUFU

Erkut BEŞER  
Bekir CANSEVDİ

### ÖZET

Prensipte bilinmesine rağmen geçmiş yıllarda diğer enerji kaynaklarından daha ucuz yararlanma imkanı soğutma cihazlarının enerji ekonomisine yönelik türlerinin geliştirilmemiş olmasının nedenidir.

Özellikle 70'li yıllarda yaşanan petrol krizinden sonra çeşitli alanlarda hızlanan ekonomik enerji kullanımı çalışmalarında soğutma teknolojisi de önemli gelişmeler kaydetmiştir.

80'li yılların başında ise, konuyla ilgili firmaların ürettiği enerji tasarrufuna yönelik soğutma cihazları büyük bir uygulama alanı bulmuş, olabildiğince ekonomik, emniyetli, işletme problemleri çıkarmayan yapılara kavuşturulmuştur.

### ENERJİ TASARRUFU NEDİR ?

Soğutma sistemlerinde veya soğutma içeren klima sistemlerinde performans katsayısını ( COP) artırmak veya bu sistemler vasıtası ile atılan enerjileri geri kazanıp kullanma işlemlerinin tümüne enerji tasarrufu denir.

### ENERJİ TASARRUFU SİSTEMLERİ NELERDİR

Soğutma ve soğutma içeren klima sistemlerinde uygulamada olan enerji sistemleri şunlardır:

- Isı pompaları
- Isı geri kazanım sistemleri
- Soğuk stok sistemleri
- Serbest pistonlu Vuilleumier ısı pompası sistemleri

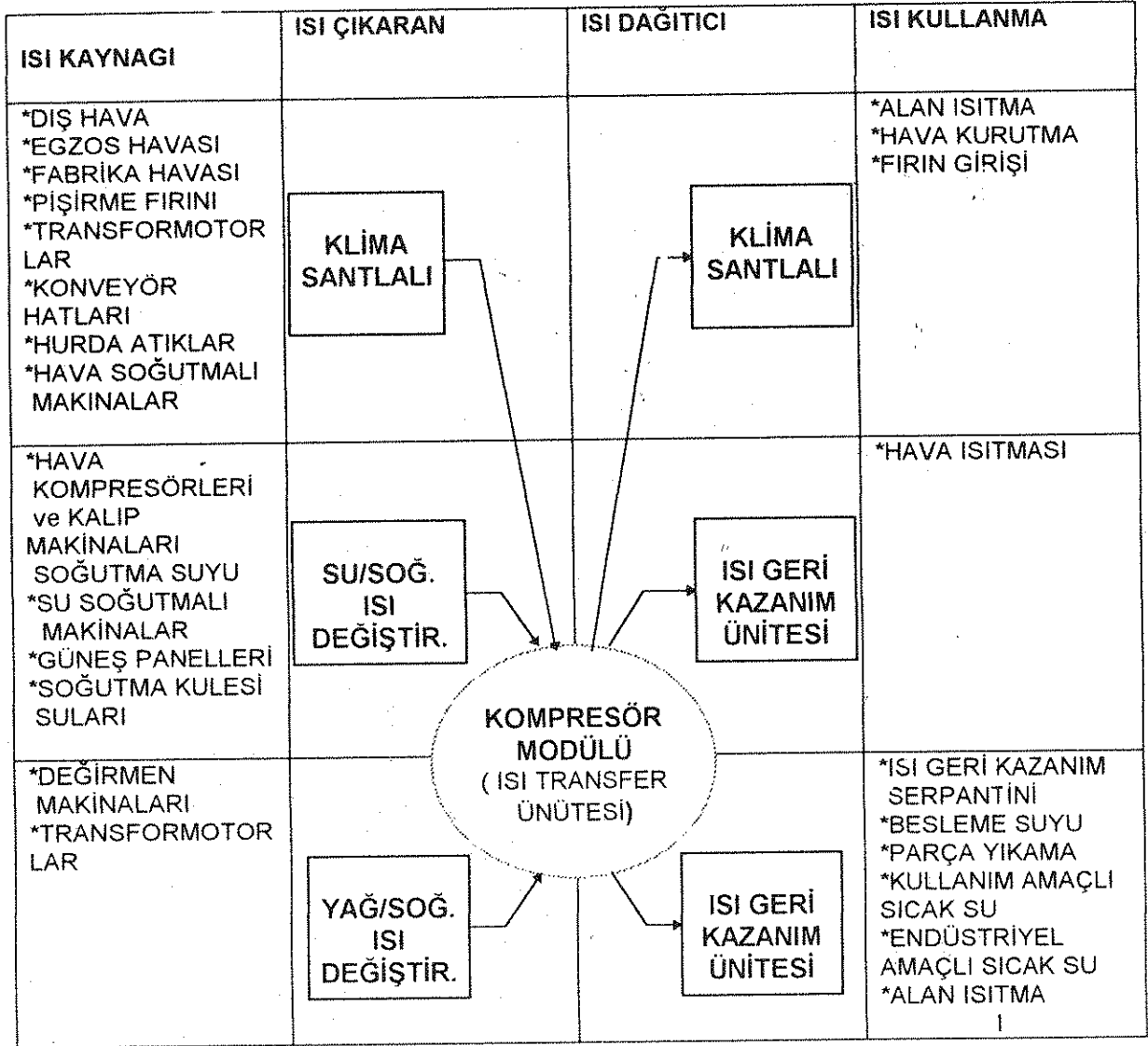
### ISI POMPALARI

Isı pompaları en yaygın kullanılan enerji tasarrufuna yönelik soğutma cihazlarıdır. Klasik elektrikli ısıtıcıya göre genelde 3 kat daha ekonomik bir ısıtma sağlar. Isıtma soğutma amaçlı kullanılan klasik klima cihazı türünde geliştirilmiş pek çok modeli vardır. Ayrıca son yıllarda ısı pompaları ile atık ve düşük sıcaklıklı ısı kaynaklarından yararlanmaya yönelik projeler üzerinde çalışmalar yoğunlaştırılmıştır. Bu sayede büyük metropollerde lağım suları ve çöplerden yararlanarak enerji tasarrufu sağlama imkanları araştırılmaktadır.

## ISI GERİ KAZANIM SİSTEMLERİ

Klima sistemlerinde egzoz havasından yararlanmak veya soğutma sistemlerinde kondenserden atılan ısının kullanılması veya motorların soğutması ve egzoz gazlarından atılan ısının kullanılması işlemine ısı geri kazanımı denir. Bir başka deyişle herhangi bir makinada esas proses sonucunda ısı atımı söz konusu oluyorsa atılan ısının (sıcaklığı aynen veya yükseltilerek) kullanılması işlemine ısı geri kazanımı denir.

Aşağıda ısı geri kazanımı şematik olarak gösterilmiştir.



Isı geri kazanımında ısı kaynağındaki ısının düşük olması halinde bazı durumlarda ısı, kompresör yardımı ile yükseltilerek kullanılabilir.

Isı geri kazanımına örnek teşkil eden bazı uygulamalar şöyledir;

- Bir proses soğutmasında geri kazanılacak ısı büro ısıtmasında kullanılır
- Nem alma, ön ısıtma gibi konfor şartlarının yaratılmasında kullanılır
- Otellerde soğutma esnasında atılan ısı, sıcak su elde etmek için kullanılır

## ISI GERİ KAZANIMLI SİSTEMLERİ NELERDİR

Soğutma ve soğutma içeren klima cihazlarında yapılan ısı kazanımı önce iki ana gruba ayrılır:

- Egzos havasından yapılan ısı geri kazanımı
- Kondenserden atılan ısının geri kazanımı

Egzos havasından atılan ısının geri kazanılması yaygın olarak bilinip uygulanmaktadır. Egzos havasına göre çok daha verimli olan kondenserden atılan ısının geri kazanımı uygulanması ülkemizde pek yaygın değildir.

Normal soğutma sistemlerinde kondenserden atılan enerji boşa harcanan enerji olmaktadır. Kondenserden atılan enerji soğutma yükü ile kompresörü çalıştırmak için gerekli gücün toplamına eşittir.

$$Q_k = Q_e + A_w$$

$Q_k$  = Kondenserden atılan ısı

$Q_e$  = Soğutma kapasitesi

$A_w$  = Kompresör işi

Bu enerji oldukça büyük olup, kullanılabilirse bedavadır. Isıtma ve soğutma gerektiren tüm uygulamalar ısı geri kazanım kullanımı için, uygun fırsattır. Isı geri kazanım prosesleri tasarımcıların ve ekonomistlerin ortak çalışması sonucu geliştirilebilen sistemlerdir.

Isı geri kazanım proseslerinde stok tankları otomatik kontrol cihazları ve ısı değiştiricilerin optimum kullanımı verimi artırır.

Isı geri kazanımı tasarımları ısıtma, soğutma, klima ekipmanları ve sistemlerini iyi bilen tasarımcılar tarafından binanın, proseslerin, işletme modellerinin ve elde edilen enerji kaynaklarının ekonomik analizlerini kullanarak yapılmalıdır.

## SOĞUTMA SİSTEMLERİNDE ISI GERİ KAZANIMI

Paket su soğutucularının geliştirilmesi ile elde edilmiştir. Aynı anda hem ısıtma hem soğutma temin eden cihazlardır. Cihazlardan 51° C'a kadar sıcak kullanım suyu elde etmek mümkündür. Geri kazanılacak ısı o andaki soğutma yüküne bağlıdır. Bu cihaz türlerinde soğutma devresindeki akışkan yönünün değiştirilmesine gerek yoktur ve çift kondenser kullanılır.

**Kondenserden atılan ısının geri kazanımında uygulanan metodlar şunlardır:**

- Su soğutmalı kondenserli cihazlarda ısı geri kazanımı
- Hava soğutmalı kondenserli cihazlarda ısı geri kazanımı

Her iki haldede genel uygulama sıcak su elde etme yolundadır. Su soğutmalı kondenserli cihazlarda soğutma devresi her iki bölüm için aynı olduğundan soğutucu akışkan devresinde komplike kontrol aygıtlarına ihtiyaç yoktur. Hava soğutmalı kondenserli cihazlarda ise sıcak su ve soğuk su bölümlerinin tüm otomasyon ve kontrolü üretici firma tarafından çözülmüştür.

**Bu tür cihazların kullanımı:**

- Özellikle cihazın ilk fonksiyonu soğutma ise
- Cihazı çalıştırma enerjisi her halukarda harcanacak ise
- Geri kazanılacak ısı yerine başka bir enerji kaynağı tesis edilmek zorunda ise

bu tür cihazların kullanımı oldukça enteresandır.

### Isı geri kazanımlı cihazın kullanılmasında gerekli olacak ilave masraflar:

- Kondenserin çift devreli olmasından gelecek artış.
- Birkaç ilave kontrol elemanı
- Birde normalde olması gerekenden yüksek kondenzasyonda çalışması gerektiğinde cihaz daha fazla enerji harcar.

Yukarıdaki ilave masraflar ile alternatif bir bağımsız ısıtma sistemi mukayese edilirse ısı geri kazanım ekonomisinin oldukça yüksek olduğu ortaya çıkar.

### SU SOĞUTMA CİHAZI

Evaporatör pompası  
Soğuk su boru tesisatı  
Fancoil santral  
\*Su soğutma kulesi  
\*Kule kondenser pompası  
Kule kondenser boru tesisatı  
Sıcak su kazanı yalnız yaz çalışması için  
Sıcak su pompası yalnız yaz çalışması için  
Sıcak su ilave boru tesisatı  
Bina içinde elektrik kumanda panosu  
-----  
-----

### ISI GERİ KAZANIMLI SU SOĞUTMA CİHAZI

Evaporatör pompası  
Soğuk su boru tesisatı  
Fancoil santral  
Su soğutma kulesi  
Kule kondenser pompası  
Kule kondenser boru tesisatı  
-----  
Sıcak su pompası yalnız yaz çalışması için  
Sıcak su ilave boru tesisatı  
Bina içinde elektrik kumanda panosu  
Sıcak su rezerv tankı ve eşanjörü.  
Destekleyici sıcak su kazanı yada ısıtıcısı

### BAZI KIRITLER SU SOĞUTMA CİHAZI ISI GERİ KAZANIMLI SU SOĞUTMA CİHAZI

Montaj bedeli	BÜYÜK	KÜÇÜK
Su harcama	BÜYÜK	KÜÇÜK
Servis gideri	BÜYÜK	KÜÇÜK
Elektrik gideri	KÜÇÜK	BÜYÜK
Yakıt gideri	BÜYÜK	KÜÇÜK
Kullanılacak mahal	BÜYÜK	KÜÇÜK

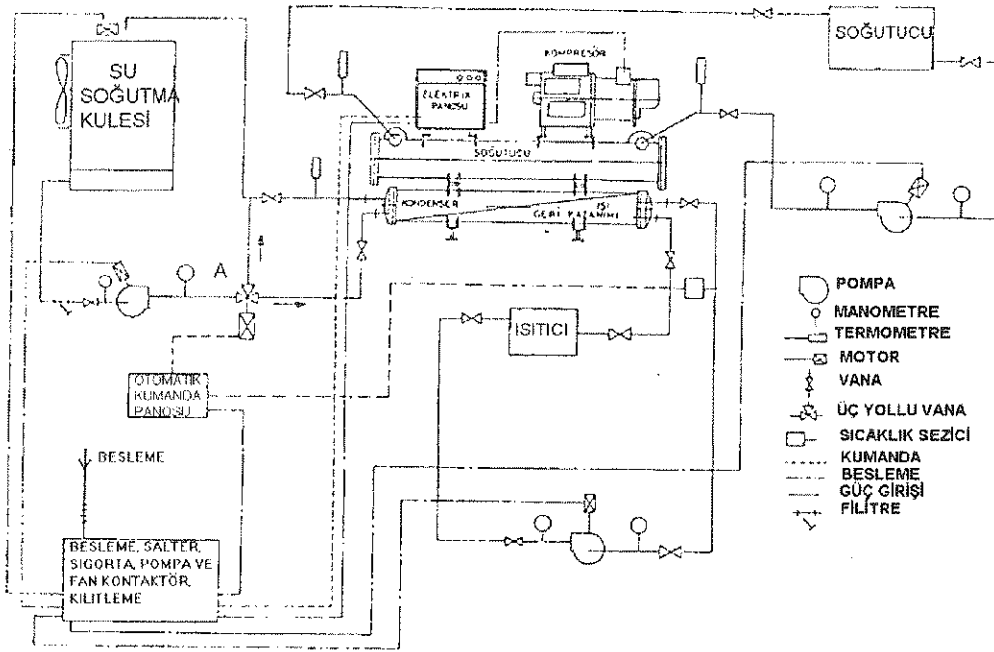
### SU SOĞUTMALI KONDENSERLİ ISI GERİ KAZANIM SİSTEMİ

Bu cihaz türünde çift boru demetli kondenser kullanılmıştır.

Kule devresi suyu ile ısı geri kazanım devresi suyu birbirine karışmaz. Böylelikle ısıtma sistemi su devresi temiz kalır. Isı geri kazanım su sıcaklığı soğutma kulesi kondenser su devresindeki üç yollu vana (şekilde A vanası) ile kontrol edilebilir. Şekilde çift boru demetli ısı geri kazanım kondensleri için tipik bir uygulama prensibi verilmiştir. Değişik uygulamalar yapılabilir.

Soğutma kulesi suyu kondenser kule devresinde pompalanır. Vana suyun bir kısmını gerekli ise kondenslere gitmeden kule hattında çevirir. Kalan kısım kondenslere gider. Üç yollu vana ısı geri kazanım devresi dönüş suyundan uyarılır. Dönüş suyu sıcaklığı yükseldikçe ki bu ısıtma yükünün azaldığını gösterir. Üç yollu vana kule kondenser devresine giden suyu açarak daha fazla ısıtmanın dış ortama atılmasını sağlar. Ters olarak ta su sıcaklığı düştükçe üç yollu vana daha fazla suyu geri çevirerek dış ortama atılan ısı miktarını azaltır.

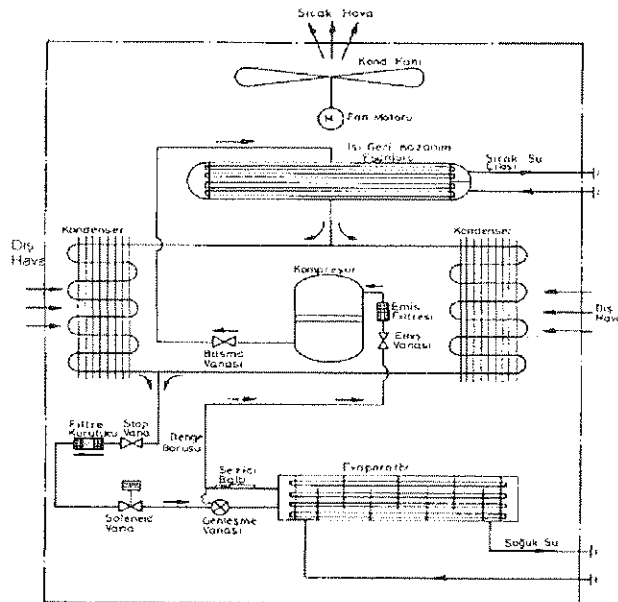
SU SOĞUTMALI KONDENSERLİ ISI GERİ KAZANIMLI CİHAZ VE EKİPMANLARI PRENSİP ŞEMASI



Yukarıda belirtildiği şekilde ısı geri kazanımını dengeliyen üç yollu vana ısı geri kazanım dönüş suyu sıcaklığı set edilen değerin altına düştüğünde suyun tamamını by pass ederek kondensere gitmeden kule hattında geri çevirir. Böylece sistem maksimum ısı geri kazanım kapasitesine ulaşmış olur. Eğer daha fazla ısıtma gerekiyor ise bu başka yardımcı kaynaklardan sağlanır. Kontrol noktası olarak dönüş suyu sıcaklığını kullanmak tavsiye edilir, hatta en uygun taraftır. Dönüş suyu sıcaklığı ısıtma yükündeki değişikliklerin en iyi göstergesi olup daha dengeli işletmeyi temin eder.

## HAVA SOĞUTMALI KONDENSERLİ ISI GERİ KAZANIM SİSTEMİ

Bu cihaz türünde biri hava soğutmalı diğeri su soğutmalı olan iki kondenser kullanılmıştır.



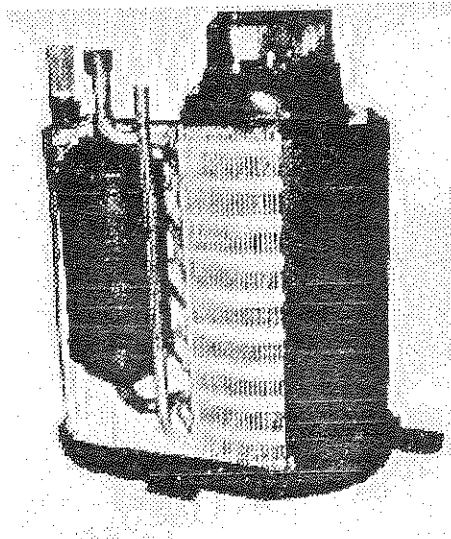
HAVA SOĞUTMALI KONDENSERLİ ISI GERİ KAZANIMLI CİHAZ PRENSİP ŞEMASI

Şekilde hava soğutmalı kondenslerli ısı geri kazanım cihaz prensibi verilmiştir. Değişik uygulamaları yapılır. Bu sistemlerde gaz hareketi kumanda şekline göre ya önce su soğutmalı kondensere yada her iki kondensere birlikte yollar. Isı geri kazanım suyu sıcaklığından alınan kontrol sinyali yardımı ile gaz hava soğutmalı kondenser devresinde dolaşır yada dolaşmaz bu sayede su sıcaklığı sabit tutulur. Dönüş suyu sıcaklığı yükseldikçe ki bu ısıtma yükünün azaldığını gösterir, sistem maksimum ısı geri kazanım kapasitesine ulaşmış olur. Eğer daha fazla ısıtma gerekiyorsa bu başka yardımcı kaynaklardan sağlanır. Kontrol noktası olarak dönüş suyu sıcaklığını kullanmak tavsiye edilir, hatta en uygun taraftır. Dönüş suyu sıcaklığı ısıtma yükündeki değişikliklerin en iyi göstergesi olup daha dengeli işletmeyi temin eder.

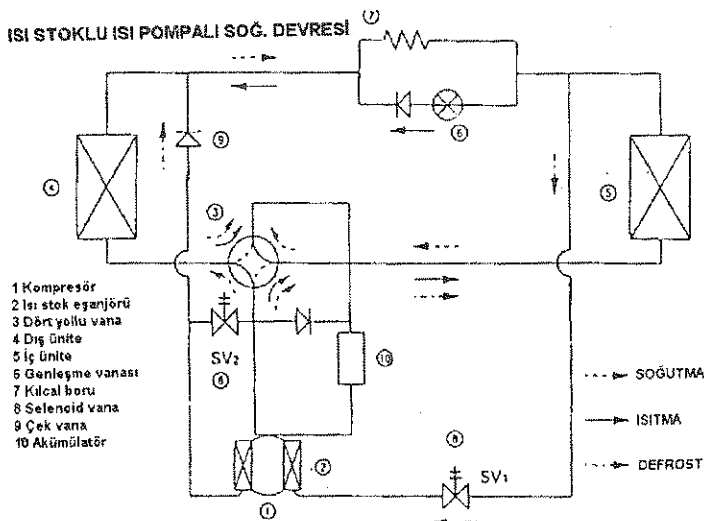
## ISI STOK SİSTEMLERİ

### Isı stok sistemleri

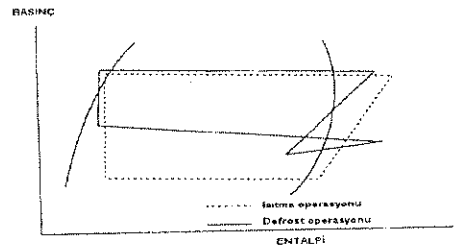
Yaygın olarak Heat Pump cihazlarda kullanılır. Kompresörün çalışma esnasında çevreye yayacağı ısıyı kullanan bir prensiptir.



Kompresör çevresine monte edilen bir gömlek yardımı ile defrost esnasında dış ünite de oluşan buzu eritmek için kullanılacak ısı, kompresörün normal çalışması esnasında çevresindeki gömlekte depolanır.

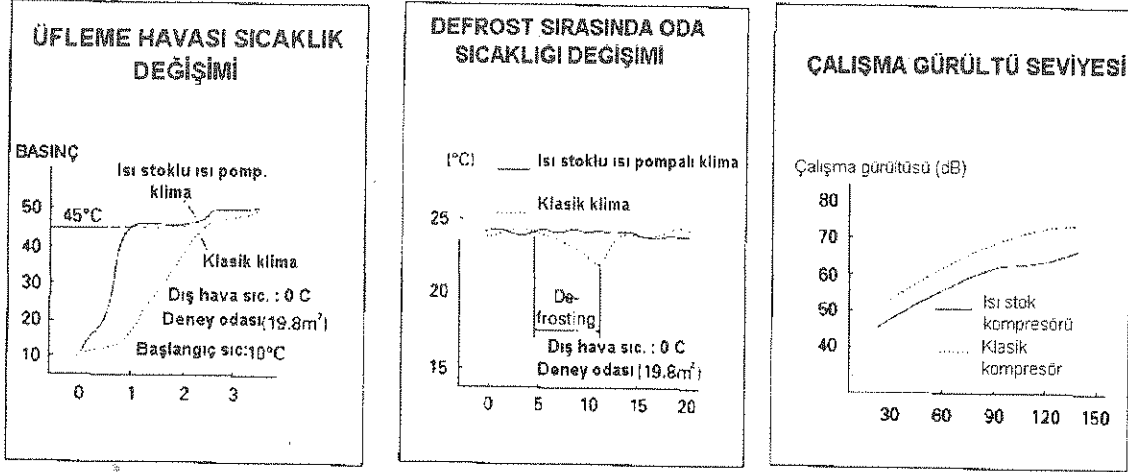


MOLLIER DİYAGRAMI



Defrost esnasında sistem soğutma konumuna döndüğünde normal evaporatör yerine kompresör çevresinde bulunan polietilen glikollü solüsyon soğutulur. Bu sayede mahale soğuk hava üfleme veya elektrikli ısıtıcı ile evaporatör ısıtması yapılması gereği ortadan kalkar.

Sistem ısıtma konumuna döndüğünde bu aşırı soğutulmuş solüsyon kompresör vasıtası ile ısınır. Bu ısı stoklu ısı pompalarında ısıtma konumunda sıcaklık yükselmesi hızlı olur.

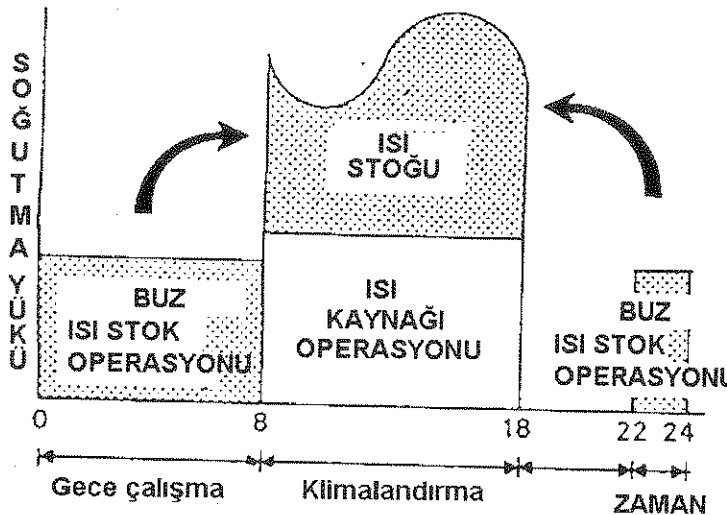


Isı stoklu kompresörlerin bir diğer avantajı da cihaz gürültüsünün düşük olmasıdır.

#### Buz ısı stoklu sistemler

Yukarıdaki sisteme benzer bir enerji tasarrufu burada da prensip olarak sağlanır. Bu sistemde gece kondenzasyon sıcaklığının düşük olduğu saatlerde ekonomik buz depolamak suretiyle gündüz kondenzasyonun yüksek olduğu saatlerde buzun soğutma özelliğinden yararlanılır.

#### BUZ ISI STOK OPERASYONU



Gece ve gündüz çalışmalarındaki enerji tasarrufunun matematiksel ifadesi şöyledir. Herhangi bir pistonlu kompresörün (25 RT) karakteristik eğrisinden yaklaşık olarak;



## GECE

$T_k = 35\text{ }^{\circ}\text{C}$     $T_e = 5\text{ }^{\circ}\text{C}$  için  
 $Q_1 = 62000\text{ Kcal/h}$  ,    $P_1 = 15.5\text{ Kw}$

## GÜNDÜZ

$T_k = 50\text{ }^{\circ}\text{C}$     $T_e = 5\text{ }^{\circ}\text{C}$  için  
 $Q_2 = 46000\text{ Kcal/h}$  ,    $P_2 = 17.75\text{ Kw}$   
 okunur.

$$P_{b1} = \frac{P \cdot 1000}{Q} , \left[ \frac{W}{\text{Kcal/h}} \right] \text{ formülü ile hesaplanır.}$$

$$P_{b1} = \frac{15.5 \cdot 1000}{62000} = 0.25\text{ W/Kcal/h}$$

$$P_{b2} = \frac{17.75 \cdot 1000}{46000} = 0.38\text{ W/Kcal/h}$$

$$D = \left( \frac{P_{b2} - P_{b1}}{P_{b1}} \right) \cdot 100 = \frac{0.38 - 0.25}{0.25} = \% 52$$

$T_k$  = Kondenzasyon sıcaklığı [ $^{\circ}\text{C}$ ]

$T_e$  = Evaporasyon sıcaklığı [ $^{\circ}\text{C}$ ]

$P$  = Kompresör giriş gücü [Kw]

$Q$  = Kompresör kapasitesi [Kcal/h]

$P_b$  = Birim kompresör kapasitesi için gerekli giriş gücü  $\left[ \frac{W}{\text{Kcal/h}} \right]$

$D$  = Kondenzasyon sıcaklığının artması ile giriş gücündeki artış oranı.

Bu hesap yöntemi ile görüldüğü üzere;

- Bu metodla çalışan klima sistemlerinde yaz ortasında % 50 enerji tasarrufu sağlanır
- Cihaz kapasitesi büyüdüğü için yatırımın ilk tesis masrafı daha ekonomik olur
- Yıllık enerji tüketiminde % 70 lere varan tasarruf sağlanır.

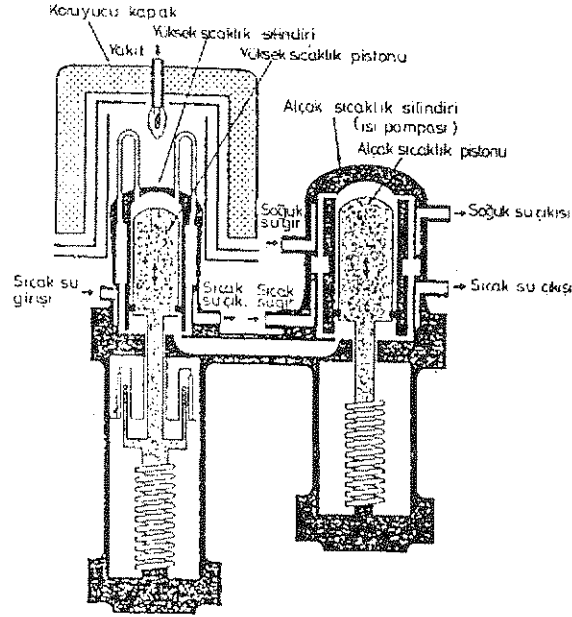
## VUILLEUMIER ÇEVİRİMLİ ISI POMPALARI VE ISI GERİ KAZANIMI

Enerji tasarrufu ve ısı geri kazanımına yönelik olarak geliştirilen bir diğer sistem ise serbest pistonlu vuilleumier ısı pompalı cihazlardır. Prensibi ilk kez 1918 yılında Rudolph Vuilleumier tarafından **indüksiyon ısı değiştirme cihazları ve metodu** olarak ortaya atılan **serbest pistonlu vuyomoe ısı pompalı cihazlar** geliştirilmeye başlanmıştır.

Bu cihazlarda flora karbon yerine helyum gazı kullanılmaktadır. Mevcut sistemlerinin enerji veriminin 1,5 katı verimde hem sıcak su hem soğuk su sağlayabilmektedir.

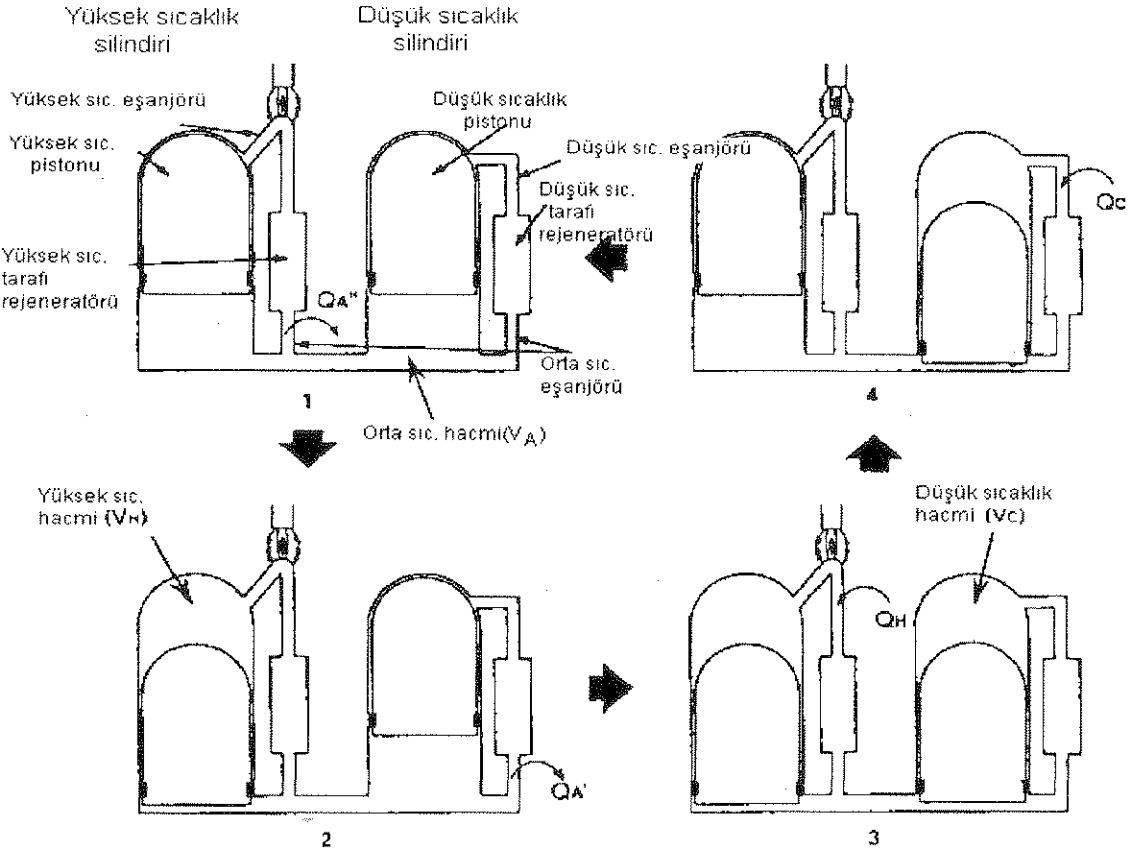
Helyum gazında iki piston vasıtası ile yaratılan basınç dalgalanmaları sonucu elde edilen sıkıştırma esnasında ısıtma, genleşme esnasında soğutma yapılır.

## SERBEST PİSTONLU VOLUMİR ISI POMPA5I

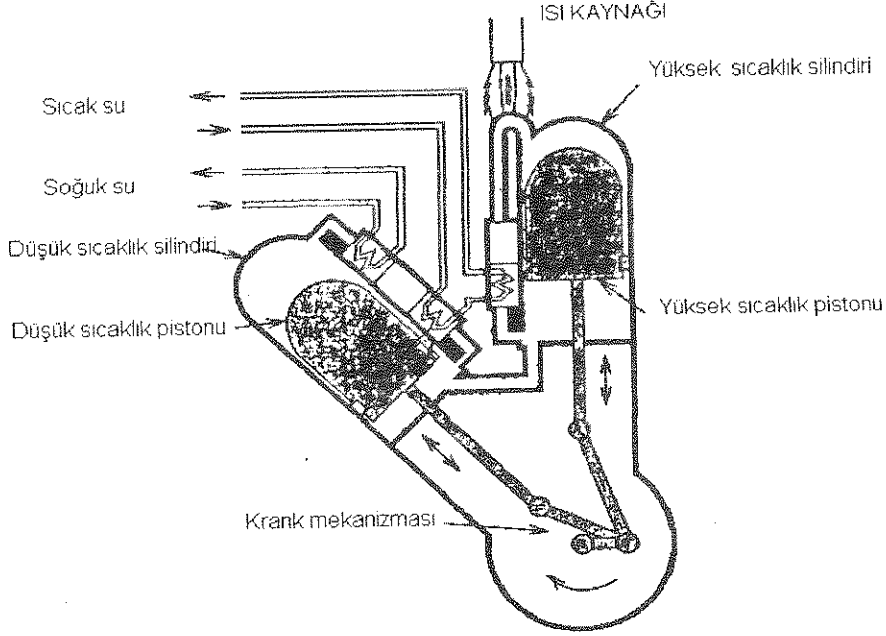


Bu teknik mevcut gazlı ve absorpsiyonlu sistemlerden farklı bir tekniktir. Bu sistemde yakıt dıştan yanmalı olduğu için verimli, temiz ve sessiz çalışabilmektedir.

## VUILLEUMIER ÇEVİRİMİ



## KRANK MEKANİZMALI VUILLEUMIER ISI POMPASI



Cihaz üç sıcaklık bölümünden oluşmaktadır. Yüksek ve düşük sıcaklık bölümleri bir ısı yutumu çevrimi gösterir. Orta bölüm ise ısı yayan bölüm olarak çalışmaktadır. Bunların arasında büyük sıcaklık farklılığı vardır. İki sıcaklık rejeneratörü vardır.

Yüksek sıcaklık 650 °C  
Düşük sıcaklık 18 / -7 °C  
Orta sıcaklık 60 / 100 °C

İki piston yeterli faz farkı ile hareket ettirildiğinde tüm hacmin basıncı her üç bölmenin hacimsel oranına bağlı olarak değişir.

$$P = \frac{GR}{V_h/T_h + V_m/T_m + V_c/T_c}$$

P=Gaz basıncı

G=Sıkıştırılan gazın ağırlığı

R=Gaz sabiti

V=Gaz hacmi

T=Gaz sıcaklığı

m= Orta sıcaklık bölgesi

c= Düşük sıcaklık bölgesi

h= Yüksek sıcaklık bölgesi

Yüksek sıcaklık tarafındaki ısı yayma etkisi ile sıcak su, düşük sıcak bölgesinin ısı yutma özelliği ile soğuk su elde edilir.

### Yeni teknolojinin tanımı

Güç ünitesi kullanmayan ısıtma soğutma ünitesidir. NO<sub>x</sub> yoğunluğu 150 PPM % 0 O<sub>2</sub> bazında hedeflenen yanma, evlerde kullanılan su ısıtıcısı egzoz gazı ile aynı seviyededir. Isı ve basınca dayanımlı dizayn teknolojisi kullanılmaktadır ( T 650° C P 100 Atm. ). Simülasyon teknolojisi sonuçlarını kullanarak eşanjörler optimum yüzey ve basınç kaybı verecek şekilde tasarlanmıştır. Cihazın tahrik ünitesi sadece atalet yüklerine maruz kalır, basınç farklarından ötürü zorlanmaz. Bu

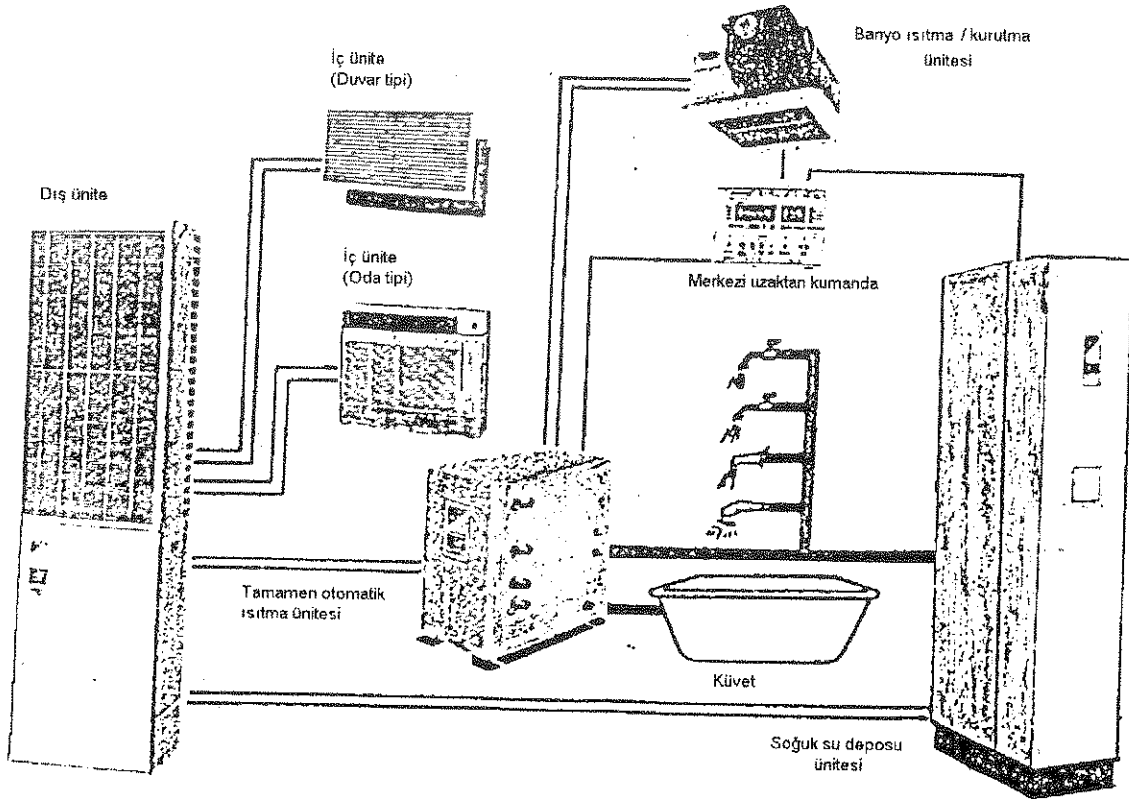
özellik sayesinde yataklar ve körükler ile ilgili yenilikler geliştirilmektedir. Böylece yağsız çalışma mümkün olur. Bir mikroişlemci yardımı ile kolay çalışma ve kullanma sağlanır.

### Özellikler

- Sürücünün hızını, yanmayı ve gaz sıcaklığını kontrol eden mikroprosesörler ile klasik klima cihazlarından daha iyi bir kontrol sağlanır
- 2HP ile 5HP arası kapasitede üretim yapabilmektedir
- Ozon tahribatı yoktur
- Sera etkisi yoktur
- Elektrik enerjisine ihtiyaç göstermezler veya çevrimin başlangıcında kısa bir süre için küçük bir elektrik motoru ile tahrik edilirler

### DÜNYADA VE TÜRKİYE'DE DURUM

Isı geri kazanımlı soğutma sistemlerinde cihaz türlerinin geliştirilmesinde firmalar her geçen gün yeni katkılar yapmakta ve çeşitli yenilikler ortaya konmaktadır. Hava soğutmalı kondenserli cihazların gelişmiş uygulaması olan, split tip heat pump cihazlar ile geliştirilmiş bir ısı geri kazanım uygulamasında, kombine cihaz yardımı ile bina yalnızca elektrik enerjisi kullanılmak sureti ile ısıtılmakta, soğutulmakta, binanın sıcak su ihtiyacı karşılanabilmektedir. Yani kat kliması uygulamaları yapılan binalarda klasik medotlarla çözölen sıcak su ihtiyacının klasik medotlara göre daha ekonomik bir şekilde elde edilebilme imkanı sağlanmıştır.



Daikin "Trlo System" çok fonksiyonlu evsel kullanım sistemi

Sistem, bir dış ünite, iç üniteler, sıcak su depolama ünitesi, bir banyo ısıtma / kurutma ünitesi ve bir merkezi uzaktan kontrol cihazından oluşur.

Isı stok sistemleri ile yüksek performanslı ısı pompalı klima cihazları yapmak mümkün hale gelmiştir. Sık sık yapılan seminer ve eğitimlerle konu sürekli canlı ve taze tutulmaktadır.

Türkiye'de bu tür cihaz uygulamalarına ilgi kanaatimizce daha başlangıç safhasındadır. Yapılan bazı yanlış uygulamalar tüketici ve yatırımcıları bu konuda hüsrana uğratmış ve konuya ilgiyi azaltmıştır. Böyle önemli bir konuda başarılı projeler ve uygulamalarıyla yatırımcı ve tüketicileri bilinçlendirmek hepimizin görevidir.

## KAYNAKLAR

- 1- DAIKIN Servis Manuel
- 2- JARN Japan Air conditioning, Heating & Refrigeration News
- 3- TEBA Sirküler
- 4- DANFOS Collection of Instruction
- 5- ASHRAE Handbooks

## ÖZGEÇMİŞ

### Erkut BEŞER

1950 yılında Denizlide doğdu. 1973 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi' ni bitirdi. Aynı yıl Makina Yüksek Mühendisi olarak TEBA şirketler grubunda göreve başladı. Sırası ile proje, araştırma, geliştirme, imalat mühendisliklerinde bulundu. 1979 yılında TEBA şirketler grubu bünyesinde kurulan SİSAŞ soğutma ve iklimlendirme sanayi A.Ş.' nin fabrika müdürlüğüne getirildi. Halen TEBA şirketler grubuna bağlı ENTE endüstri ve tesisat A.Ş.' de genel müdürlük görevini sürdürmektedir.

### Bekir CANSEVDİ

1954 yılında doğdu. 1980 yılında A.İ.T.İ.A. Mühendislik Yüksek Okulu Makina Bölümü'nden mezun oldu. Dalan Kimya Endüstri ve TEBA şirketler grubunda mühendislik görevlerinde bulundu. 1993 yılından itibaren TEBA şirketler grubuna ait BOSAS bakım onarım servis A.Ş.'nin klima grubu servis müdürlüğü yapmaktadır.