

# SU SOĞUTMA GRUPLARINDA ISININ GERİ KAZANIMI

**Erkut BEŞER**

## ÖZET

Bu çalışmada soğutma gruplarında toplam ve kısmi geri kazanım uygulamaları tartışılmıştır. Konuyla ilgili çeşitli tanımlar verildikten sonra hava soğutmalı kondenserli ve su soğutmalı kondenserli soğutma grupları için kısmi ve toplam geri kazanım uygulamaları kapsamlı şekilde anlatılmış ve karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak kısmi ısı geri kazanımının özellikle otel uygulamalarında kullanılması tavsiye edilmiştir.

**Anahtar Sözcükler :** Isı geri kazanımı, kısmi ısı geri kazanımı, toplam ısı geri kazanımı, soğutma grupları, soğutma çevrimi, soğutma gruplarında enerji tasarrufu

## ABSTRACT

This article discusses the total heat reclaim and partial heat reclaim applications in chillers. After presenting the relevant descriptions, the total and partial heat reclaim applications for chillers with air-cooled condensers and for chillers with water-cooled condensers are compared and discussed comprehensively. Finally, the use of the partial heat reclaim for particularly hotel applications is advised.

**Keywords :** Heat reclaim, partial heat reclaim, total heat reclaim, chillers, refrigeration cycle, energy economy in chillers

## 1. GİRİŞ

Prensipte bilinmesine rağmen geçmiş yıllarda diğer enerji kaynaklarından daha ucuza yararlanma imkanının olması, soğutma gruplarında ısının geri kazanımına yönelik teknolojilerin geliştirilmemesinin nedenidir.

Ancak 70'li yıllarda yaşanan petrol krizinden sonra çeşitli alanlarda hızlanan ekonomik enerji kullanımı çalışmalarında soğutma teknolojisinde de önemli gelişmeler kaydedilmiştir. Özellikle soğutma gruplarında ısının geri kazanımına yönelik cihaz türleri tasarlanmış ve bunlar uygulamada kullanılabilir hale getirilmişlerdir. Halen bu konudaki geliştirme çalışmaları devam etmekte ve güncelliğini artan bir önemle korumaktadır.

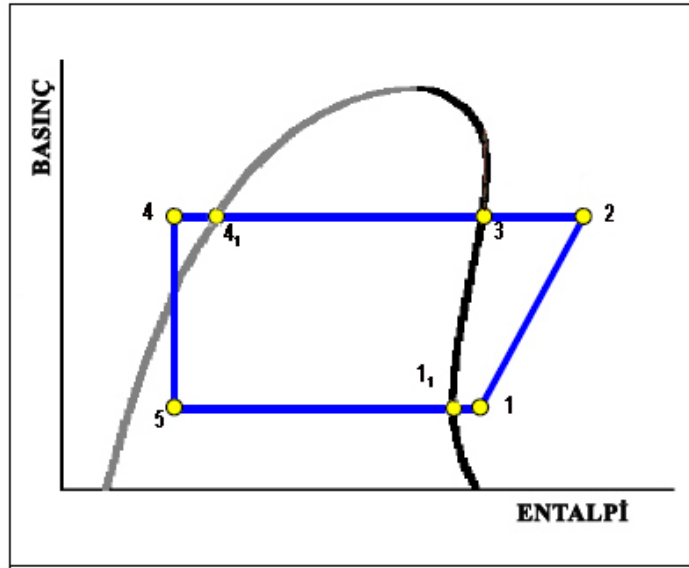
Soğutma gruplarında diğer soğutma sistemlerinde olduğu gibi kondenserde soğutucu akışkanın önce kızgınlığı alınır, sonra soğutucu akışkan yoğunlaştırılır ve aşırı soğutulur. Bu esnada ortama önemli ölçüde ısı enerjisi bırakılmaktadır. Normalde kondenserdan atılan ısı enerjisi boşa harcanan enerji olmaktadır. Kondenselerin uygun tasarımı ve ilave tanzimlerle kondenserdan atılan enerji geri kazanılmakta ve özellikle kullanım suyu ısıtılmasında kullanılmaktadır.

Sözö edilen ısı enerjisinin geri kazanımında: tüm kondenser kapasitesinin geri kazanılmasına ısının toplam geri kazanımı, kızgın gaz bölgesindeki kapasitenin geri kazanılmasına ise ısının kısmi geri kazanımı denmektedir.

Bu çalışmada soğutma gruplarında ısının toplam ve kısmi geri kazanımının teoride ne olduğu, her iki geri kazanımın soğutma çevrimi performansı üzerindeki etkileri, ısının geri kazanımını etkileyen parametreler ile ilgili bilgiler verilmektedir.

## 2. ÇEŞİTLİ TANIMLAR

İdeal soğutma çevrimi P-I (basınç - entalpi) diyagramında Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. İdeal soğutma çevrimi

5-1 entalpi farkı ile soğutma kapasitesi ifade edilir. Bu bölgede ortamdan ısı çekilir ve soğutucu akışkan buharlaştırılır. Bu bölge alçak basınç bölgesidir. Bu işlemi gerçekleştiren ısı değıştiricilere evaporatör denir.

1-2 entalpi farkı ile kompresör gücü ifade edilir. Bu bölgede alçak basınç bölgesinden gaz halinde emilen soğutucu akışkan yüksek basınç bölgesine gaz olarak sıkıştırılır.

2-4 entalpi farkı ile ortama aktarılan ısıtma kapasitesi ifade edilir. Bu bölgede ortama ısı aktarılır ve gaz halindeki soğutucu akışkan yoğuşturulur. Bu bölge yüksek basınç bölgesidir. Bu işlevi gören ısı değıştiricilere kondenser denir.

4-2 bölgesi ile genleşme valfi ifade edilir. Burada soğutucu akışkanın basıncı yüksek basınç bölgesinden alçak basınç bölgesine düşürölür.

1-1<sub>1</sub> alçak basınç tarafı aşırı kızdırma diye ifade edilir. Evaporatörde 1<sub>1</sub> noktasında doymuş gaz haline getirilen soğutucu akışkan yine aynı yapı içerisinde 1 noktasına kadar aşırı kızdırılır (kompresör emniyeti açısından).

2-3 yüksek basınç tarafı aşırı kızgınlık bölgesi olarak ifade edilir. Evaporatörde buharlaştırılıp aşırı kızdırılan gaz haldeki soğutucu akışkan, kompresör tarafından sıkıştırılır, basıncı artırılır ve kızdırılır. Soğutucu gazın kondenserde yoğunlaştırılmasından önce kızgınlığı alınır.

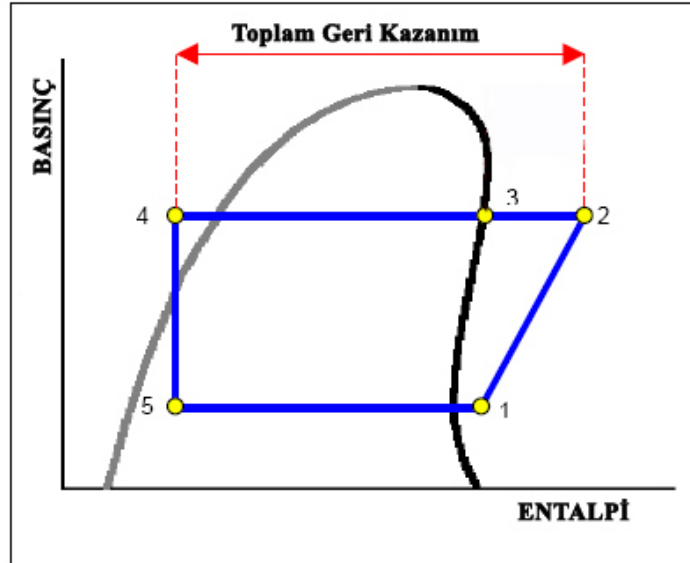
4-4<sub>1</sub> Yüksek basınç tarafı aşırı soğutma bölgesi olarak ifade edilir. Kondenserde aşırı kızgınlığı alınan soğutucu akışkan yoğunlaştırılır ve 4 noktasına kadar aşırı soğutulur. Aşırı soğutma ile soğutma kapasitesinde artış sağlanır.

### 3. SOĞUTMA GRUPLARI

Evaporatörde su soğutulan soğutma cihazları soğutma grubu olarak adlandırılır. Kondenseri su ile soğutulan soğutma gruplarına su soğutmalı kondenserli soğutma grupları, kondenseri hava ile soğutulan soğutma gruplarına ise hava soğutmalı kondenserli soğutma grupları denir.

### 4. SOĞUTMA GRUPLARINDA TOPLAM ISI GERİ KAZANIMI

Şekil 2'deki P-I diyagramında da görüleceği üzere 2-4 bölgesinde kondenserde soğutucu akışkının kızgınlığı alınır, yoğunlaştırılır, aşırı soğutulur ve ortam verilen ısı çoğu zaman dışarı atılır. Yapılacak bazı düzenlemelerle bu ısı geri kazanılabilir.



Şekil 2. Soğutma Gruplarında Toplam Isı Geri Kazanımı

Soğutma gruplarında 2-4 bölgesindeki tüm yoğunlaştırma operasyonu boyunca ısının geri kazanılmasına *Toplam Isı Geri Kazanımı* denir. Bu kazanımın kapasitesi:

$$Q_{TK} = M(H_2 - H_4) = \rho Q(H_2 - H_4) \text{ şeklinde ifade edilebilir.}$$

Burada:

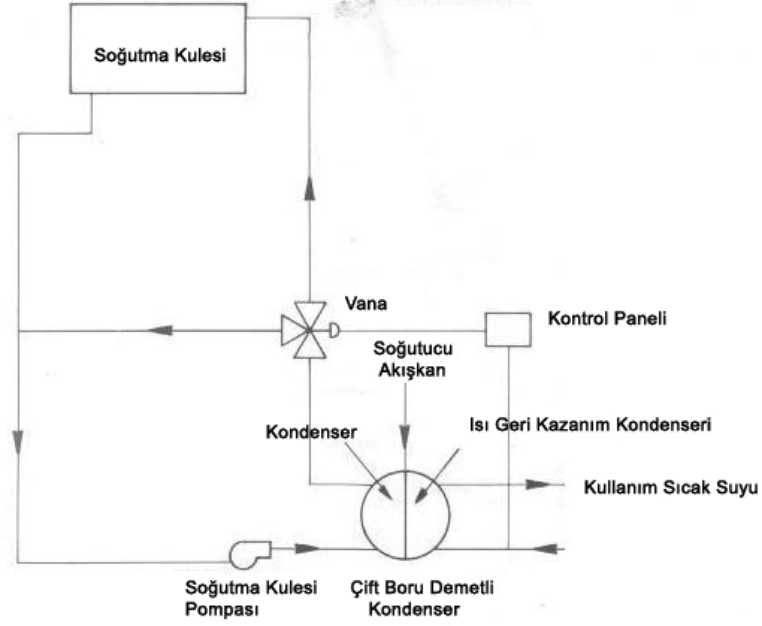
M: kompresörün kütleli debisi

Q : kompresörün hacimsel debisi

H : ilgili noktanın entalpisi

$\rho$  : sıkıştırma başlangıcında soğutucu akışkan yoğunluğudur.





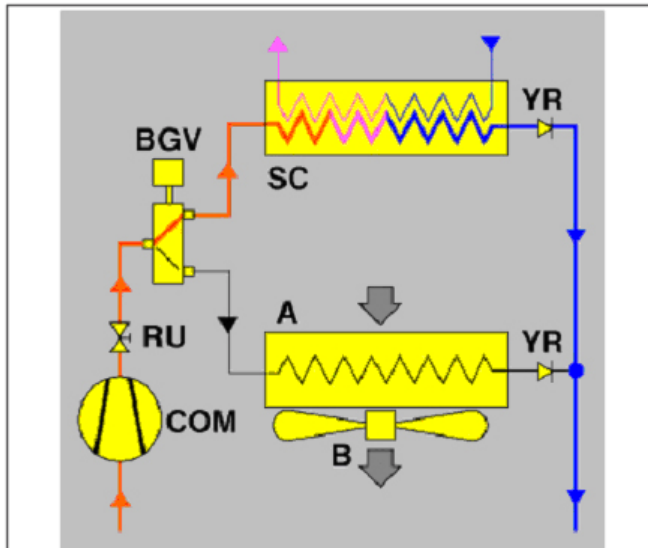
**Şekil 5.** Su soğutmalı kondenserli cihazlarda toplam ısı geri kazanımı uygulama şeması

Oransal kontrolde genelde kule devresi düşük kondenzasyon yapmaya elverişli bile olsa aşırı kızdırma bölgesinden daha büyük ısı geri kazanımlarında yüksek sıcaklıkta kondenzasyon yapılır.

On-off kontrolde ise, gerektiğinde yüksek sıcaklıkta, gerektiğinde ise daha düşük sıcaklıklarda kondenzasyon yapılır. Uygulamalarda on-off kontrol kullanılması tavsiye edilir.

## 5.2. Hava Soğutmalı Kondenserli Cihazlarda Toplam Isı Geri Kazanım Uygulaması

Isı geri kazanım eşanjörü ile hava soğutmalı kondenser paralel olarak yerleştirilir. On-off kontrollü bir üç yollu vana soğutucu akışkanı mikroişlemci kontrolüne bağlı olarak birinden diğerine doğru yönlendirir. Prensipte ve uygulama şeması Şekil 6'da verilmiştir.



### Kısaltmalar

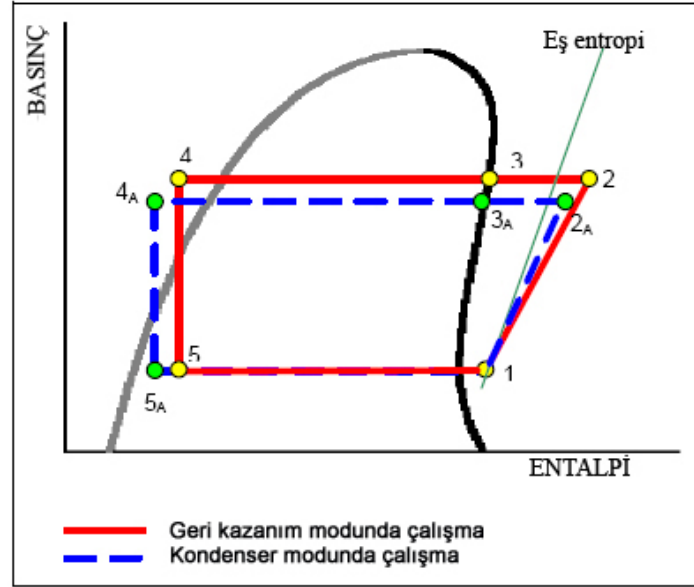
COM	Kompresör
RU	Kapatma Vanası
SC	Geri kazanım eşanjörü
BGV	Ayrıştırıcı vana
YR	Çekvalf
A	Kondenser
B	Fan

**Şekil 6.** Hava soğutmalı kondenserli cihazlarda toplam ısı geri kazanımı prensip ve uygulama şeması

## 6. SOĞUTMA GRUPLARINDAKİ TOPLAM ISI GERİ KAZANIMININ SOĞUTMA ÇEVİRİMİ PERFORMANSI ÜZERİNE ETKİSİ

Hem su soğutmalı kondenserli hem de hava soğutmalı kondenserli su soğutma gruplarında benzer bir etki söz konusudur.

Geri kazanım modunda elde eilecek sıcak suyun ilgili kondensere giriş ve çıkış sıcaklıkları tanımlanmış olup genelde 40°C giriş ve 45°C çıkış şeklindedir. Bu sıcaklıkların tanımlanmış olması çoğu zaman normal çalışma koşullarına göre daha yüksek kondenzasyon sıcaklığında çalışmayı gerektirir ve aynı zamanda soğutma kapasitesinde düşüğe de neden olur ve kompresör güç tüketimini artırır. Şekil 7'deki P - I diyagramı üzerinde her iki değişim gösterilmektedir.



Şekil 7. Toplam ısı geri kazanımının soğutma çevrimi üzerine etkisi

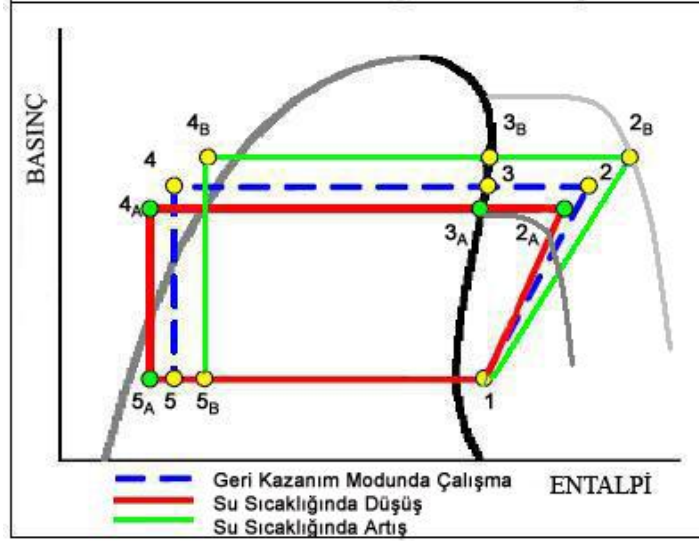
## 7. SU SOĞUTMA GRUPLARINDA TOPLAM ISI GERİ KAZANIMINI ETKİLEYEN PARAMETRELER

Bu parametreler:

- Enerji geri kazanım eşanjöründen çıkan su sıcaklığı,
- Enerji geri kazanım eşanjörüne giren su sıcaklığı,
- Soğutma yükü,
- Evaporasyon basıncı,
- Kompresör verimidir.

### 7.1. Enerji Geri Kazanım Eşanjöründen Çıkan Su Sıcaklığının Toplam Isı Geri Kazanımına Etkisi

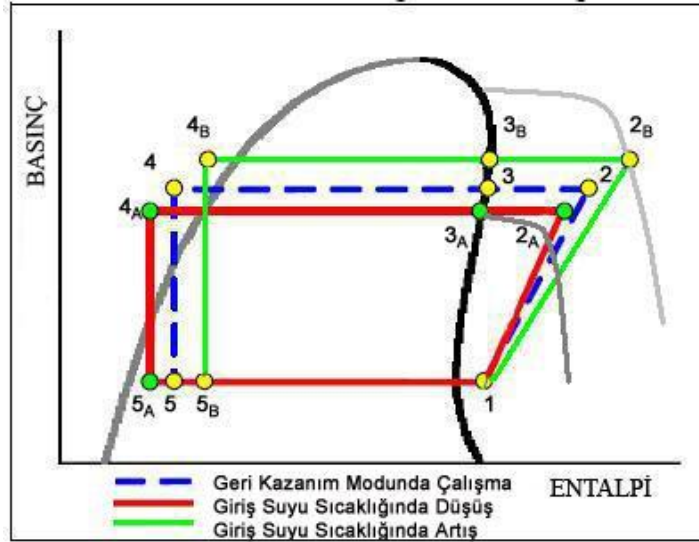
Isı geri kazanımı su giriş çıkış sıcaklıkları farkı olan  $\Delta T$  sabitken belirli şartlarda enerji geri kazanım eşanjöründen çıkan su sıcaklığında düşüş meydana geldiğinde ısı geri kazanım miktarı artar ve verim iyileşir. Eşanjörden çıkan su sıcaklığı arttığında ise ısı geri kazanım miktarı azalır ve verim kötüleşir. Her iki değişim de Şekil 8'de gösterilmektedir.



Şekil 8. Enerji geri kazanım eşanjöründen çıkan su sıcaklığının toplam ısı geri kazanımına etkisi

### 7.2. Enerji Geri Kazanım Eşanjörüne Giren Su Sıcaklığının Toplam Isı Geri Kazanımına Etkisi

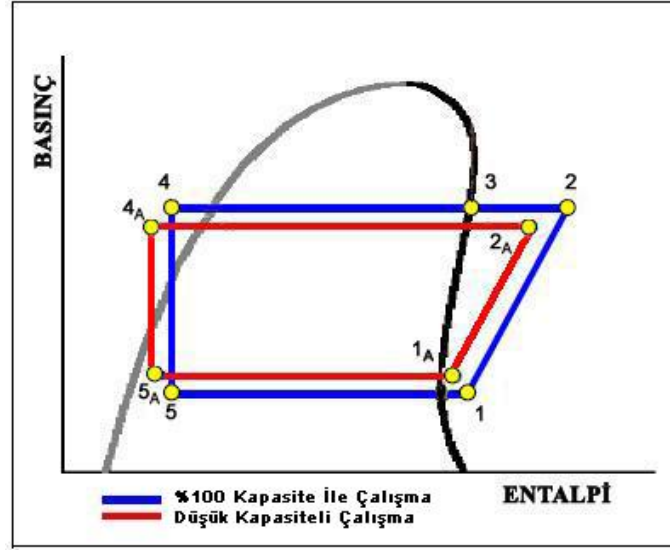
$\Delta T$  sabitken belirli şartlarda enerji geri kazanım eşanjörüne giren ve su sıcaklığında düşüş meydana geldiğinde ısı geri kazanım miktarı artar ve verim iyileşir. Eşanjöre giren su sıcaklığı arttığında ise ısı geri kazanım miktarı azalır ve verim kötüleşir. Her iki değişim de Şekil 9'daki P-I diyagramında gösterilmektedir.



Şekil 9. Enerji geri kazanım eşanjörüne giren su sıcaklığının toplam ısı geri kazanımına etkisi

### 7.3. Soğutma Yükünün Toplam Isı Geri Kazanımına Etkisi

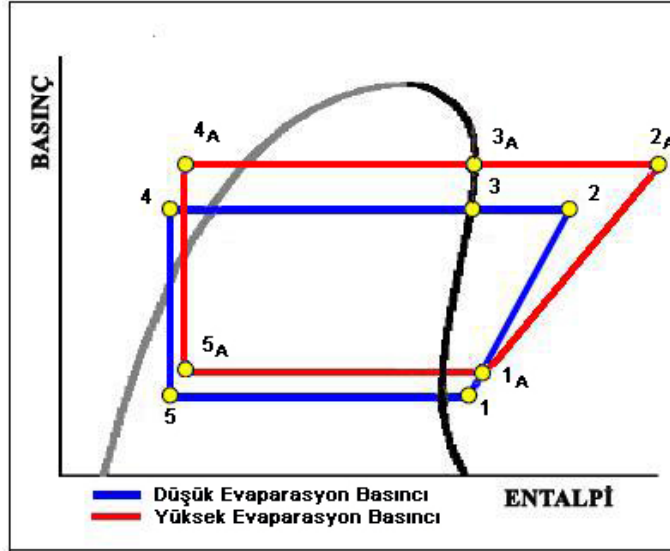
$\Delta T$  sabitken belirli şartlarda soğutma yükü düştükçe sağlanabilecek ısı geri kazanımı miktarı azalır. Soğutma çevrimi yükün %100'ünde çalıştığında maksimum ısı geri kazanımı sağlanır. Bu durum Şekil 10'daki P-I diyagramında gösterilmiştir.



Şekil 10. Soğutma yükünün toplam ısı geri kazanımına etkisi

#### 7.4. Evaporasyon Basıncının Toplam Isı Geri Kazanımına Etkisi

Evaporatör su giriş-çıkış sıcaklıkları farkı olarak ifade edilen  $\Delta T$  sabitken evaporasyon basıncı yükseldiğinde su çıkış sıcaklığı ve kondenzasyon basıncı yükselir ve ısı geri kazanım miktarı artar, düştüğünde ise ısı geri kazanım miktarı azalır. Bu durum Şekil 11'deki P-I diyagramında gösterilmiştir.

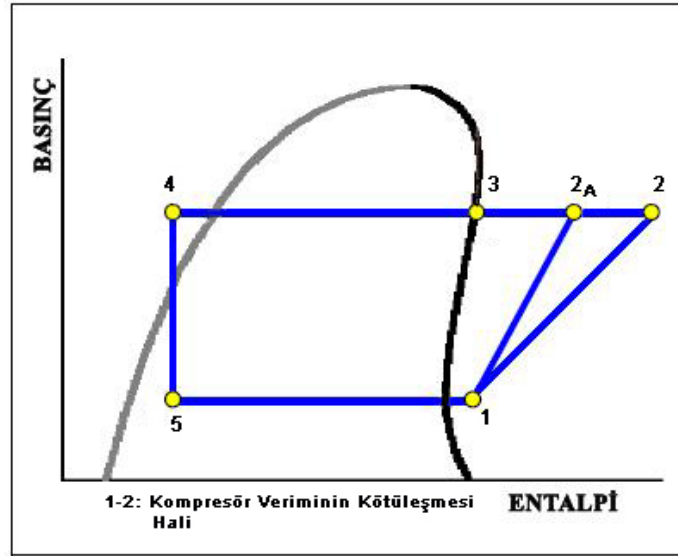


Şekil 11. Evaporasyon basıncının toplam ısı geri kazanımına etkisi

#### 7.5. Kompresör Veriminin Toplam Isı Geri Kazanımına Etkisi

Kompresör veriminin kötüleşmesi geri kazanımı artırır, ancak enerjinin ekonomik kullanımı uygulamalarda esas olduğundan bu yöntem uygulanmaz.

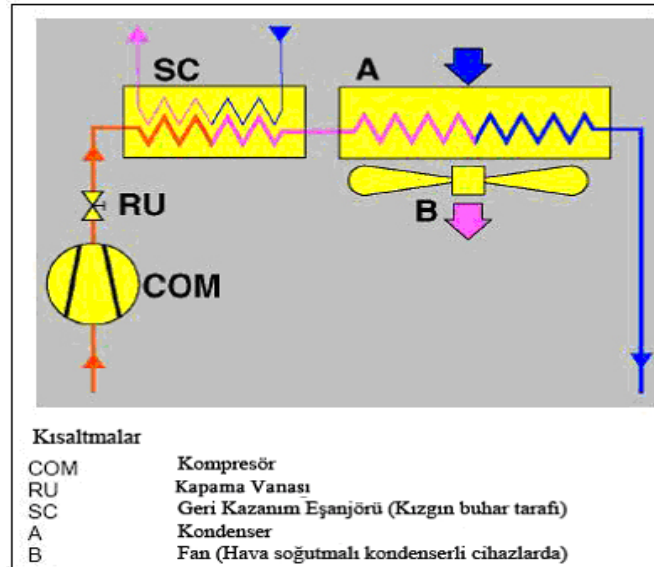




Şekil 12. Kompresör veriminin toplam ısı geri kazanımına etkisi

## 8. SOĞUTMA GRUPLARINDA KISMİ ISI GERİ KAZANIM UYGULAMASI

Kısmi ısı geri kazanım her zaman ana kondenser ile seri şekilde bağlanmış duyulur ısı değiştiricide gerçekleştirilir. Şekil 13'te prensip ve uygulama şeması verilmiştir.



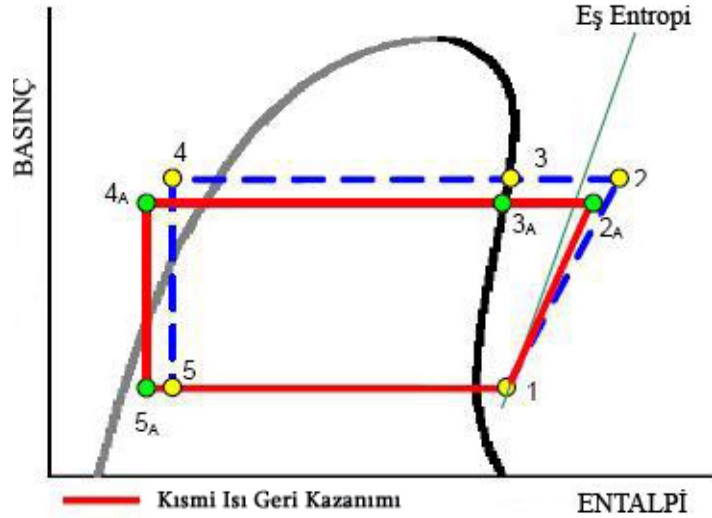
Şekil 13. Soğutma gruplarında ısının kısmi geri kazanımı prensip ve uygulama şeması

Hem su soğutmalı kondenserli hem de hava soğutmalı kondenserli cihazlarda benzer prensipler uygulanır.

## 9. SOĞUTMA GRUPLARINDA KİSMİ ISI GERİ KAZANIMIN SOĞUTMA PERFORMANSI ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

Kısmi geri kazanımının soğutma çevrimi performansı üzerinde olumlu etkisi vardır. Kısmi ısı geri kazanımı eşanjörü kondensere ısı transfer yüzeyi ekler ve kondenserde gaz haldeki kızgın soğutucu akışkanın soğutulması için ayrılan yüzeyde yoğuşma ve aşırı soğutma için kullanılır.

Kondenzasyon basıncı düşer, aşırı soğutma kapasitesi artar, kompresör işi azalır ve verim artar. Bu durum Şekil14'teki P-I diyagramında gösterilmiştir.



Şekil 14. Soğutma gruplarında kısmi ısı geri kazanımının soğutma performansı üzerindeki etkisi

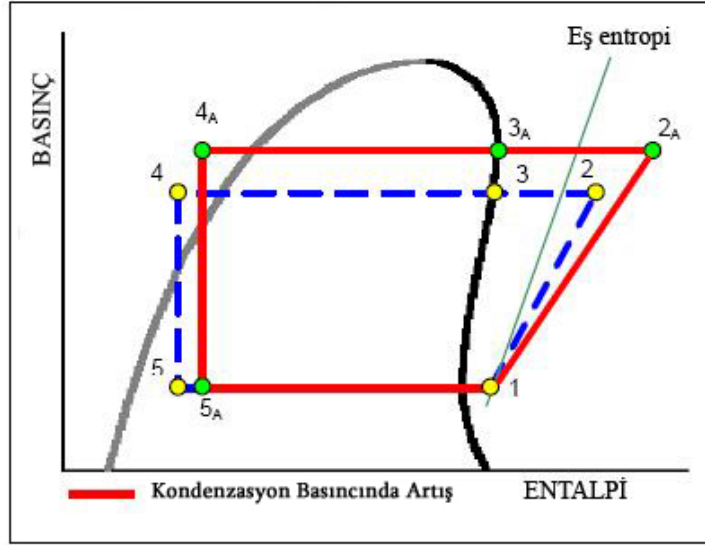
## 10. SOĞUTMA GRUPLARINDA KİSMİ ISI GERİ KAZANIMINI ETKİLEYEN PARAMETRELER

Bu parametreler:

- Kondenzasyon basıncı,
- Evaporasyon basıncı,
- Kompresör verimidir.

### 10.1. Kondenzasyon Basıncının Kısmi Isı Geri Kazanımına Etkisi

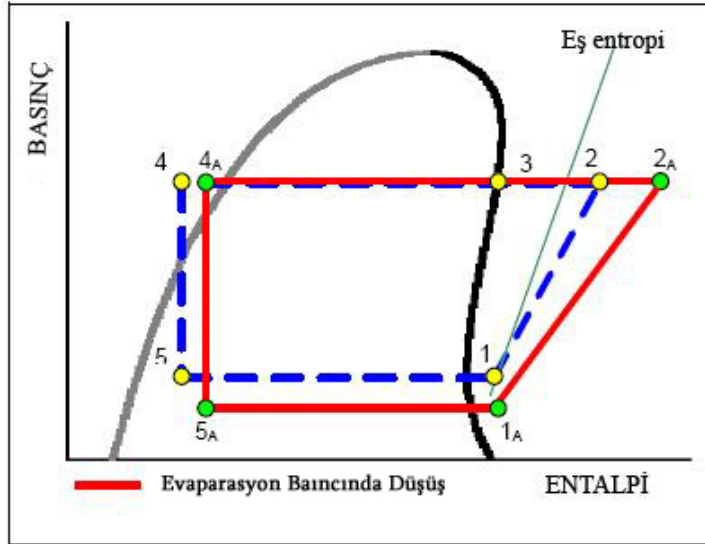
Kondenzasyon basıncı arttığında kompresörün karşılanması gereken basınç farkında artış meydana gelir ve genellikle kompresör verimi kötüleşir ve kısmi ısı geri kazanım eşanjörünün kapasitesi artar. Şekilde gösterildiği üzere kompresörden sıkıştırılmış, kızdırılmış soğutucu akışkan 2 yerine 2<sub>A</sub> noktasından çıkar. Bu durum Şekil 15'deki P,I diyagramında gösterilmiştir.



Şekil 15. Kondenzasyon basıncının kısmi ısı geri kazanımına etkisi

### 10.2. Evaporasyon Basıncının Kısmi Isı Geri Kazanımına Etkisi

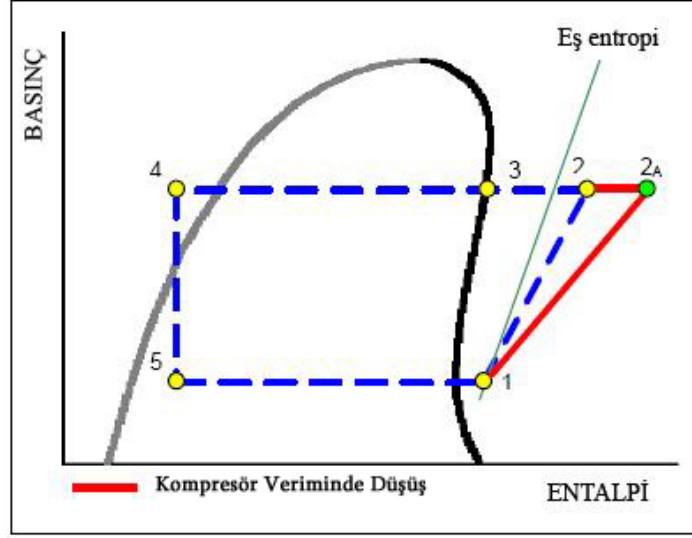
Şekil 16'daki P-h diyagramında da görüleceği üzere evaporatörde üretilen su sıcaklığı düşükçe evaporasyon basıncı da düşer, kompresör verimi kötüleşir ve kısmi ısı geri kazanımı eşanjörü kapasitesi artar.



Şekil 16. Evaporasyon basıncının kısmi ısı geri kazanımına etkisi

### 10.3. Kompresör Veriminin Kısmi Isı Geri Kazanımına Etkisi

Kompresör verimi düşükünde kısmi ısı geri kazanım eşanjörü kapasitesi artar. Bu durum Şekil 17'deki P-h diyagramında gösterilmiştir.



Şekil 17. Kompresör veriminin kısmi ısı geri kazanımına etkisi

## 11. SOĞUTMA GRUPLARINDA TOPLAM ISI GERİ KAZANIMI İLE KİSMİ ISI GERİ KAZANIMININ KARŞILAŞTIRILMASI

Tablo 1. Soğutma gruplarında toplam ısı geri kazanımı ile kısmi ısı geri kazanımının karşılaştırılması

	Toplam Isı Geri Kazanımı	Kısmi Isı Geri Kazanımı
<b>Kapasite</b>	Büyük kapasite Takribi soğutma kapasitesi x (1,2- 1,4)	Küçük kapasite Takribi soğutma kapasitesi x (0,15- 0,4)
<b>Verim</b>	Kötüleşir	İyileşir
<b>Isı Geri Kazanım Suyu Sıcaklığı</b>	50°C Maksimum	R 22 ve R 407 için 55°C maksimum R 134 A için 70°C maksimum
<b>Kullanım Yeri</b>	Yüksek miktarda sıcak su ihtiyacı için, özellikle proses uygulamalarında	Otel ve villaların kullanım sıcak suyu ihtiyaçları için
<b>Uygulama</b> Sıcak Su Depolama ve Dağıtım Tesisatı Isı Geri Kazanım İle İlgili Ana Otomasyon	Gereklidir Montajı uygulama yerinde yapılır	Gereklidir Cihaz üzerinde montajlıdır
<b>Cihaz Soğutucu Akışkan Miktarı</b>	Isı geri kazanımı olmayan soğutma grubuna göre oldukça fazla	Isı geri kazanımı olmayan soğutma grubuna göre bir miktar fazla

## 12. SONUÇ

Bu güne kadar ülkemizde çok az miktarda, özellikle de otellerde kullanım sıcak suyu elde etmek için toplam ısı geri kazanımlı soğutma grupları kullanılmıştır.

Gerek verimin kötüleşmesi, gerekse ihtiyacın çok üzerinde sıcak su üretme kapasitesinin ortaya çıkması nedeniyle bu konuda çeşitli sorunlar yaşanmıştır.

Kısmi ısı geri kazanımı cihazları, özellikle otel uygulamalarında yukarıda bahsedilen dezavantajlara sahip olmadıklarından tercih edilebilirler.

## KAYNAKLAR

- [1] "Refrigeration Circuit - Didactics 9", RC Group Yayınları
- [2] BEŞER E., CANSEVDİ B., Soğutma ve Klima Sistemlerinde Enerji Tasarrufu, 1995 Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi Bildiriler Kitabı, Cilt 2, Sf:625-636, 1995
- [3] Bulletin A9610, Acme Division Heat Transfer Group Yayınları

## ÖZGEÇMİŞ

### Erkut BEŞER

1950 yılında Denizli'de doğdu. 1973 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Makine Mühendisliği Fakültesi'ni bitirdi. Aynı yıl Makine Yüksek Mühendisi olarak TEBA şirketler grubunda göreve başladı. 1979 yılında TEBA Şirketler Grubu bünyesinde kurulan SİSAŞ Soğutma ve İklimlendirme A.Ş.'nin fabrika müdürlüğüne getirildi. TEBA Şirketler Grubu bünyesindeki ENTE A.Ş. ve TEBA İSK. A.Ş.'de genel müdürlük ve başkan yardımcılığı görevlerinde bulundu. Halen RD Grup Enerji Dönüşüm ve İklimlendirme Teknolojileri Şti.'nin yönetim kurulu başkanlığı görevini yürütmektedir.