



T.M.M.O.B

Gemi Makineleri İşletme Mühendisleri Odası

The Chamber of Marine Engineers

GEMİLERDE KULLANILAN SOĞUTMA SİSTEMLERİNİN DEĞİŞKEN ÇEVRE ŞARTLARINA GÖRE PERFORMANS ANALİZİ

TMMOB Gemi Makineleri İşletme Mühendisleri Odası

Dr. Veysi BAŞHAN



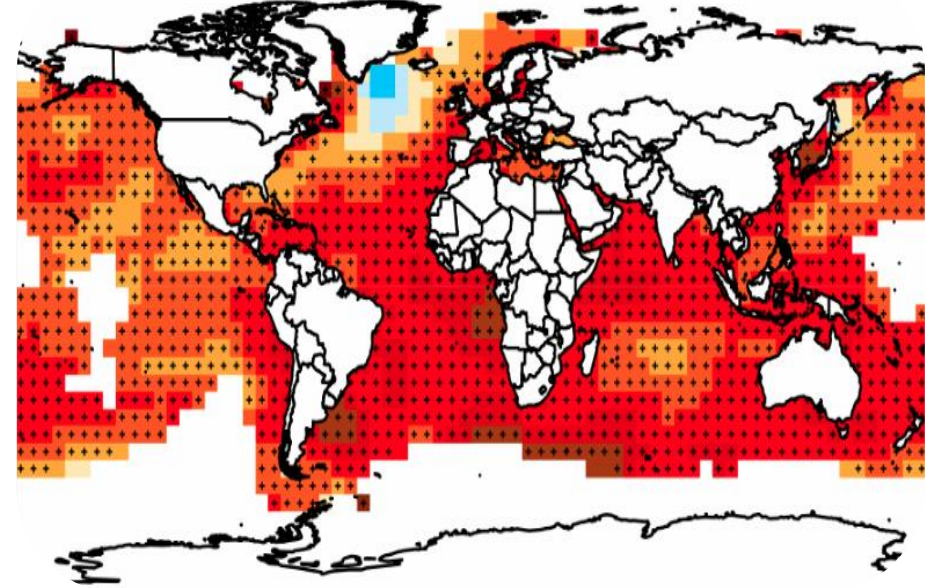
İÇERİK

- ✓ Soğutma makineleri ve ısı pompaları kavramlarının tanıtılması
- ✓ İdeal buhar sıkıştırmalı soğutma çevriminin incelenmesi
- ✓ Gerçek buhar sıkıştırmalı soğutma çevriminin incelenmesi
- ✓ En doğru soğutucu akışkanın seçimi
- ✓ İklimlendirme ve kavramlar
- ✓ Deniz suyu sıcaklığının etkisi ve tasarruf potansiyeli
- ✓ Örnek bir geminin tüm soğutma performansı
- ✓ Değişken devirli kompresör ve inverter kullanımı
- ✓ Soğutma sisteminde sık görülen arızalar

HİPOTEZ

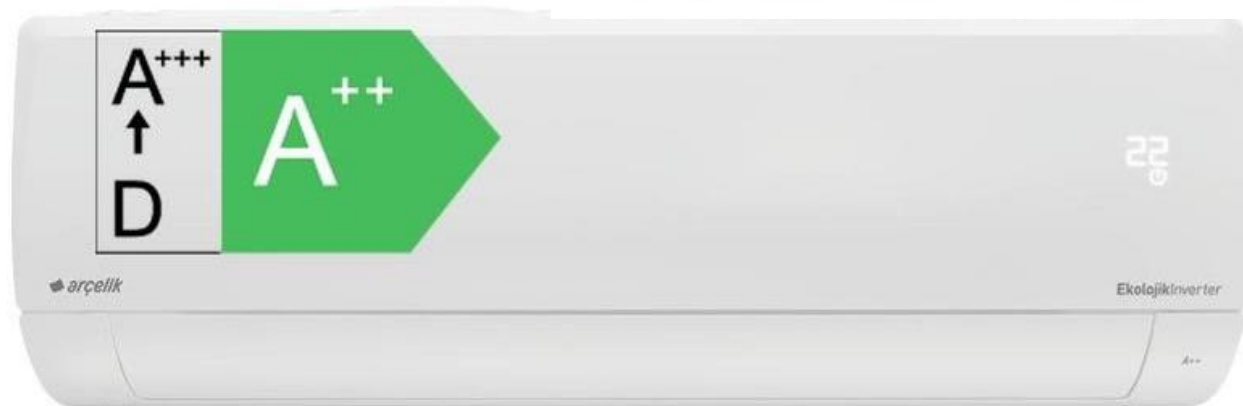


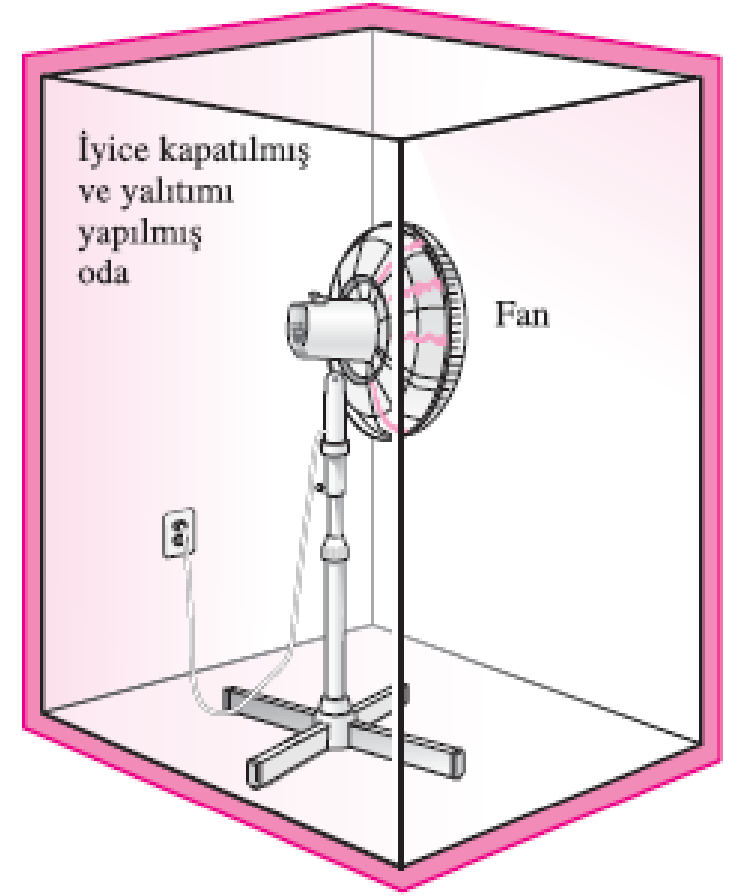
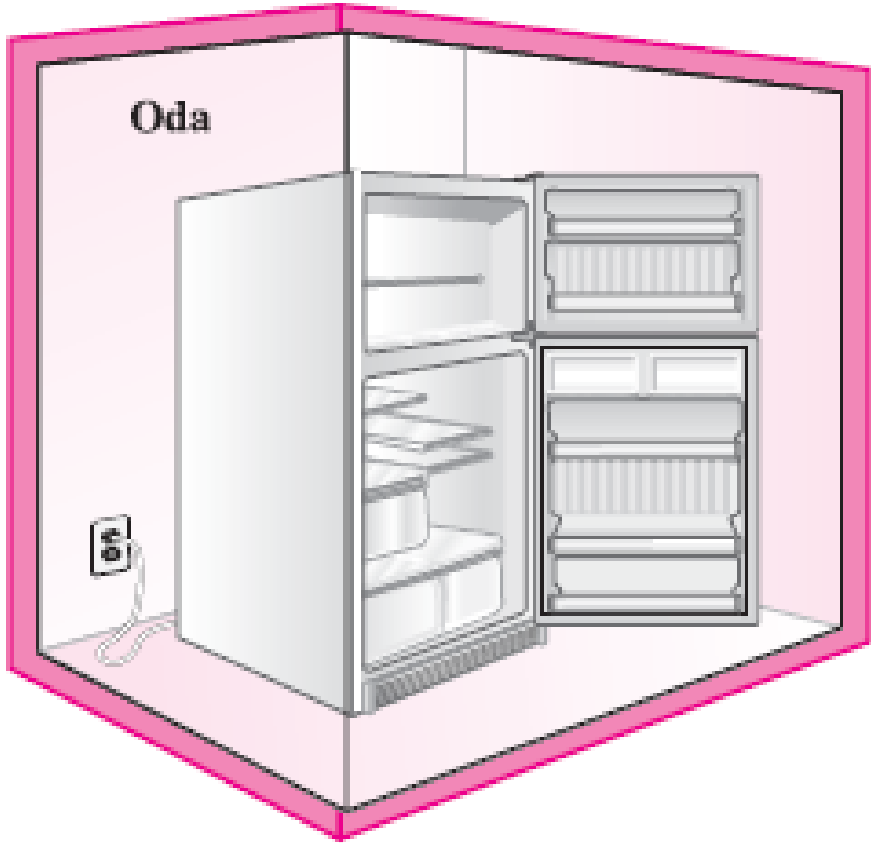
Gemilerdeki Soğutma Sistemlerinin Enerji Tüketiminin Azaltılması



Farklı Deniz Suyu Sıcaklıklarında Operasyon



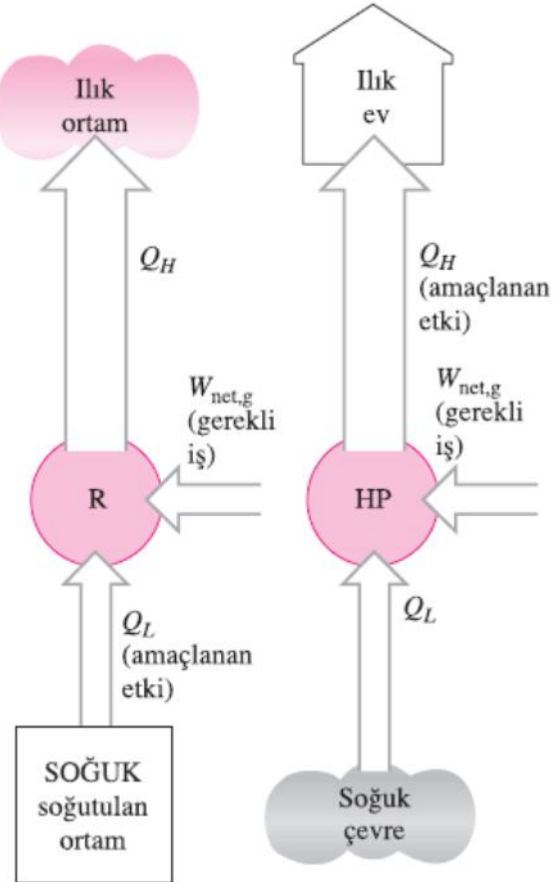




SOĞUTMA MAKİNALARI VE ISI POMPALARI

Düşük sıcaklıktaki ortamdan yüksek sıcaklıktakine ısının aktarılması için soğutma makinaları olarak adlandırılan özel cihazlara gereksinim duyulur.

Soğutma makinaları ve ısı pompaları aslında aynı cihazlar olmakla birlikte, kullanım amaçları farklıdır.



$$COP_{SM} = \frac{\text{Elde edilmek istenen}}{\text{Harcanan}} = \frac{\text{Soğutma etkisi}}{\text{İş girişi}} = \frac{Q_L}{W_{net,g}}$$

$$COP_{IP} = \frac{\text{Elde edilmek istenen}}{\text{Harcanan}} = \frac{\text{Isıtma etkisi}}{\text{İş girişi}} = \frac{Q_H}{W_{net,g}}$$

$$COP_{IP} = COP_{SM} + 1$$

Soğutma makinesinin amacı soğutulan ortamdan ısı çekmektir (Q_L);
Isı pompasının amacı ılık ortama ısı vermektir (Q_H)

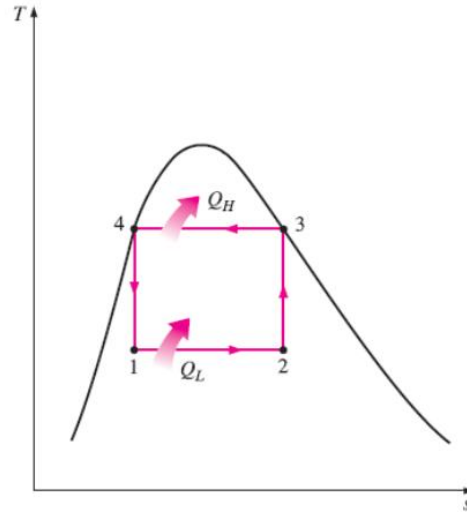
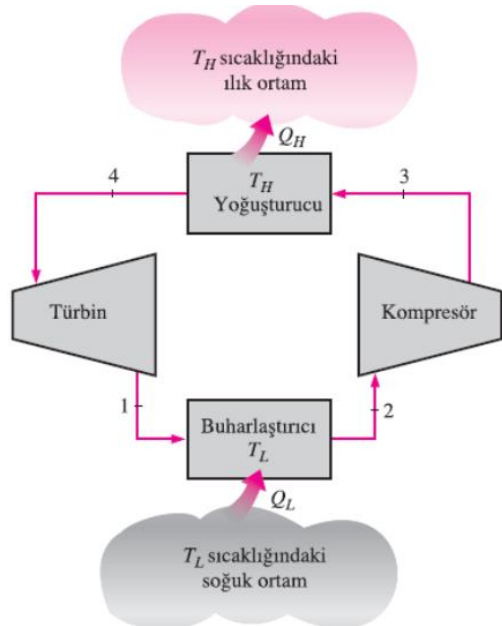
TERS CARNOT ÇEVİRİMİ

Tersinir Carnot Çevrimi iki belirli sıcaklık seviyesi arasında çalışan en etkin soğutma çevrimidir.

Diğer taraftan 2-3 ve 4-1 hal değişimlerinin sağlanması uygulamada pek mümkün değildir.

Çünkü

- ❖ 2-3 hal değişiminde sıvı-buhar karışımının sıkıştırılması gerekmekte ve bunun için de iki evreli akışkanla çalışan bir kompresöre ihtiyaç duyulmaktadır.
- ❖ Diğer taraftan 4-1 hal değişimi sırasında sıvı oranı yüksek soğutkanın türbinde genişmesi gerekir.



$$COP_{SM,Carnot} = \frac{1}{T_H/T_L - 1}$$

$$COP_{IP,Carnot} = \frac{1}{1 - T_L/T_H}$$

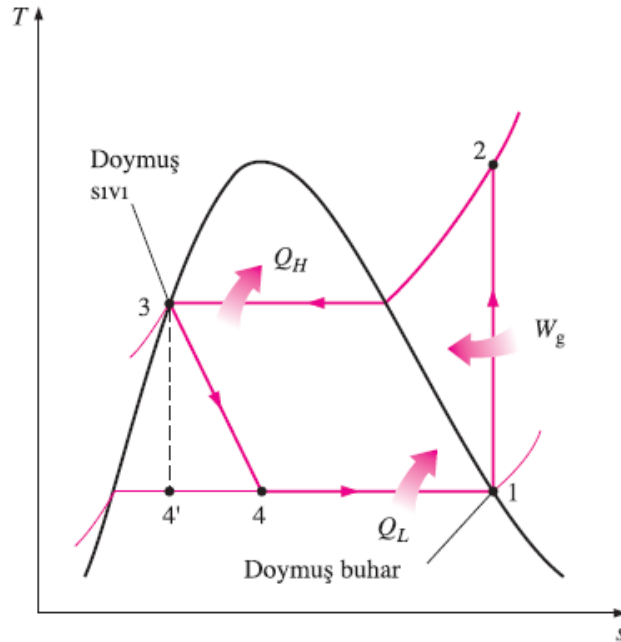
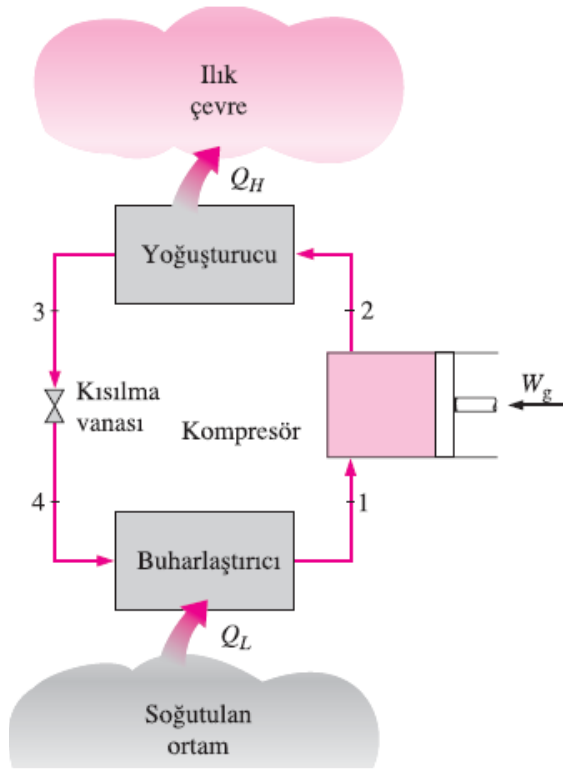
T_L 'nin yükselmesi veya T_H 'nin düşmesi durumunda her iki COP'nin de arttığına dikkat edilmelidir.

Carnot soğutma makinesinin düzeni ve Ters Carnot çevriminin T-s diyagramı.

İDEAL BUHAR SIKIŞTIRMALI SOĞUTMA ÇEVİRİMİ

Buhar sıkıştırımlı soğutma çevrimi soğutma makinaları için ideal bir çevrimdir.

Ters Carnot çevriminin aksine soğutucu akışkan sıkıştırılmadan önce tümüyle buharlaştırılır ve türbinin yerini kısılma vanfı ile kısılma işlemi alır.



- | | |
|-----|---|
| 1-2 | Kompresörde izantropik sıkıştırma |
| 2-3 | Yoğunlaştırıcıda çevreye sabit basınçta ısı verilmesi |
| 3-4 | Genleşme cihazında kısılma |
| 4-1 | Buharlaştırıcıda sabit basınçta ısı alınması |

Soğutucular ve ısı pompaları için yaygın kullanılan A-C sistemleri

İdeal buhar sıkıştırımlı soğutma çevriminin düzeni ve T-s diyagramı

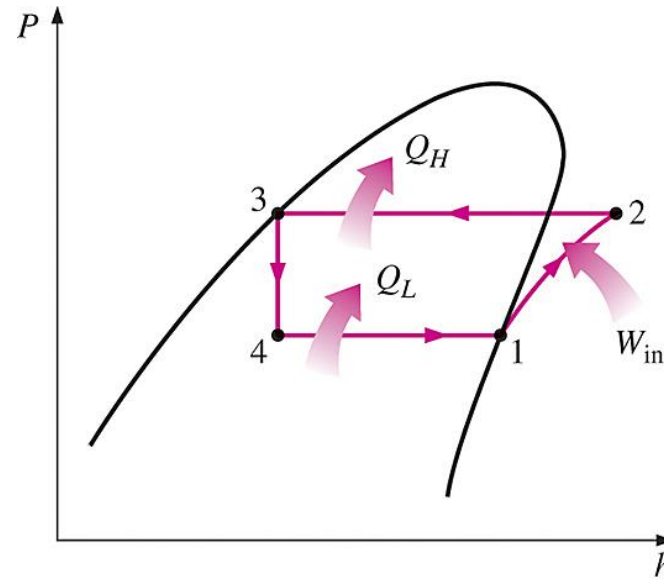
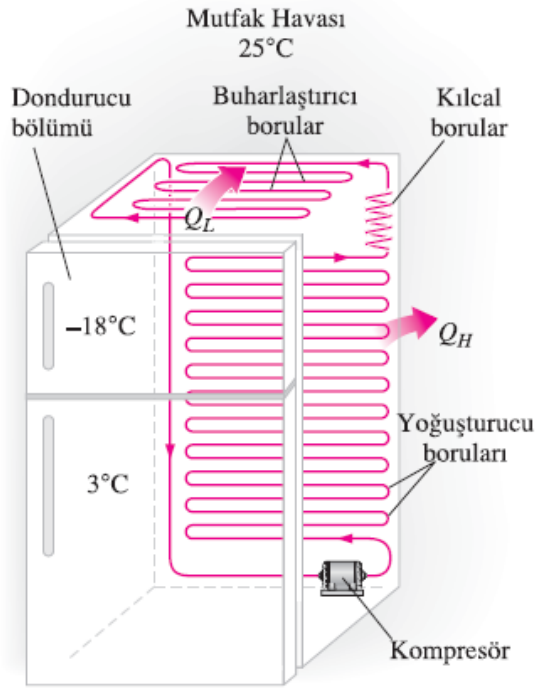
İDEAL BUHAR SIKIŞTIRMALI SOĞUTMA ÇEVİRİMİ

İdeal çevrimlerden farklı olarak, ideal buhar sıkıştırırmalı soğutma çevriminde tersinmez bir hal değişimi (kısılma) olduğundan içten tersinir bir çevrim değildir.

Kısılma vanası yerine bir türbin kullanmak hem daha masraflı olacağı hem de sistemi daha karmaşık yapacağı için uygulanmaz.

Sürekli akış için enerji dengesi

$$(q_g - q_{\dot{c}}) + (w_g - w_{\dot{c}}) = h_{\dot{c}} - h_g$$



$$COP_{SM} = \frac{q_L}{w_{net,g}} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1}$$

$$COP_{IP} = \frac{q_H}{w_{net,g}} = \frac{h_2 - h_3}{h_2 - h_1}$$

İdeal buhar sıkıştırırmalı soğutma çevriminin P-h diyagramı

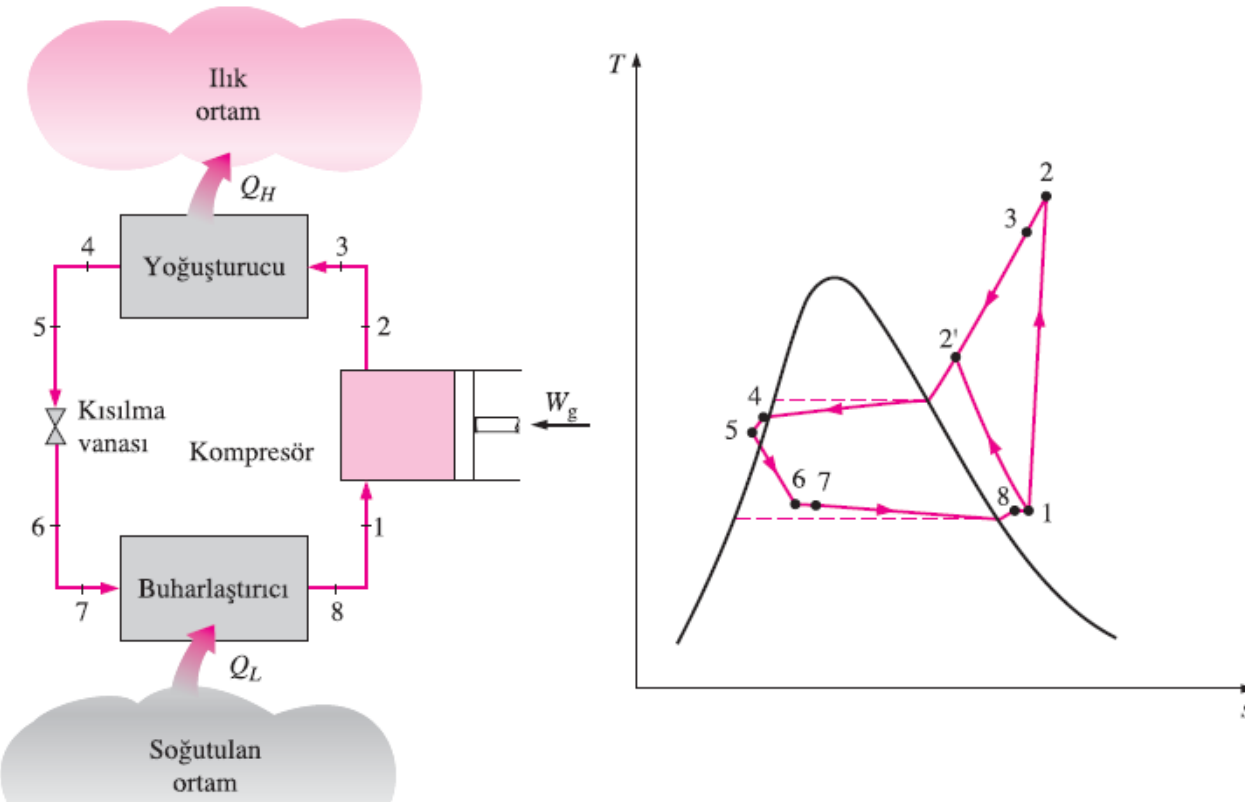
Bir ev buzdolabı

GERÇEK BUHAR SIKIŞTIRMALI SOĞUTMA ÇEVİRİMİ

Gerçek buhar sıkıştırımlı soğutma çevrimi ideal olandan bazı bakımlardan farklı olup, bu durum genellikle çevrimi oluşturan çeşitli elemanlardaki tersinmezliklerden kaynaklanır.

Tersinmezliğin iki ana kaynağı, basıncın düşmesine neden olan **akışkanın sürtünmesi** ve **çevreyle yapılan ısı alışverişidir**.

Tersinmezliklerin sonucu olarak COP azalır.



FARKLILIKLAR

1. İzantropik olmayan sıkıştırma
2. Buharlaştırıcı çıkışındaki kızgın buhar
3. Yoğuşturucu çıkışındaki sıkıştırılmış sıvı
4. Yoğuşturucu ve buharlaştırıcı çıkışındaki basınç düşüşleri

Gerçek buharlı çevrimin düzeni ve T-s diyagramı.

HANGİ SOĞUTUCU AKIŞKANI KULLANMALIYIZ?



R11



R12



R123



R134A



R401A



R410A



R402A



R404



R407C



R502A



R500



R507

HANGİ SOĞUTUCU AKIŞKANI KULLANMALIYIZ?

| Soğutucu Madde | Bileşimi (Ağırlıkça) |
|-----------------------|------------------------------------|
| R401A | % 52 R22 + % 33 R124 + % 15 R152a |
| R402A | % 38 R22 + % 60 R125 + % 2 R290 |
| R404A | % 44 R125 + % 4 R134a + % 52 R143a |
| R407A | %20 R32 + %40 R125 + % 40 R134a |
| R407B | %10 R32 + % 70 R125 + % 20 R134a |
| R407C | %23 R32 + % 25 R125 + % 52 R134a |
| R410A | %50 R32 + % 50 R125 |
| R500 | % 73,8 R12 + % 26,2 R152a |
| R502 | % 51,2 R115 + % 48,8 R22 |
| R507 | % 50 R125 + % 50 R143a |

Soğutucu Akışkanların Çevreye Etkileri

| Soğutucu Akışkan | Atmosferik Ömrü | ODP Ozon İnceltme Potansiyeli | GWP(CO2) Ozon tüketme potansiyeli | GWP(R-11) Küresel Isınma Potansiyeli |
|------------------|-----------------|-------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|
| R-11 | 60 yıl | 1.0 | 3300 | 1.0 |
| R-12 | 120 yıl | 1.0 | 10 000 | 3.1 |
| R-113 | 90 yıl | 0.8 | 4500 | 1.3 |
| R-114 | 200 yıl | 0.7 | 13000 | 4.2 |
| R-115 | 400 yıl | 0.4 | 25000 | 9.8 |
| R-500 | - | 0.74 | 2700 | |
| R-502 | - | 0.33 | 13300 | 5.1 |
| R-22 | 15.3 yıl | 0.05 | 1100 | 0.37 |
| R-123 | 2 | 0.02 | 28 | |
| R-134a | 15.5 yıl | 0 | 900 | 0.29 |

Atmosferdeki serbest klor bileşiklerinin ozon tabakasına zarar verdiği bilinmektedir.

*GWP = Global Warming Potential

- ❖ CFC'lerin ozona olan etkileri Ozon Delme Faktörü (ODP) olarak adlandırılmış olup bu faktör için R-11 gazı referans alınmıştır.
- ❖ R-11 gazı için yeni HFC türü akışkan R-123 gazı, R-12 için ise R-123a gazları geliştirilmiştir.
- ❖ R-22 ve R-502 yerine ise R-404A, R-407C ve R-507 alternatif akışkan karışımları bulunmuştur.
- ❖ Soğutucu akışkanların çevreye ikinci bir zararı atmosferde sera etkisi oluşturmalarıdır.
- ❖ Küresel Isınma Faktörü (GWP) olarak adlandırılan bu etki için CO2 gazı referans alınmıştır.

DOĞRU SOĞUTKANIN SEÇİMİ

- ❖ Bir soğutma sistemini tasarlariken seğilebilecek birçok soğutkan vardır. Bunlar arasında kloroflorokarbonlar (CFC), amonyak, hidrokarbonlar (propan, etan, etilen vb), karbondioksit, hava (uçakların iklimlendirmesinde kullanılan) ve hatta su (donma noktasının üzerindeki uygulamalarda) sayılabilir.
- ❖ **R-11, R-12, R-22, R-404a, R-134a, ve R-502** piyasada kullanılan soğutucu akışkanların büyük bölümünü oluşturmaktadır.
- ❖ Endüstriyel ve büyük ölçekli ticari sektörler, zehirleyici olmasına rağmen amonyağı tatmin edici bulmuşlardır.
- ❖ Büyük kapasitedeki su soğutuculu bina iklimlendirme sistemlerinde en çok R-11 kullanılmaktadır.
- ❖ R-12'den ev tipi buzdolaplarında ve derin dondurucularda ve otomobil klimalarında yararlanılmaktadır.
- ❖ R-22 pencere tipi klima cihazlarında, ısı pompalarında, büyük binaların merkezi iklimlendirme sistemleri ile endüstriyel soğutma sistemlerinde kullanılmakta ve benzer sistemlerde ki amonyak ile rekabet halinde bulunmaktadır.

DOĞRU SOĞUTKANIN SEÇİMİ

- ❖ R-22'nin bir karışımı olan R-502, süpermarketler gibi ticari soğutma sistemlerinin kullanıldığı uygulamalarda baskın soğutkandır.
- ❖ Kloroflorokarbonların koruyucu ozon tabakasına zarar vermeleri ile dünya atmosferine daha fazla morötesi ışınımının girmesine neden oldukları 1970'lerin ortalarında fark edilmiş ve bunun da küresel ısınmaya neden olan sera etkisine katkıda bulunduğu anlaşılmıştır.
- ❖ Tam olarak halojenleştirilmiş kloroflorokarbonlar (R-11, R12 ve R-115 gibi) ozon tabakasına en fazla zararı vermektedirler. Tam olarak halojenleştirilmemiş R-22 gibi soğutkanların ozon tüketim kabiliyetleri, R-12'nin yaklaşık %5'i kadardır. Yeryüzünü zararlı morötesi ışınlardan koruyan ozon tabakası dostu soğutkanlar geliştirilmektedir.
- ❖ Sođutkan seçiminde dikkate alınması gereken iki önemli parametre soğutkanın ısı alışverişinde bulunduğu iki ortamın (soğutulan ortam ile çevre) sıcaklıklarıdır.

SOĞUTUCU AKIŞKANLARDA OLMASI GEREKEN ÖZELLİKLER

- ❖ Düşük yoğuşma basıncı olmalıdır.
- ❖ Buharlaşma gizli ısı yüksek olmalıdır. Buharlaşma gizli ısı ne kadar yüksek olursa sistemde o oranda gaz akışkan kullanılacaktır.
- ❖ Kimyasal olarak aktif olmamalıdır, tesisat malzemesini etkilememesi, korozif olmaması, yağlama yağının özelliğini değiştirmemesi gerekir.
- ❖ Yanıcı patlayıcı ve zehirli olmamalıdır.
- ❖ Kaçakların kolay tespitine imkân veren özellikte olmalıdır.(koku, renk)
- ❖ Ucuz olmalıdır.
- ❖ Isı geçirgenliği yüksek olmalıdır.
- ❖ Yalıtkan olmalıdır.
- ❖ Düşük donma derecesi sıcaklığı olmalıdır.

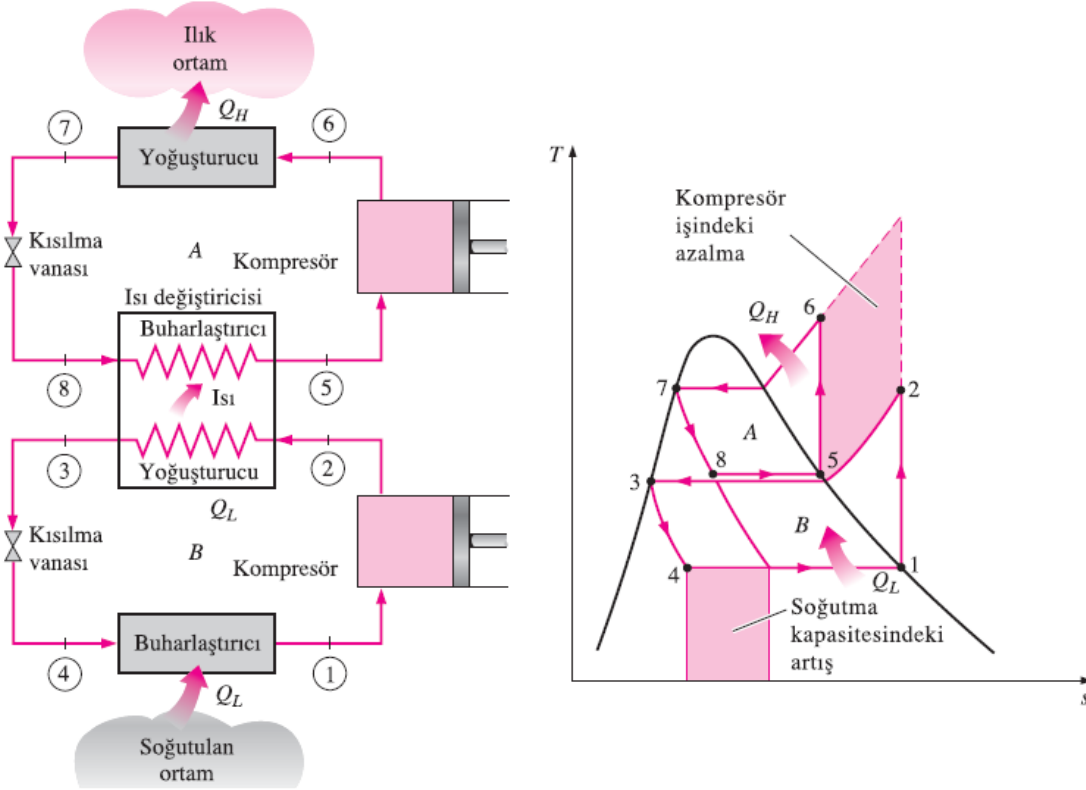
SOĞUTUCU AKIŞKANLARDA OLMASI GEREKEN ÖZELLİKLER

- ❖ Yüksek kritik sıcaklığı olmalıdır.
- ❖ Özgül hacmi küçük olmalıdır.
- ❖ Viskozitesi düşük olmalıdır.
- ❖ Atmosfer basıncında, düşük sıcaklık derecesinde buharlaşabilmelidir.
- ❖ Soğutucu sistemin borularına etki etmemelidir.
- ❖ Sistemde akarken kimyasal yapısı bozulmamalıdır.
- ❖ Kompresördeki makine yağının özelliğini değiştirmemelidir.
- ❖ Ozon tabakasına zarar vermemelidir.

YENİLİKÇİ BUHAR SIKIŞTIRMALI SOĞUTMA SİSTEMLERİ

- Basit buhar sıkıştırırmalı soğutma çevrimi en yaygın olarak kullanılan soğutma çevrimi olup, soğutma uygulamalarının büyük çoğunluğu için yeterlidir.
- Basit buhar sıkıştırırmalı soğutma sistemleri ucuz ve güvenilir olmalarının yanı sıra hemen hemen hiç bakım gerektirmezler.
- Fakat büyük endüstriyel uygulamalarda **basitlikten çok etkinlik önem kazanır.**
- Bazı uygulamalar için basit buhar sıkıştırırmalı soğutma çevrimi yetersiz kalmakta ve iyileştirilmesi gerekir.
- Aşağıda etkinliği artırmak için yapılan düzenlemelerden birkaçı mevcuttur.
 - Ardışık Soğutma Sistemleri
 - Çok Kademeli Sıkıştırma Yapılan Soğutma Sistemleri
 - Tek Kompresör ile Çalışan Çok Amaçlı Soğutma Sistemleri
 - Gazların Sıvılaştırılması

Ardışık Soğutma Sistemleri



Her iki kademede de aynı soğutucu akışkanın kullanıldığı bir ikili soğutma sistemi.

Bazı endüstriyel uygulamalar oldukça düşük sıcaklıklara gereksinim duyarlar ve uygulamanın söz konusu sıcaklık aralığı, basit buhar sıkıştırmalı soğutma çevriminin etkin çalışabilmesi için çok büyük olabilir. Bu gibi durumlarda başvurulan yöntemlerden biri soğutma işlemini iki kademede gerçekleştirmektir.

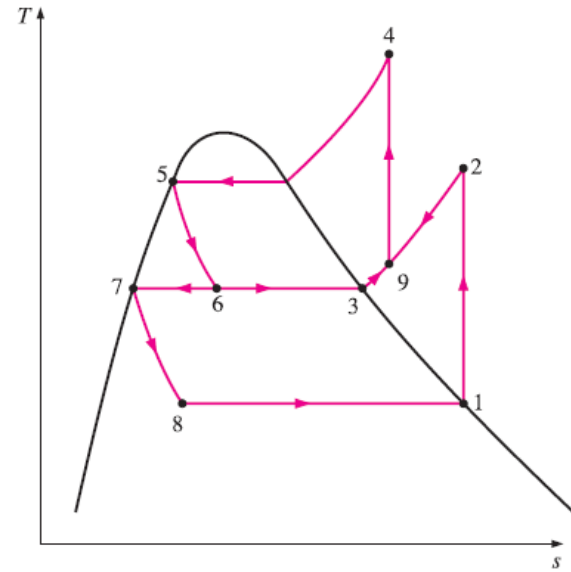
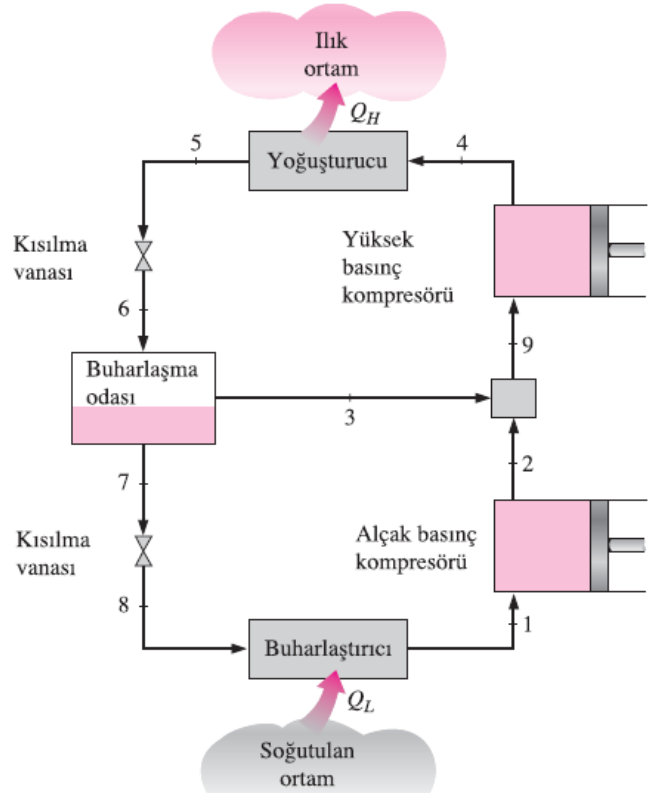
$$\dot{m}_A(h_5 - h_8) = \dot{m}_B(h_2 - h_3) \longrightarrow \frac{\dot{m}_A}{\dot{m}_B} = \frac{h_2 - h_3}{h_5 - h_8}$$

$$\text{COP}_{\text{SM,ardışık}} = \frac{\dot{Q}_L}{\dot{W}_{\text{net,g}}} = \frac{\dot{m}_B(h_1 - h_4)}{\dot{m}_A(h_6 - h_5) + \dot{m}_B(h_2 - h_1)}$$

*Ardışık soğutma soğutma sisteminin COP'sini artırır.

Bazı sistemler üç veya dört kademeli ardışık soğutma kullanır.

Çok Kademeli Sıkıştırma Yapılan Soğutma Sistemleri



Ardışık soğutma sisteminin her tarafında kullanılan akışkan aynı ise, kademeler arasındaki ısı değiştirici yerine ısı aktarımının daha iyi sağlandığı bir karışma odası veya buharlaşma odası kullanılabilir. Bu tür sistemlere çok kademeli sıkıştırma yapılan soğutma sistemleri adı verilir.

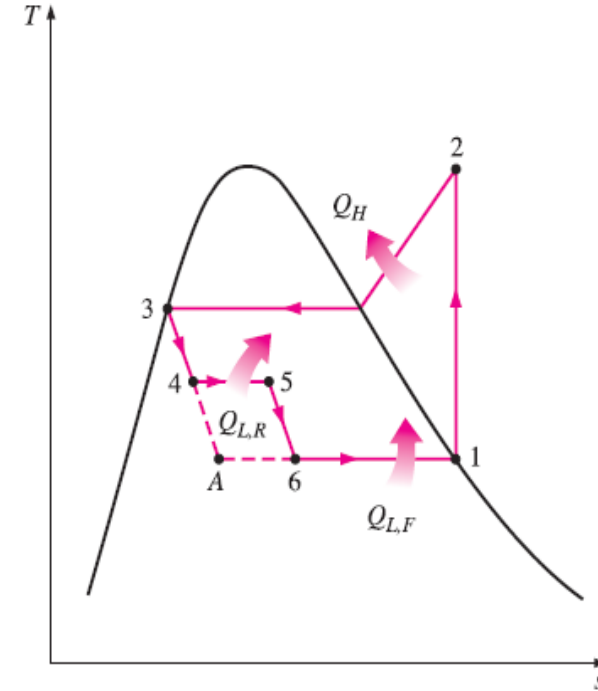
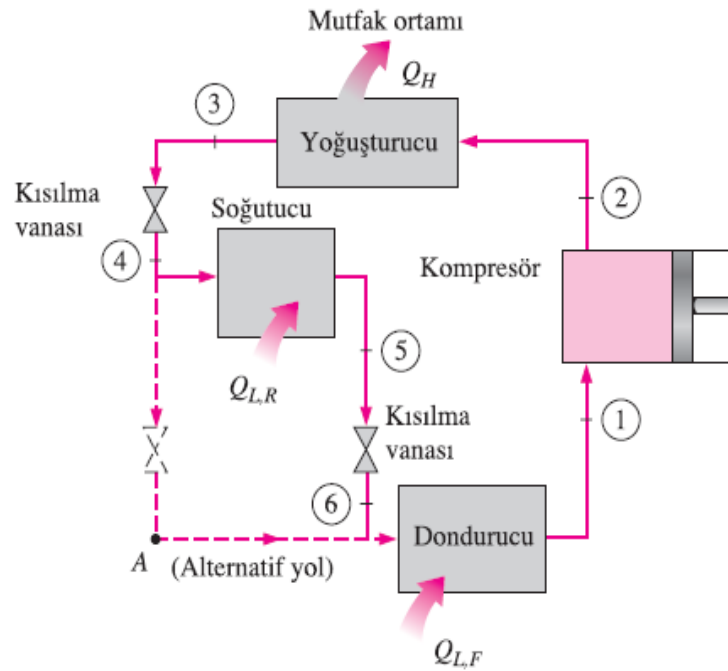
Buharlaştırma odalı iki kademeli sıkıştırmalı bir soğutma sistemi

Tek Kompresör ile Çalışan Çok Amaçlı Soğutma Sistemleri

Bazı uygulamalarda farklı sıcaklıklarda birden çok ortamın aynı anda soğutulması gerekebilir. Bunun üstesinden gelmek için, farklı sıcaklıktaki her bir buharlaştırıcı için ayrı bir genişleme vanası ve ayrı bir kompresör kullanılabilir.

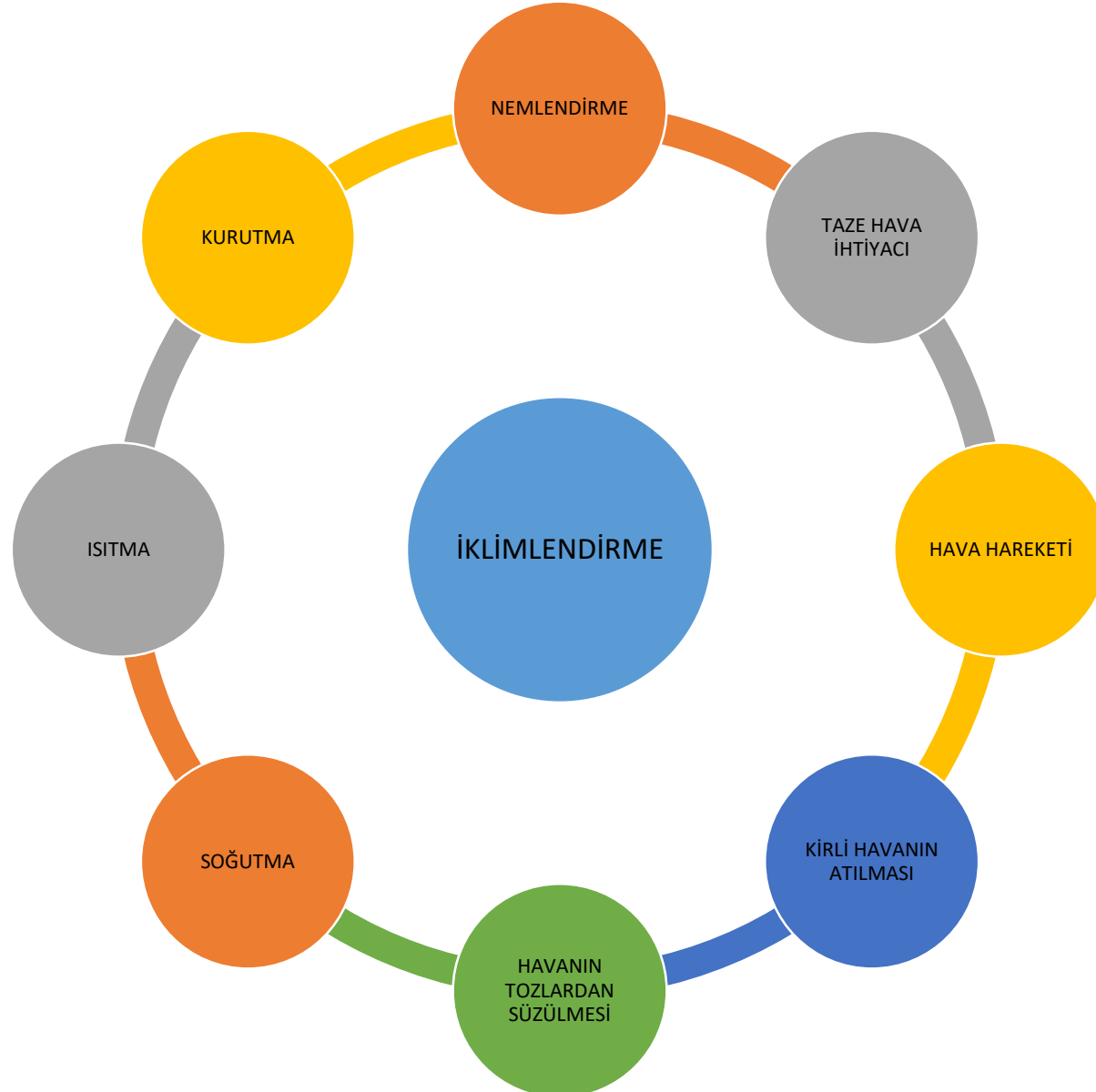
Ancak böyle bir sistem **büyük hacimli ve masraflı** olacaktır.

Daha **uygun ve ekonomik bir çözüm**, buharlaştırıcılardan çıkan tüm akışları tek bir kompresöre yönlendirmek ve sistemin tüm sıkıştırma işini bu kompresörde gerçekleştirmektir.



Dondurucusu olan tek kompresörlü bir soğutma makinesinin T-s diyagramı

İKLİMLENDİRME – TEMEL KAVRAMLAR



İKLİMLENDİRME – TEMEL KAVRAMLAR

KURU HAVA VE ATMOSFERİK HAVA

Atmosferik hava: Hava azot, oksijen ve küçük miktarlardaki başka gazlardan oluşan bir karışımdır.

Atmosfer içindeki hava bir miktar su buharı (veya *nem*) içerir ve bu nedenle **atmosferik hava** diye adlandırılır.

Kuru hava: İçinde su buharı bulunmayan hava ise **kuru hava** diye nitelenir.

$$h_{\text{kuru hava}} = c_p T = (1.005 \text{ kJ/kg} \cdot ^\circ\text{C})T \quad (\text{kJ/kg})$$

$$\Delta h_{\text{kuru hava}} = c_p \Delta T = (1.005 \text{ kJ/kg} \cdot ^\circ\text{C})\Delta T \quad (\text{kJ/kg})$$

Burada T , $^\circ\text{C}$ olarak havanın sıcaklığını ve ΔT sıcaklık değişimini göstermektedir.

İklimlendirme uygulamalarında entalpi *değişimleri* (Δh) üzerinde durulur.

Bu nedenle havadaki su buharı, tek başına bulunması durumunda nasıl davranıyorsa öyle davranır ve $Pv=RT$ ideal gaz hal denklemini sağlar. Böylelikle atmosferik hava, basıncı kuru havanın* (P_a) ve su buharının (P_v) kısmi basınçlarının toplamı olan, ideal bir gaz karışımı olarak incelenir.

Kuru Hava

$$P = P_a + P_v \quad (\text{kPa})$$

P_a Kuru havanın kısmi basıncı
 P_v Buharın kısmi basıncı (Buhar basıncı)
Su buharının kısmi basıncı genellikle **buhar basıncı** diye nitelenir. Bu basınç, su buharının atmosferik hava sıcaklığı ve hacminde tek başına olması durumunda sahip olacağı basıncı göstermektedir.

| KURU HAVA | |
|---------------------|--|
| $T, ^\circ\text{C}$ | $c_p, \text{kJ/kg} \cdot ^\circ\text{C}$ |
| -10 | 1.0038 |
| 0 | 1.0041 |
| 10 | 1.0045 |
| 20 | 1.0049 |
| 30 | 1.0054 |
| 40 | 1.0059 |
| 50 | 1.0065 |

Havadaki su buharının da kuru hava gibi ideal bir gaz olarak kabul edilmesi çok büyük kolaylık sağlar. Hatta bunun için hassaslıktan bir miktar ödün verilmesi bile göze alınabilir.

50 °C sıcaklıkta, suyun doyma basıncı 12.3 kPa'dir. Bu değerden daha düşük basınçlarda, doymuş buhar halinde olsa bile su buharı çok az bir hatayla (%0.2'nin altında) ideal gaz olarak ele alınabilir.

HAVANIN ÖZGÜL NEMİ VE BAĞIL NEMİ

Mutlak nem veya Özgül nem (*humidity ratio*): Havadaki su buharı miktarı değişik biçimlerde tanımlanabilir. Bunu yapmanın muhtemelen en mantıklı yolu **bir birim kuru hava kütleğinde bulunan su buharı kütlelerinin** doğrudan dikkate alınmasıdır. **Bu değer mutlak veya özgül nem (aynı zamanda nem oranı)** diye adlandırılır ve ω ile gösterilir:

$$\omega = \frac{m_v}{m_a} \quad (\text{kg su buharı/kg kuru hava})$$

Özgül nem aşağıdaki bağıntıyla da ifade edilebilir:

$$\omega = \frac{m_v}{m_a} = \frac{P_v V / R_v T}{P_a V / R_a T} = \frac{P_v / R_v}{P_a / R_a} = 0.622 \frac{P_v}{P_a}$$

veya P toplam basınç olmak üzere:

$$\omega = \frac{0.622 P_v}{P - P_v} \quad (\text{kg su buharı/kg kuru hava}) \quad \text{şeklinde tanımlanabilir.}$$

Doymuş hava ve Nispi Nem

Doymuş hava: Nem ile doygun havadır.

Nispi nem: doymuş havaya eklenmeye çalışılan her bir buhar molekülü yoğuşacaktır. Belirli bir sıcaklık ve basınçta bulunan doymuş havadaki su buharı miktarı P_v 'nin, aynı sıcaklıktaki suyun doyma basıncı olan P_g ile değiştirilmesi ile hesaplanabilir.

$$\phi = \frac{m_v}{m_g} = \frac{P_v V / R_v T}{P_g V / R_v T} = \frac{P_v}{P_g}$$

$$P_g = P_{\text{sat}} @ T$$

Doymuş hava için buhar basıncı suyun doyma basıncına eşittir.

HAVA
25°C, 100 kPa
($P_{\text{doy}, \text{H}_2\text{O}} @ 25^\circ\text{C} = 3.1698 \text{ kPa}$)
 $P_v = 0 \rightarrow$ kuru hava
 $P_v < 3.1698 \text{ kPa} \rightarrow$ doymamış hava
 $P_v = 3.1698 \text{ kPa} \rightarrow$ doymuş hava

Gemide Hava Konforu – Bağıl Nem

Gemide atmosferik olarak kendimizi ne kadar rahat hissettiğimiz, havanın içerdiği su buharı miktarıyla tam olarak ilişkilidir.

Ancak bu rahatlığın mertebesi havanın içerdiği su buharı miktarının (m_v), aynı sıcaklıktaki havada bulunabilecek en fazla su buharı miktarına (m_g) oranına daha fazla bağlıdır.

Bu iki büyüklüğün oranına **bağıl nem** adı verilir ve ϕ ile gösterilir

$$\phi = \frac{\omega P}{(0.622 + \omega)P_g} \quad \text{ve} \quad \omega = \frac{0.622\phi P_g}{P - \phi P_g}$$

Bağıl nem 0 (kuru hava için) ile 1 (doymuş hava için) değerleri arasında değişir.

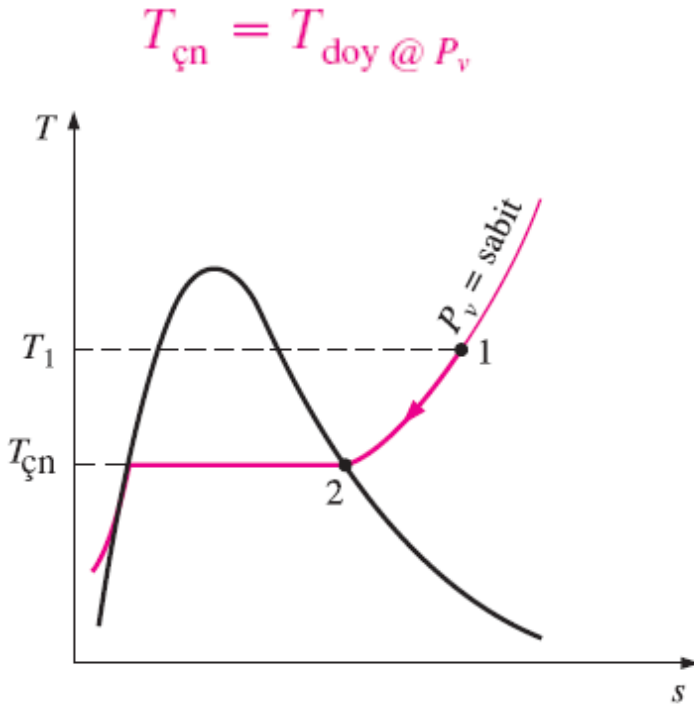
Havada bulunabilecek su buharı miktarının sıcaklığa bağlı olduğuna dikkat edilmelidir.

Bundan dolayı **havanın özgül nemi sabit kalsa bile, bağıl nemi sıcaklıkla değişir.**

Atmosferik hava, kuru hava ve su buharının bir karışımıdır. Bu nedenle havanın entalpisi kuru hava ve su buharının entalpileri yardımıyla ifade edilir.

ÇİY NOKTASI SICAKLIĞI

ÇİY NOKTASI SICAKLIĞI T_{dp} : Çiy noktası sıcaklığı $T_{çn}$, hava sabit basınçta soğutulduğunda yoğuşmanın başladığı sıcaklık diye tanımlanır.



- ❖ Hava sabit basınçta soğurken, buhar basıncı P_v de sabit kalır. Böylelikle havadaki buhar (1 hali), doymuş buhar hattına (2 hali) gelinceye kadar sabit basınçta soğuma işleminden geçer.
- ❖ Bu noktada ki (2 hali) sıcaklık çiy noktası sıcaklığıdır ve sıcaklığın daha da düşmesi durumunda, buharın bir bölümü yoğuşarak karışımdan ayrılır.
- ❖ Bunun sonucu olarak havadaki su buharı ve dolayısı ile P_v 'de azalır. Yoğuşma işlemi sırasında hava doymuş halde kalır ve bağıl nemin %100 olduğu doymuş buhar eğrisini izler. Doymuş havanın çiy noktası sıcaklığı ile kuru termometre sıcaklığı aynıdır.

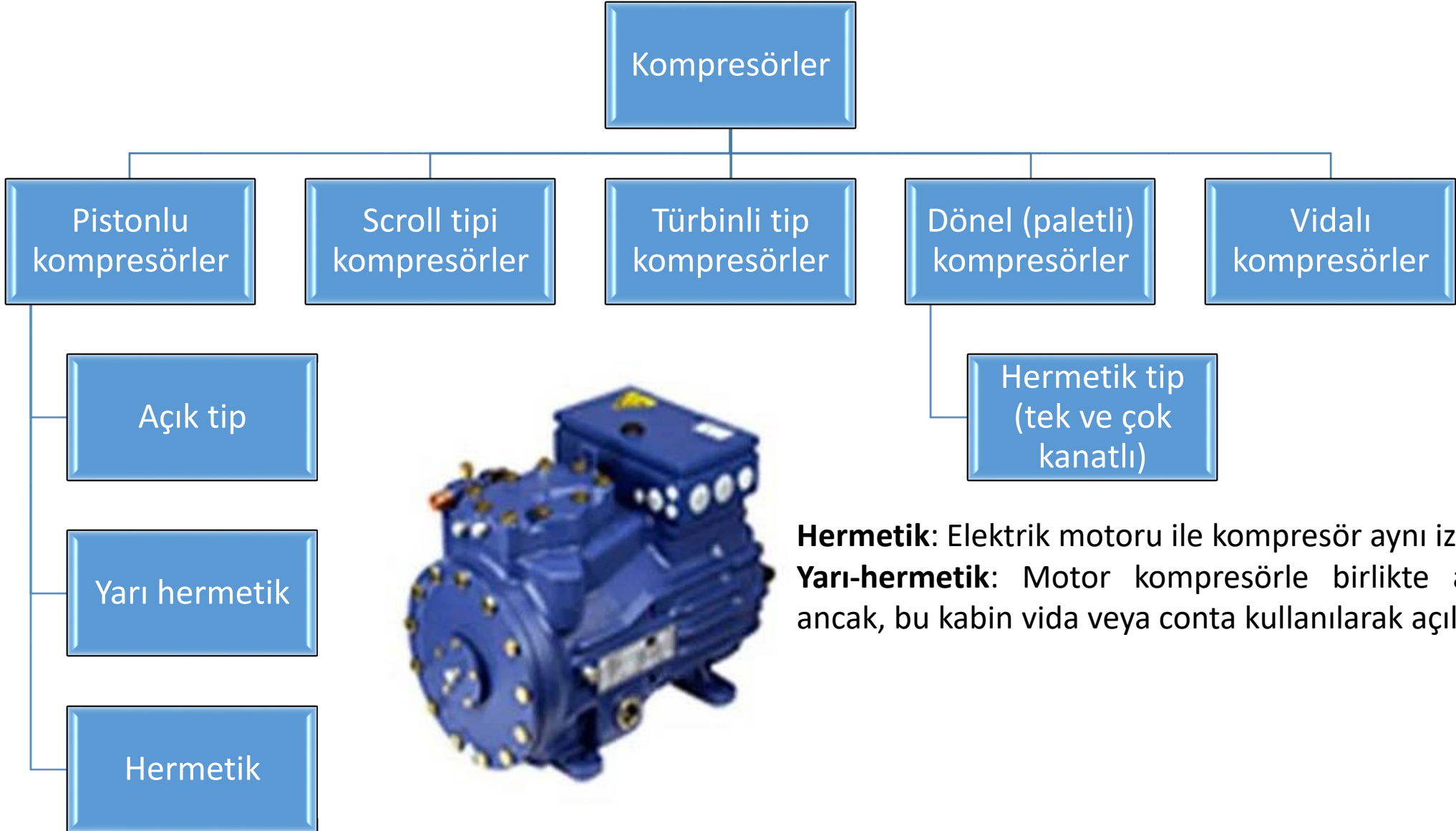
ÇİY NOKTASI SICAKLIĞI



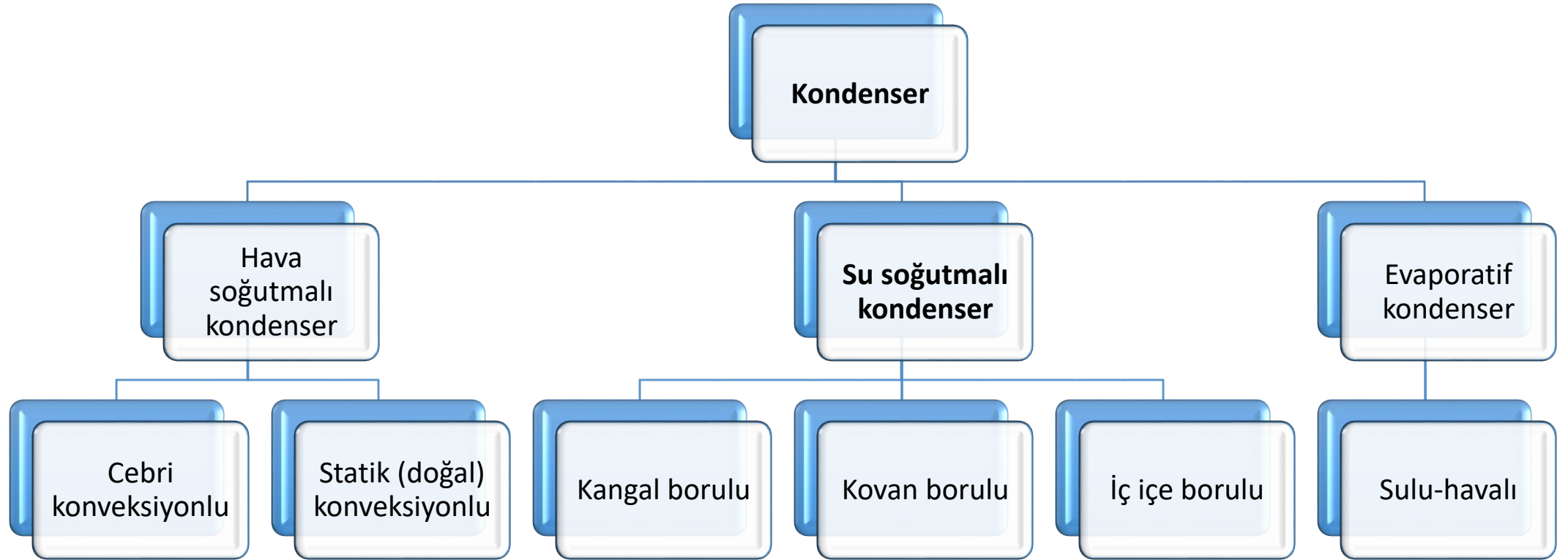
Nemli ve sıcak bir yaz gününde, buzdolabından soğuk bir kutu soda çıkarıldığı zaman dış yüzeyinin buğulandığı görülür.

Kutu yüzeyinde buğulanma olması, soda sıcaklığının çevre havasının çiy noktası sıcaklığının altında olduğunu gösterir.

Soğutma Kompresörü Çeşitleri



Kondenser Çeşitleri

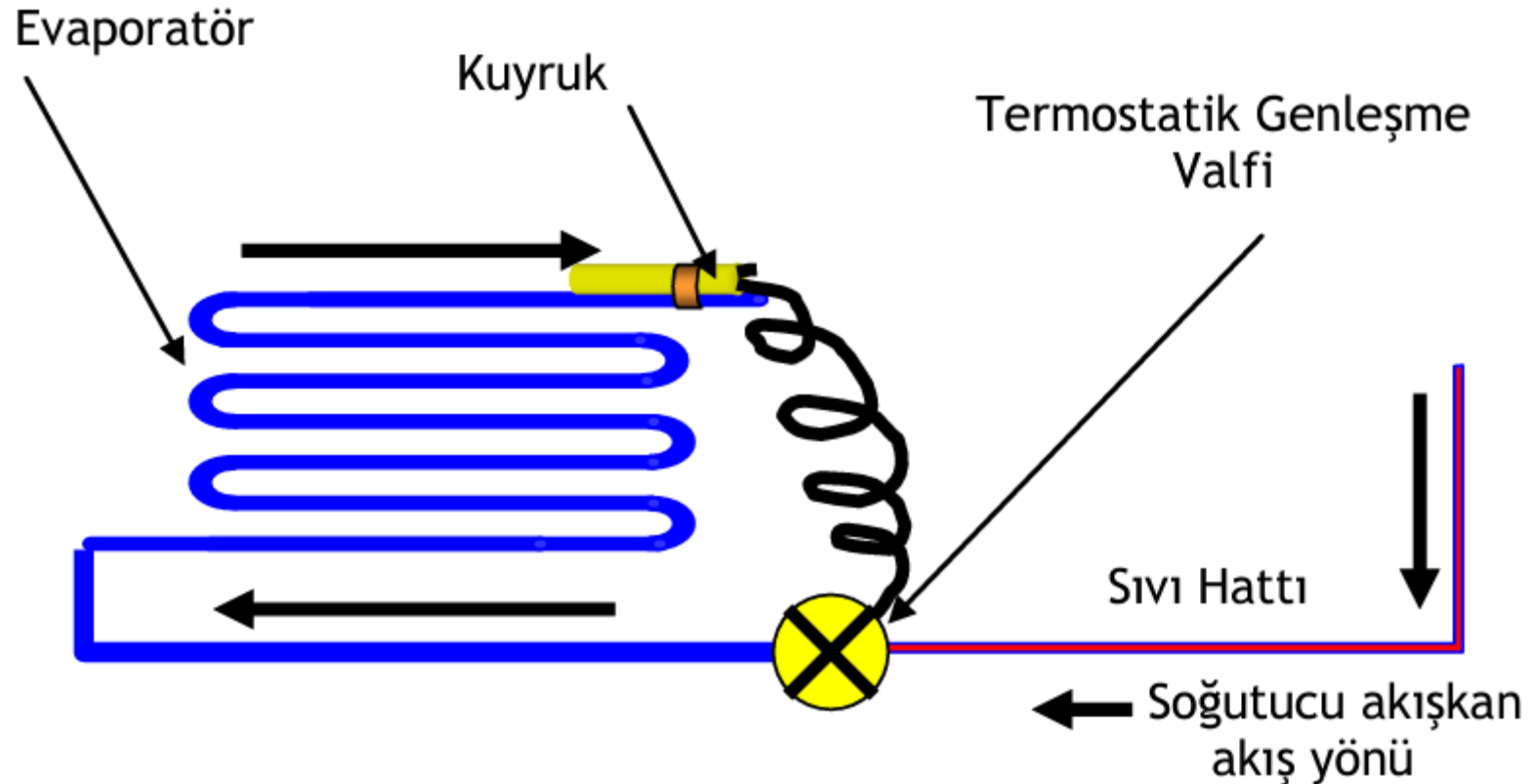


Evaporatör (Buharlaştırıcı-Soğutucu) Çeşitleri



Termostatik Genleşme Valfi (TGV)

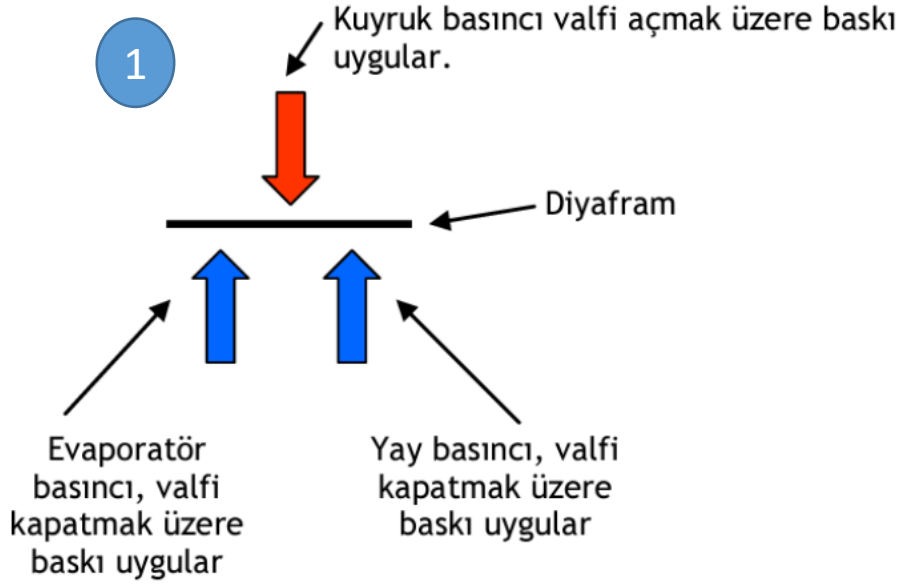
- Evaporatöre doğru miktarda soğutucu akışkan gönderilmesini sağlar ve soğutucu akışkanın basıncını buharlaşma basınç ve sıcaklığına düşürür.
- Sıvı hattında evaporatörün girişine monte edilir.
- TGV, evaporatörde sabit bir kızgınlık (superheat) değeri elde edilmesini sağlar.
- Kızgın buhar halindeki soğutucu akışkanın içerisinde sıvı halde soğutucu akışkan bulunmaz. Böylece kompresöre sıvı yürümesi riski ortadan kalkar.
- Eğer evaporatörde kızgınlık değeri fazla ise TGV açar.



Termostatik Genleşme Valfi (TGV)

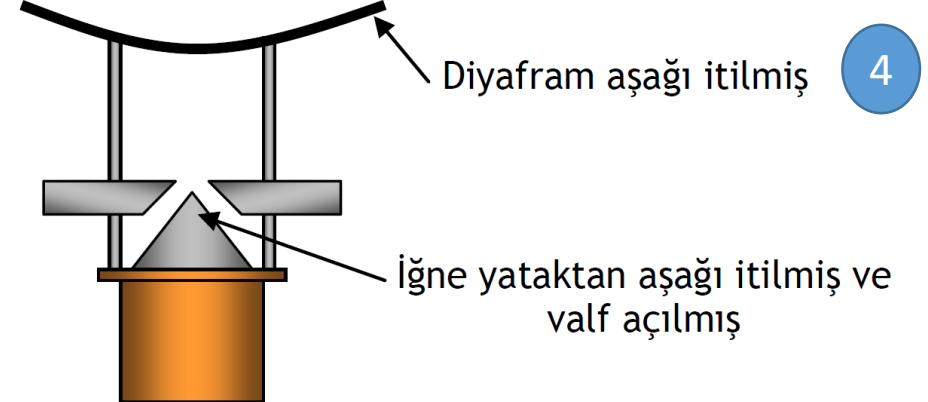
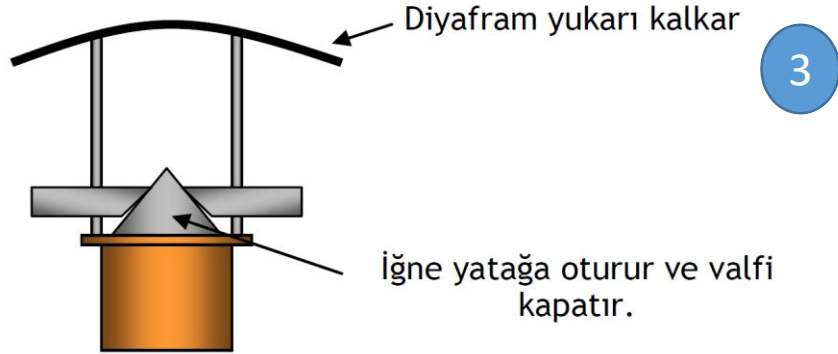
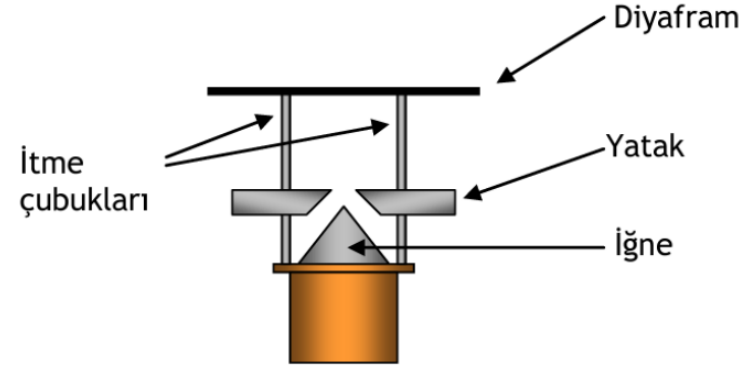
TGV Elemanları

- Valf gövdesi
- Diyafram
- İğne ve yatağı
- Yay
- Ayar vidası
- Kuyruk



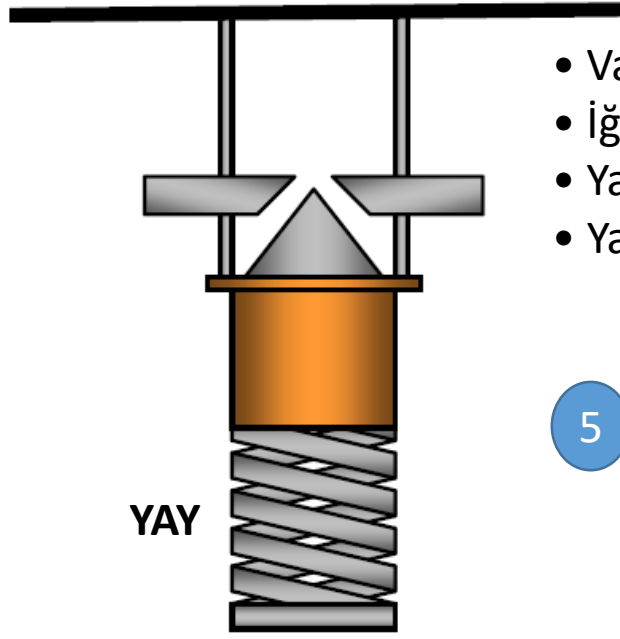
VALF İĞNESİ VE YATAĞI

- 2
- Valfte soğutucu akışkan kontrolünü sağlar
 - Paslanmaz çelikten imal edilmiştir.
 - İğne ve yatak üzerindeki basınç farkının artması, valften geçen soğutucu akışkan miktarını arttırır.



Kuyruk basıncı yay ve evaporator basıncını yenerse valf açar.

Termostatik Genleşme Valfi (TGV)



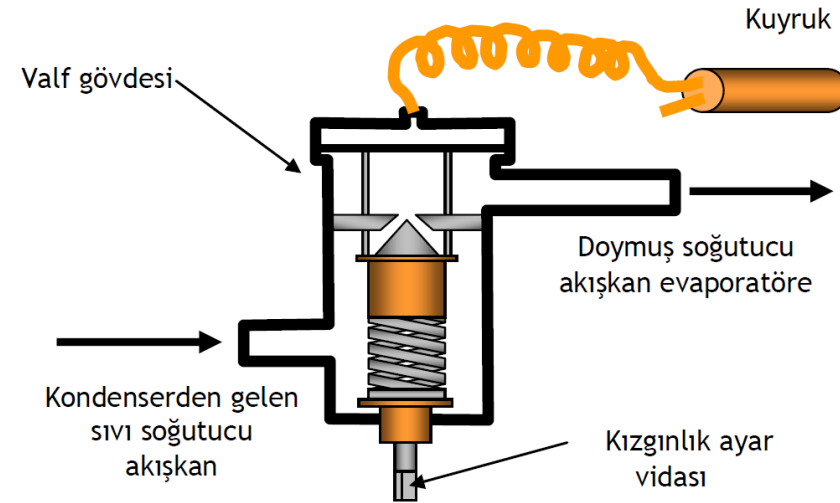
- Valfi kapatmaya çalışan kuvvetlerden biridir.
- İğneyi yatağa iterek valfi kapatmaya çalışır.
- Yay basıncını değiştirerek evaporatördeki kızgınlığı (superheat) ayarlayabilirsiniz.
- Yay basıncı ayarlanabilir.

5

KUYRUK

- Evaporatör çıkışındaki sıcaklığı hisseder.
- Bunun etkisiyle kuyruktaki akışkan genişip büzülerek diyaframın üstünde sıcaklıkla orantılı bir basınç oluşturur.
- Kuyruktaki akışkan da bir basınç/sıcaklık ilişkisine sahiptir.
- Emiş hattı sıcaklığı arttıkça, kuyruk basıncı da artar.
- Kuyruk basıncı, valfi açmaya zorlayan tek basınçtır.

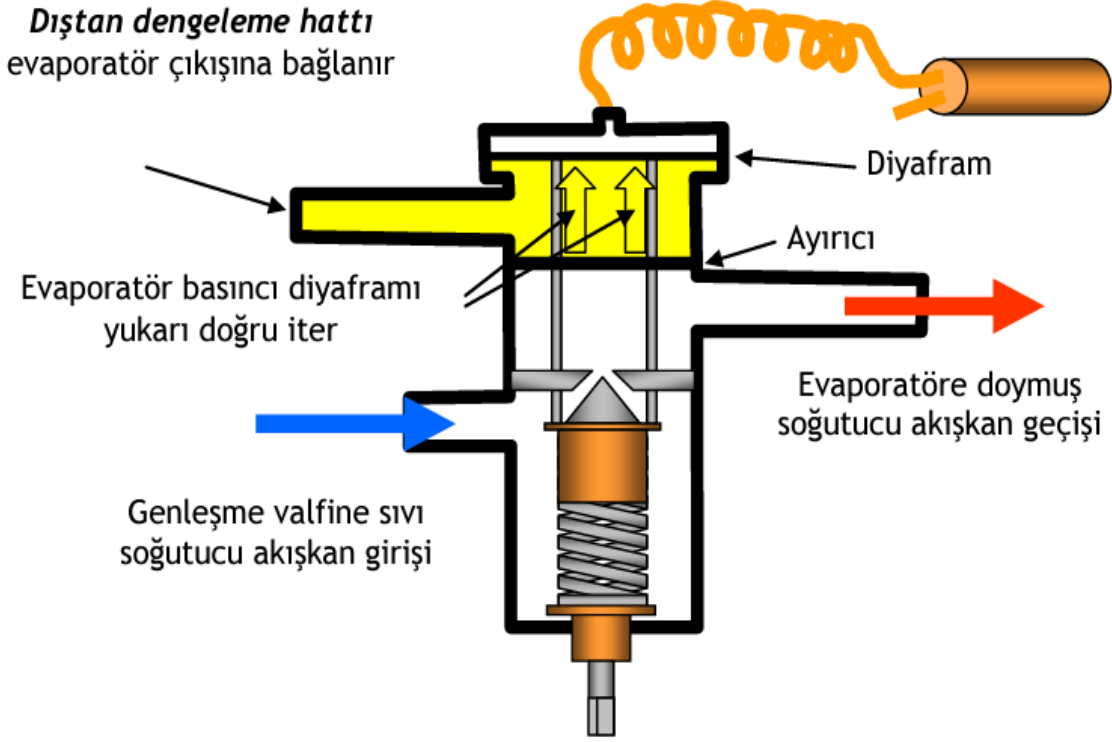
Yay basıncı çubukları yukarı iterek valfi kapatmaya çalışır.



6

İçten dengelemeli TGV'nin yapısı

Dıştan Dengelemeli Termostatik Genleşme Valfi



Evaporatörün girişi ile çıkışı arasında yaklaşık olarak 15 kPa'dan daha fazla bir basınç düşümü varsa kullanılması uygun olur.

- Evaporatör girişindeki basınç yerine, çıkışındaki basınç diyaframın altına etki ettirilir.
- Dıştan dengeleme kullanılması gereken bir durumda, içten dengelemeli bir TGV'nin kullanılması halinde valf kısacak ve evaporatöre olması gerekenden daha az soğutucu akışkan girişi olacaktır.
- Dıştan dengeleme bağlantısı, evaporatör çıkışına ve kuyruktan sonra yapılır.

TGV SOĞUTMA YÜKÜNDEKİ DEĞİŞİMLERİ KARŞILAR

- **Soğutma yükü arttığında**
 - Soğutucu akışkan daha hızlı buharlaşır ve emiş hattı sıcaklığı artar.
 - Böylece valf açarak evaporatöre **daha fazla soğutucu akışkan** gönderir.
- **Soğutma yükü azaldığında**
 - Soğutucu akışkanın buharlaşması biraz daha fazla zaman alır.
 - Valf kapanarak evaporatöre **daha az soğutucu akışkan** girmesini sağlar.

ETLİĞE/SEBZELİĞE YENİ ÜRÜN GİRDİĞİNDE

- Evaporatörün soğutma yükü artacaktır.
- Soğutucu akışkan hızla buharlaşacak ve emiş basıncı yükselecektir.
- Evaporatördeki kızgınlık (superheat) artacaktır.
- Diyaframın denge konumu bozulacak ve valf açarak daha fazla soğutucu akışkanın evaporatöre girmesini sağlayacaktır.
- Artan kızgınlık, kuyruğun sıcaklığının artmasına neden olacaktır.

ETLİKTEN/SEBZELİKTEN ÜRÜN ÇIKTIĞINDA

- Evaporatörün yükü azalacaktır.
- Soğutucu akışkanın buharlaşma hızı yavaşlayacak ve emiş basıncı düşecektir.
- Evaporatördeki kızgınlık değeri azalacaktır.
- Diyaframın denge konumu bozulacak ve valf kısarak evaporatöre daha az soğutucu akışkan girmesine neden olacaktır.

GEMİLERDE SOĞUTMA SİSTEMLERİNİN PERFORMANS ANALİZLERİ

Deniz Suyu Sıcaklığının Etkileri

- Mevcut gemilerde soğutma sistemleri ekstrem şartlara göre ve kompresörleri **sabit devirde** çalışacak şekilde tasarlanmaktadır.
- **Deniz suyu sıcaklığı arttıkça** soğutucu akışkanın kondanser çıkışında yoğuşmayı temin edebilmek için **kompresör çıkış basıncını** arttırmak gerekmektedir. Bu durumda, **kompresörün çektiği güç de artmaktadır.**



GEMİLERDE SOĞUTMA ANALİZLERİ

Deniz Suyu Sıcaklığının Etkileri

- Deniz suyu sıcaklığı düştüğünde ise soğutucu akışkanın yoğuşmasını temin edecek kompresör çıkış basıncı da düşmektedir. Böylelikle kompresörün güç ihtiyacı azalmaktadır.
- Mevcut sistemlerde düşük deniz suyu sıcaklıklarında **kompresör sabit devir ve sabit çıkış basıncında** çalıştığından sistemdeki enerji tasarruf potansiyelinden **faydalanılamamaktadır.**

GEMİLERDE SOĞUTMA ANALİZLERİ

Ne Yapılmalı?

- Değişken deniz suyu sıcaklıklarına bağlı olarak **kompresör devri değişken hale getirilerek** düşük deniz suyu sıcaklıklarında düşük kompresör çıkış basıncı (kondanserde yoğuşmayı garanti edecek şekilde) sağlanmalıdır.

GEMİLERDE SOĞUTMA ANALİZLERİ

Ne Faydası Olacaktır?

- Yük ihtiyacına göre kompresörün çalışması sağlanarak **yakıt tasarrufu** sağlanacaktır.
- Bu yakıt tasarrufu aynı zamanda doğrudan **emisyon salımını azaltacaktır.**



GEMİLERDE SOĞUTMA ANALİZLERİ

Gerçek Bir Gemi Örneği

- Gerçek bir gemiye ait (M/V İNCE İNEBOLU) soğutma sistemi verileri ele alınarak sabit soğutma yükünde, değişken buharlaşma ve değişken yoğunlaşma sıcaklıkları için 6 farklı soğutucu akışkan ile soğutma çevrim analizleri yapılmıştır.



| Ekipmanlar | Teknik Özellik | Açıklama |
|-----------------------|----------------------------|------------------------------------|
| İklimlendirme Ünitesi | Soğutma Kapasitesi | 93.0 kW |
| | Referans çalışma sıcaklığı | Kondenser 40 °C, Evaporatör 6.5 °C |
| Kompresör | Tipi | Bock HGX5/830-4S |
| | Soğutma yağı ve miktarı | Freol α68N 4.5 Litre |
| Kondenser | Tipi | RSC-19HF4 Borulu, kanatlı tip |

GEMİLERDE SOĞUTMA ANALİZLERİ

Neler İncelenmelidir?

Değişken devirli kompresör kullanılması durumunda:

- Ortaya çıkan enerji tasarrufunun parasal karşılığı,
- Tasarrufun değişken yakıt fiyatları için karşılığı,
- Yapılacak yatırım maliyetinin geri ödenme süresi,
- Tasarruf sebebiyle azaltılan emisyon miktarları,
- Soğutma sisteminin ekserji kayıpları,
incelenmelidir.

GEMİLERDE SOĞUTMA ANALİZLERİ

Değişken Devirli Kompresörlerin Tercih Edilme Sebepleri

- Kısmi yüklerde daha yüksek verimlilik
- Yük ihtiyacına göre çalıştığı için enerji tasarrufu
- Elektrik, elektronik ve kontrol mühendisliğindeki gelişmeler
- İlk kurulum maliyetinin azalması dolayısıyla geri kazanım sürelerinin kısalığı

GEMİLERDE SOĞUTMA ANALİZLERİ

Kyoto ve Montreal Protokolleri

Kyoto protokolünde;

- Enerji verimliliğinin arttırılması,
- Karbondioksiti gideren teknolojiler ile çevre dostu ileri ve yenilikçi teknolojilerin araştırılması, teşvik edilmesi, geliştirilmesi ve kullanımlarının arttırılması yer almaktadır.

GEMİLERDE SOĞUTMA ANALİZLERİ

Kyoto ve Montreal Protokolleri

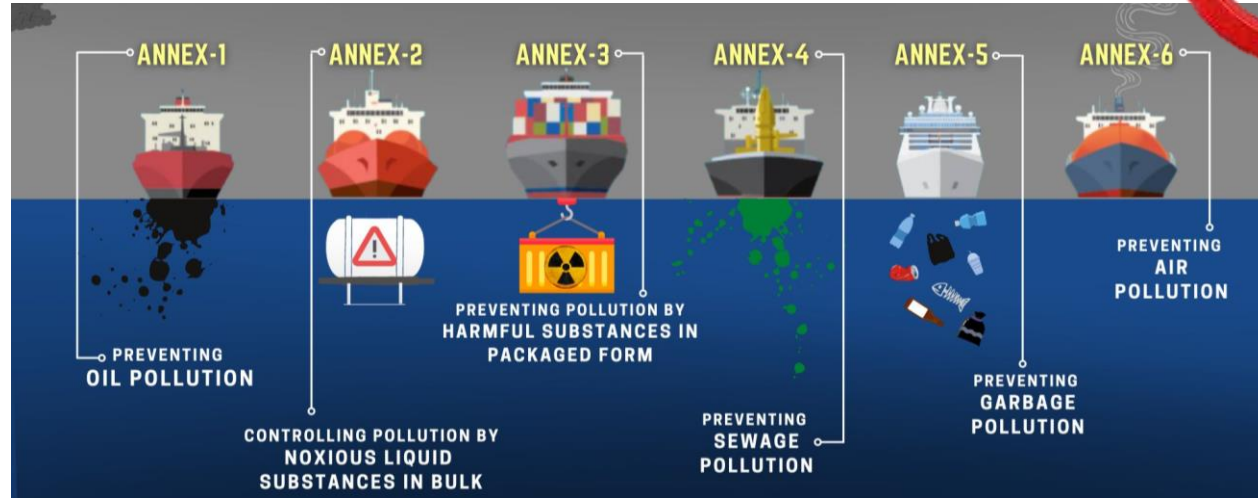
Montreal Protokolünde;

- Ozon tabakasını tüketen maddelerin yayılmalarının azaltılması ve kontrol edilmesine yönelik alternatif teknolojilerin araştırılması yer almaktadır.

GEMİLERDE SOĞUTMA ANALİZLERİ

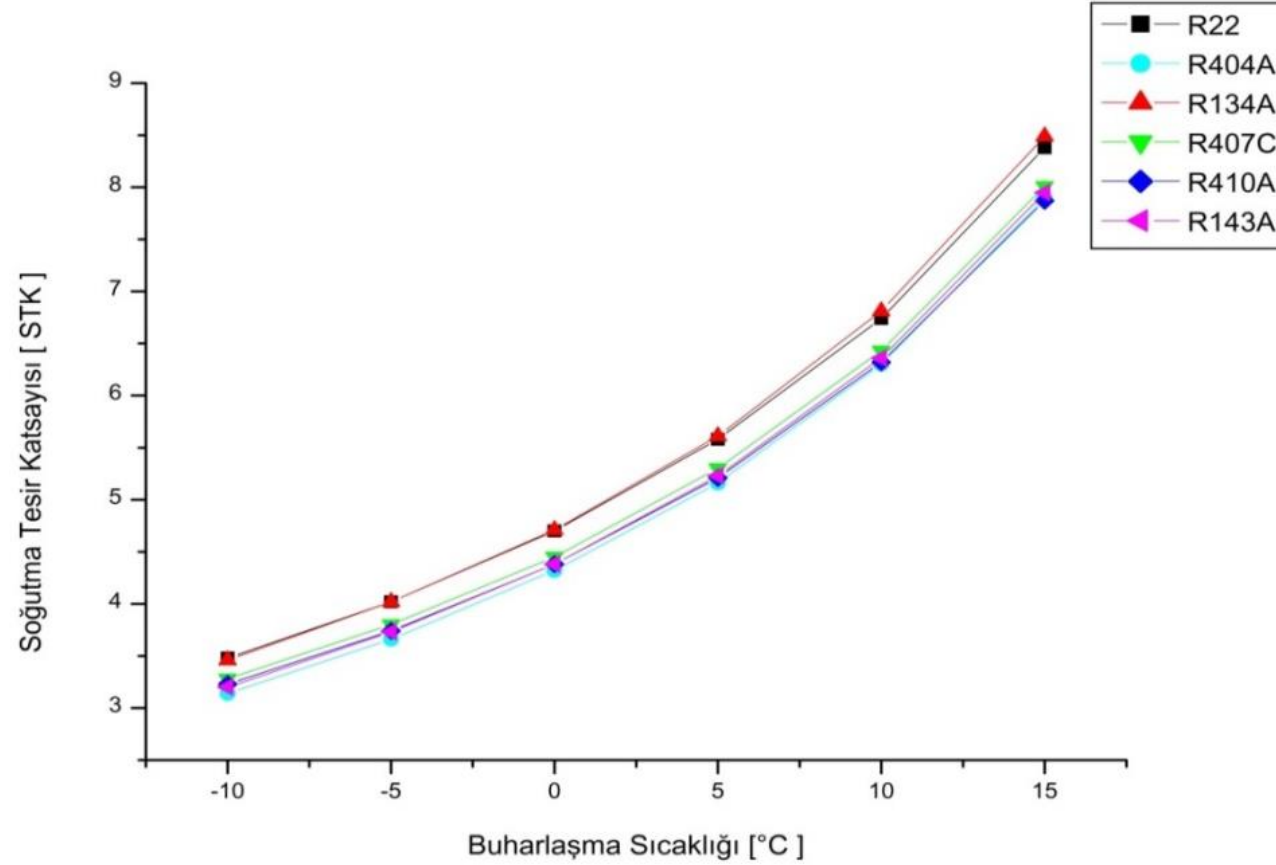
IMO– Marpol (73/78) Ek VI – Gemilerden Kaynaklanan Hava Kirliliğinin Önlenmesi Kuralları

- Marpol 1997 protokolü ozon tabakasına zarar veren emisyonların salımının önlenmesi ile gemilerin egzoz gazlarından çıkan azot oksit (NO_x) ve kükürt oksit (SO_x) içeren emisyonların sınırlandırılmasına ilişkin yeni düzenlemeler içermektedir.



GEMİLERDE SOĞUTMA ANALİZLERİ

Değişken Evaporasyon Sıcaklıklarında $T_c = 40\text{ }^\circ\text{C}$ için Soğutma Analizi

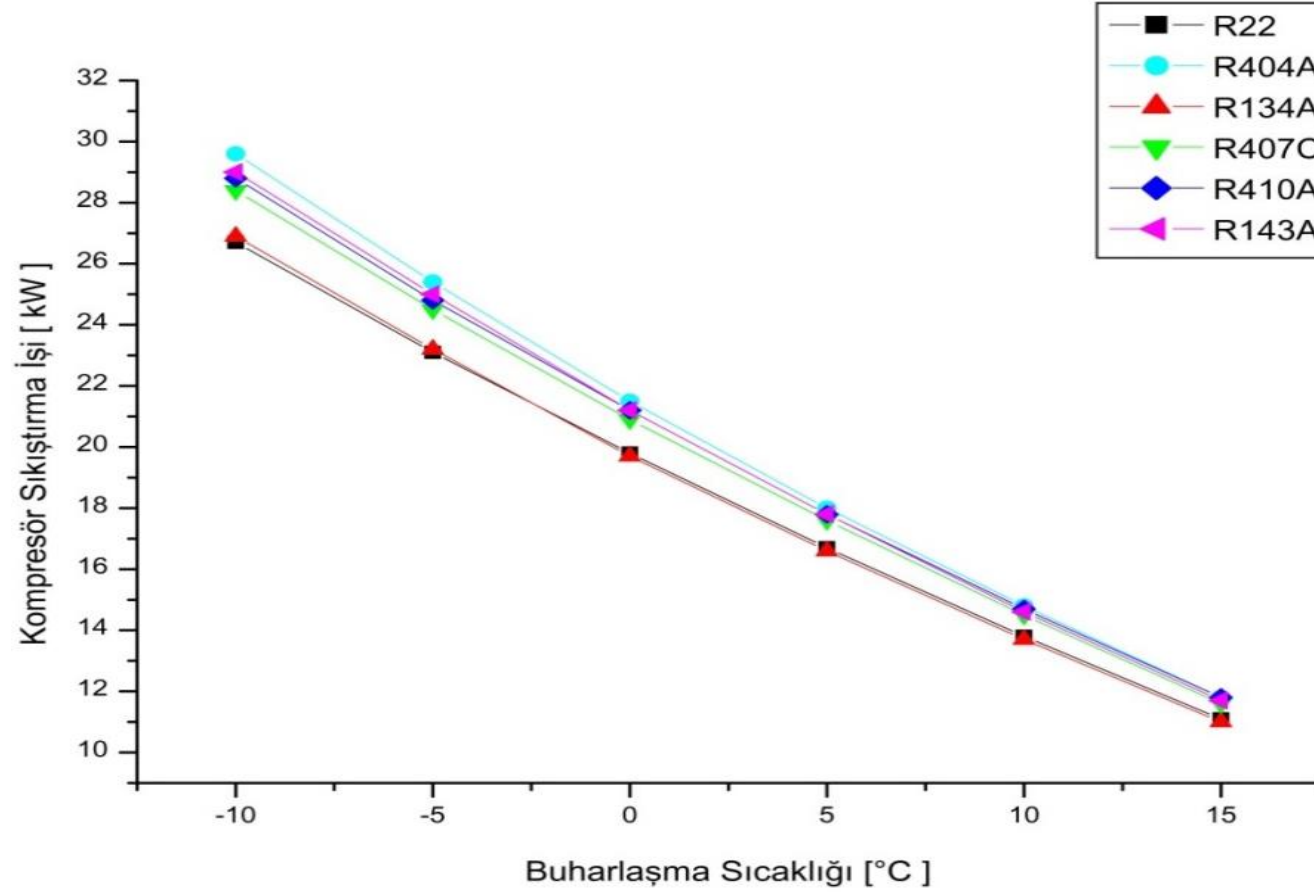


Farklı buharlaşma sıcaklıkları ile STK (COP) değişimi

*Maksimum STK **R134A** kullanan sistemdedir.

GEMİLERDE SOĞUTMA ANALİZLERİ

Değişken Evaporasyon Sıcaklıklarında $T_c = 40\text{ }^\circ\text{C}$ için Soğutma Analizi

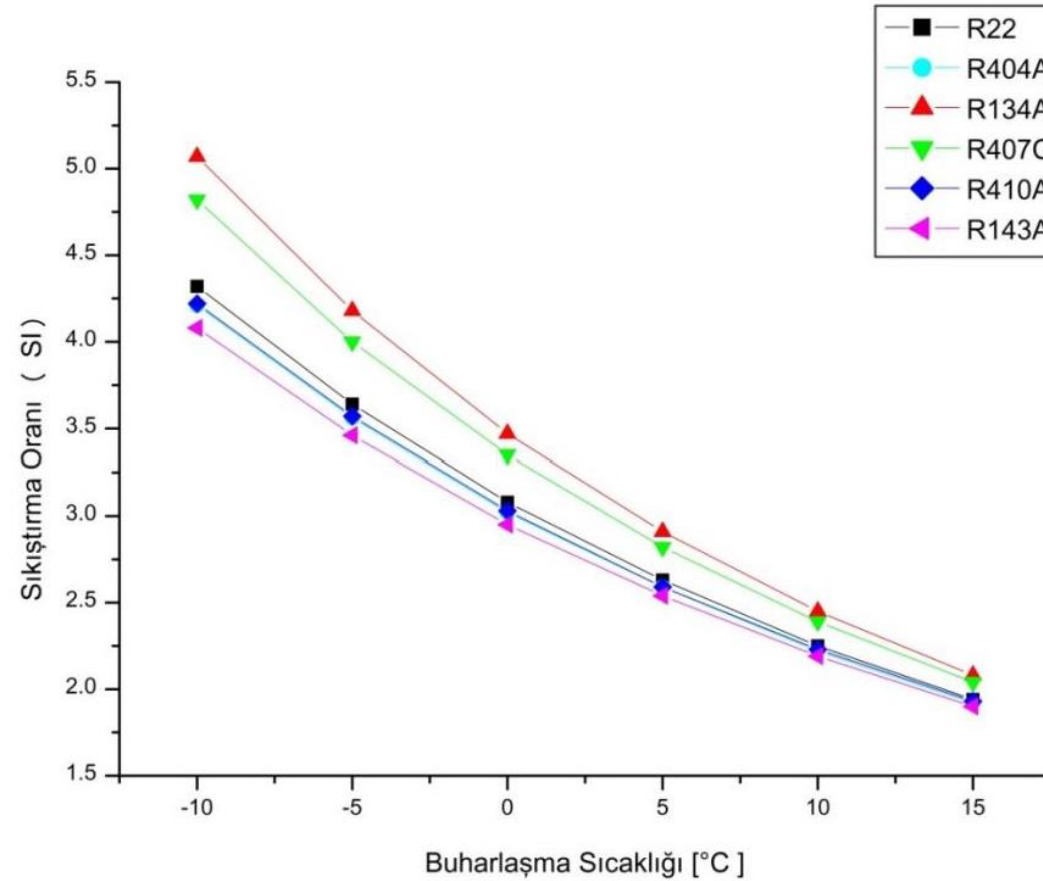


Farklı buharlaşma sıcaklıkları ile kompresör sıkıştırma işi değişimi

*En yüksek kompresör sıkıştırma işi **R404A** kullanan sistemdedir.

GEMİLERDE SOĞUTMA ANALİZLERİ

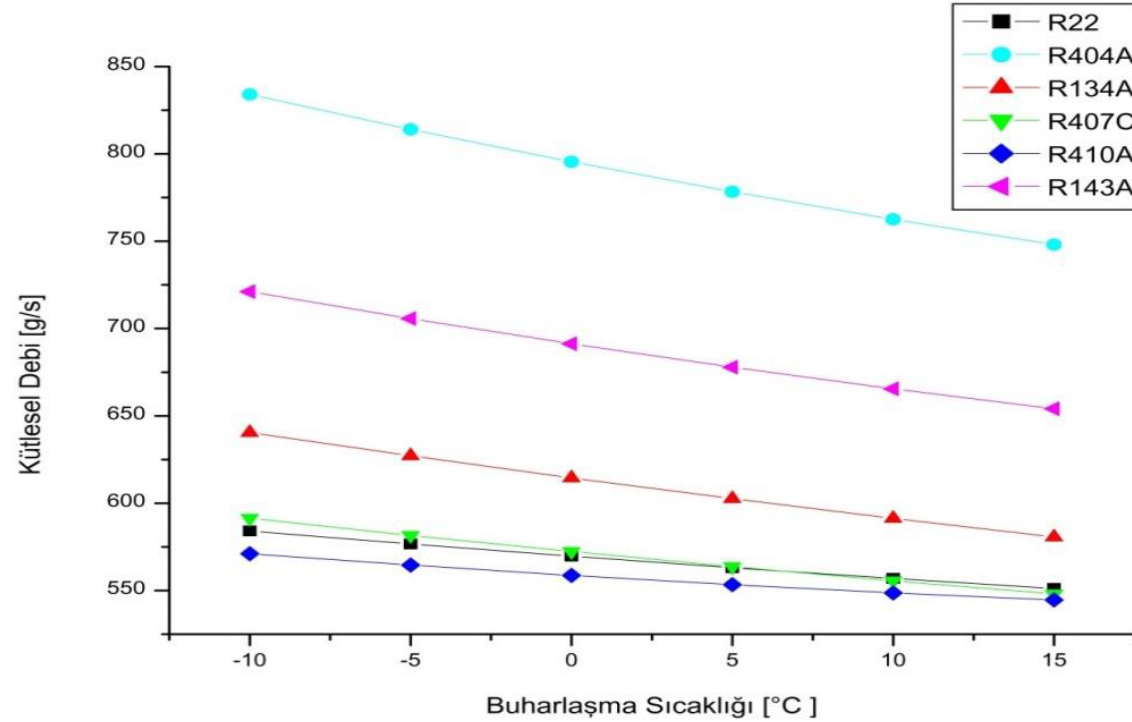
Değişken Evaporasyon Sıcaklıklarında $T_c = 40 \text{ }^\circ\text{C}$ için Soğutma Analizi



Farklı buharlaşma sıcaklıkları ile sıkıştırma oranı değişimi

GEMİLERDE SOĞUTMA ANALİZLERİ

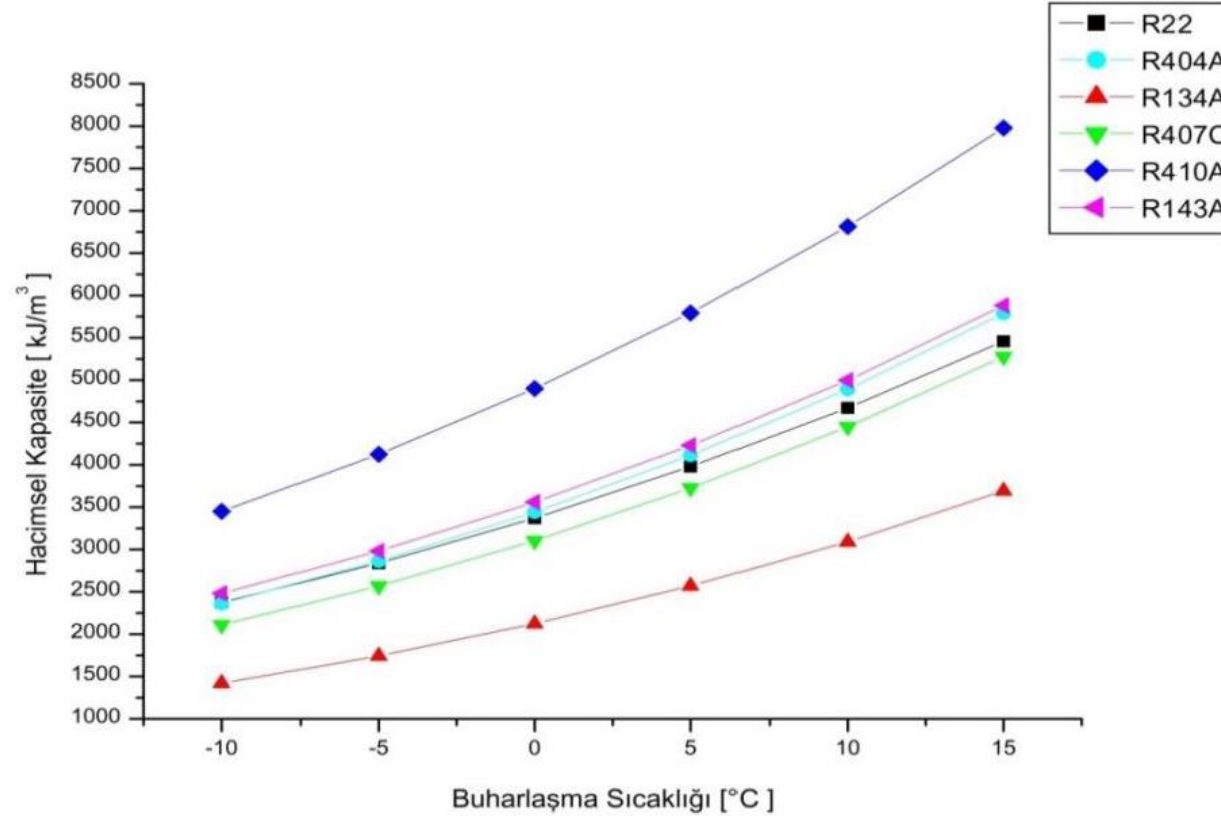
Değişken Evaporasyon Sıcaklıklarında $T_c = 40\text{ }^\circ\text{C}$ için Soğutma Analizi



Farklı buharlaşma sıcaklıkları ile kütlesel debi değişimi

GEMİLERDE SOĞUTMA ANALİZLERİ

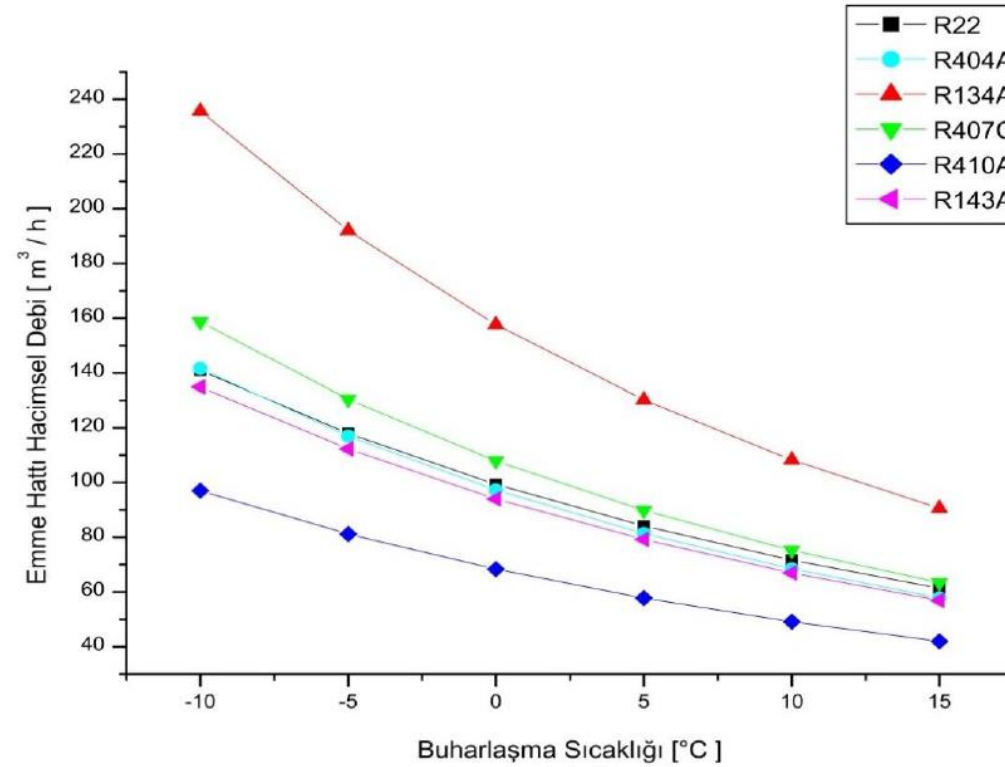
Değişken Evaporasyon Sıcaklıklarında $T_c = 40\text{ }^\circ\text{C}$ için Soğutma Analizi



Farklı buharlaşma sıcaklıkları ile hacimsel kapasite değişimi

GEMİLERDE SOĞUTMA ANALİZLERİ

Değişken Evaporasyon Sıcaklıklarında $T_c = 40\text{ }^\circ\text{C}$ için Soğutma Analizi



Farklı buharlaşma sıcaklıkları ile emme hattı hacimsel debi değişimi

93 kW Sabit Soğutma Yükünde $T_e = 0^\circ\text{C}$, $\eta_{is} = \%80$, Aşırı Kızdırma 7°C ,
Aşırı Soğutma 3°C İken Soğutma Analizi Sonuçları (R134A)

| T_c [$^\circ\text{C}$] Deniz Suyu | Q_c [kW] Kondanser | P_k [kW] Kompresör | SI | ΔP [bar] | \dot{m} [g/s] | \dot{V}_e [m^3/h] | \dot{Q} [kJ/m^3] | STK |
|--|-------------------------|-------------------------|------|------------------|-----------------|---------------------------------------|--------------------------------------|-------|
| 18 | 101 | 8.19 | 1.83 | 2.44 | 505.21 | 130.5 | 2566 | 11.36 |
| 20 | 102 | 9.18 | 1.95 | 2.79 | 512.99 | 132.5 | 2527 | 10.13 |
| 22 | 103 | 10.2 | 2.08 | 3.15 | 521.05 | 134.6 | 2488 | 9.13 |
| 24 | 104 | 11.2 | 2.21 | 3.53 | 529.41 | 136.7 | 2448 | 8.29 |
| 26 | 105 | 12.3 | 2.34 | 3.93 | 538.07 | 139.0 | 2409 | 7.57 |
| 28 | 106 | 13.4 | 2.48 | 4.34 | 547.07 | 141.3 | 2369 | 6.96 |
| 30 | 107 | 14.5 | 2.63 | 4.77 | 556.41 | 143.7 | 2330 | 6.43 |
| 32 | 109 | 15.6 | 2.78 | 5.23 | 566.12 | 146.2 | 2290 | 5.96 |
| 34 | 110 | 16.8 | 2.95 | 5.70 | 576.22 | 148.8 | 2250 | 5.55 |
| 36 | 111 | 18.0 | 3.11 | 6.19 | 586.75 | 151.5 | 2209 | 5.18 |
| 38 | 112 | 19.2 | 3.29 | 6.70 | 597.73 | 154.4 | 2169 | 4.84 |
| 40 | 113 | 20.5 | 3.47 | 7.24 | 609.19 | 157.3 | 2128 | 4.54 |

93 kW Sabit Soğutma Yükünde $T_e = -5^{\circ}\text{C}$, $\eta_{is} = \%80$, Aşırı Kızdırma 7°C , Aşırı Soğutma 3°C İken Soğutma Analizi Sonuçları (R134A Akışkanı)

| T_c [$^{\circ}\text{C}$] Deniz Suyu | Q_c [kW] Kondanser | P_k [kW] Kompresör | SI | ΔP [bar] | \dot{m} [g/s] | \dot{V}_e [m^3/h] | \dot{Q} [kJ/m^3] | STK |
|--|-------------------------|-------------------------|------|------------------|-----------------|---------------------------------------|--------------------------------------|------|
| 18 | 104 | 10.9 | 2.21 | 2.94 | 513.79 | 158.4 | 2113 | 8.57 |
| 20 | 105 | 11.9 | 2.35 | 3.28 | 521.84 | 160.9 | 2081 | 7.81 |
| 22 | 106 | 13.0 | 2.50 | 3.65 | 530.18 | 163.5 | 2048 | 7.16 |
| 24 | 107 | 14.1 | 2.65 | 4.02 | 538.84 | 166.1 | 2015 | 6.60 |
| 26 | 108 | 15.2 | 2.82 | 4.42 | 547.82 | 168.9 | 1982 | 6.11 |
| 28 | 109 | 16.4 | 2.99 | 4.84 | 557.14 | 171.8 | 1949 | 5.68 |
| 30 | 111 | 17.6 | 3.17 | 5.27 | 566.83 | 174.8 | 1916 | 5.30 |
| 32 | 112 | 18.8 | 3.35 | 5.72 | 576.91 | 177.9 | 1882 | 4.95 |
| 34 | 113 | 20.0 | 3.54 | 6.19 | 587.41 | 181.1 | 1848 | 4.64 |
| 36 | 114 | 21.3 | 3.75 | 6.69 | 598.35 | 184.5 | 1815 | 4.36 |
| 38 | 116 | 22.6 | 3.96 | 7.20 | 609.77 | 188.0 | 1781 | 4.11 |
| 40 | 117 | 24.0 | 4.18 | 7.73 | 621.71 | 191.7 | 1746 | 3.88 |

* En yüksek STK değerine R134A akışkanın kullanıldığı çevrimde ulaşılmıştır.

**93 kW Sabit Soğutma Yükünde $T_e = -10^{\circ}\text{C}$, $\eta_{is}=\%80$,
Aşırı Kızdırma 7°C , Aşırı Soğutma 3°C İken Soğutma
Analizi Sonuçları (R134A akışkanı)**

| T_c [$^{\circ}\text{C}$] Deniz Suyu | Q_c [kW] Kondanser | P_k [kW] Kompresör | SI | ΔP [bar] | \dot{m} [g/s] | \dot{V}_e [m^3/h] | \dot{Q} [kJ/ m^3] | STK |
|--|-------------------------|-------------------------|------|------------------|-----------------|--|----------------------------------|------|
| 18 | 107 | 13.7 | 2.68 | 3.37 | 522.78 | 193.8 | 1728 | 6.78 |
| 20 | 108 | 14.9 | 2.85 | 3.71 | 531.12 | 196.9 | 1701 | 6.26 |
| 22 | 109 | 16.0 | 3.03 | 4.07 | 539.77 | 200.1 | 1673 | 5.81 |
| 24 | 110 | 17.2 | 3.22 | 4.45 | 548.74 | 203.4 | 1646 | 5.41 |
| 26 | 111 | 18.4 | 3.42 | 4.85 | 558.05 | 206.8 | 1619 | 5.06 |
| 28 | 113 | 19.6 | 3.62 | 5.26 | 567.73 | 210.4 | 1591 | 4.74 |
| 30 | 114 | 20.9 | 3.84 | 5.70 | 577.80 | 214.2 | 1563 | 4.45 |
| 32 | 115 | 22.2 | 4.06 | 6.15 | 588.27 | 218.0 | 1535 | 4.19 |
| 34 | 117 | 23.5 | 4.30 | 6.62 | 599.19 | 222.1 | 1507 | 3.95 |
| 36 | 118 | 24.9 | 4.55 | 7.11 | 610.58 | 226.3 | 1479 | 3.73 |
| 38 | 119.8 | 26.4 | 4.80 | 7.63 | 622.48 | 230.7 | 1451 | 3.53 |
| 40 | 121 | 27.8 | 5.07 | 8.16 | 634.92 | 235.3 | 1423 | 3.34 |

* En yüksek STK değerine R134A akışkanın kullanıldığı çevrimde ulaşılmıştır.

93 kW Sabit Soğutma Yükünde $T_e = -15^{\circ}C$, $\eta_{is} = \%80$, Aşırı Kızdırma $7^{\circ}C$, Aşırı Soğutma $3^{\circ}C$ İken Soğutma Analizi Sonuçları (R134A Akışkanı)

| T_c [$^{\circ}C$] Deniz Suyu | Q_c [kW] Kondanser | P_k [kW] Kompresör | SI | ΔP [bar] | \dot{m} [g/s] | \dot{V}_e [m^3/h] | \dot{Q} [kJ/ m^3] | STK |
|-------------------------------------|-------------------------|-------------------------|------|------------------|-----------------|-------------------------|------------------------|------|
| 18 | 110 | 16.8 | 3.28 | 3.73 | 532.20 | 238.9 | 1401 | 5.53 |
| 20 | 111 | 18.0 | 3.49 | 4.08 | 540.85 | 242.8 | 1379 | 5.16 |
| 22 | 112 | 19.3 | 3.71 | 4.44 | 549.81 | 246.8 | 1356 | 4.83 |
| 24 | 114 | 20.5 | 3.94 | 4.82 | 559.12 | 251.0 | 1334 | 4.53 |
| 26 | 115 | 21.8 | 4.18 | 5.21 | 568.80 | 255.3 | 1311 | 4.26 |
| 28 | 116 | 23.1 | 4.43 | 5.63 | 578.86 | 259.9 | 1288 | 4.02 |
| 30 | 117 | 24.5 | 4.70 | 6.06 | 589.32 | 264.6 | 1265 | 3.80 |
| 32 | 119 | 25.9 | 4.97 | 6.51 | 600.23 | 269.5 | 1242 | 3.59 |
| 34 | 120 | 27.4 | 5.26 | 6.99 | 611.60 | 274.6 | 1219 | 3.40 |
| 36 | 122 | 28.8 | 5.56 | 7.48 | 623.47 | 279.9 | 1196 | 3.22 |
| 38 | 123 | 30.4 | 5.88 | 7.99 | 635.88 | 285.5 | 1173 | 3.06 |
| 40 | 125 | 32.0 | 6.20 | 8.53 | 648.87 | 291.3 | 1149 | 2.91 |

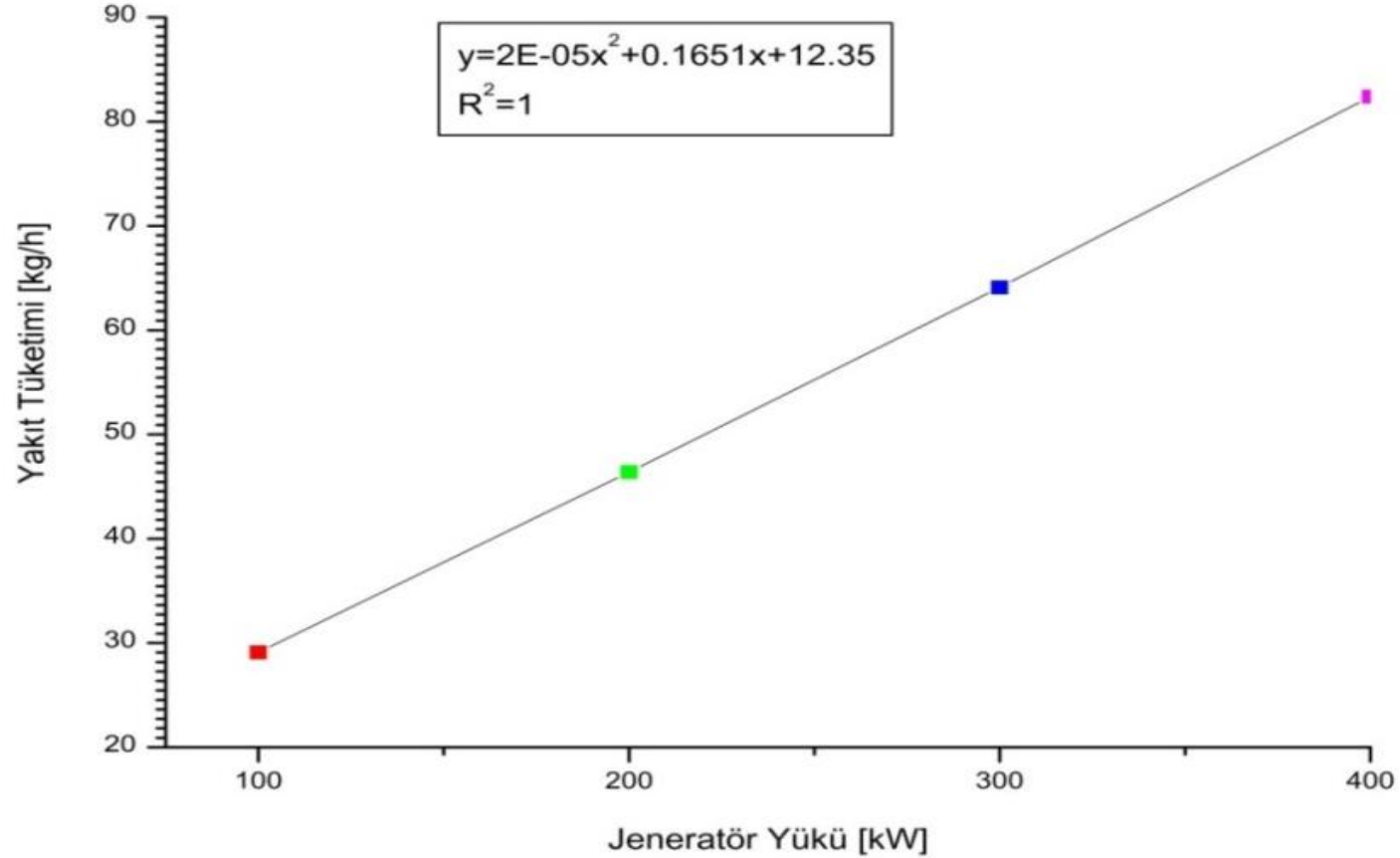
* En yüksek STK değerine R134A akışkanın kullanıldığı çevrimde ulaşılmıştır.

93 kW Sabit Soğutma Yükünde $T_e = -20^{\circ}\text{C}$, $\eta_{is} = \%80$, Aşırı Kızdırma 7°C , Aşırı Soğutma 3°C İken Soğutma Analizi Sonuçları (R134A Akışkanı)

| T_c [$^{\circ}\text{C}$] Deniz Suyu | Q_c [kW] Kondanser | P_k [kW] Kompresör | SI | ΔP [bar] | \dot{m} [g/s] | \dot{V}_e [m^3/h] | \dot{Q} [kJ/m^3] | STK |
|--|-------------------------|-------------------------|------|------------------|-----------------|---------------------------------------|--------------------------------------|------|
| 18 | 113 | 20.2 | 4.05 | 4.04 | 542.06 | 297.1 | 1127 | 4.61 |
| 20 | 114 | 21.4 | 4.31 | 4.39 | 551.03 | 302.1 | 1108 | 4.34 |
| 22 | 116 | 22.8 | 4.58 | 4.75 | 560.34 | 307.2 | 1090 | 4.09 |
| 24 | 117 | 24.1 | 4.87 | 5.13 | 570.02 | 312.5 | 1071 | 3.86 |
| 26 | 119 | 25.5 | 5.16 | 5.53 | 580.08 | 318.0 | 1053 | 3.65 |
| 28 | 120 | 26.9 | 5.48 | 5.94 | 590.54 | 323.7 | 1034 | 3.45 |
| 30 | 121 | 28.4 | 5.80 | 6.37 | 601.44 | 329.7 | 1015 | 3.27 |
| 32 | 123 | 29.9 | 6.14 | 6.83 | 612.80 | 335.9 | 997 | 3.11 |
| 34 | 124 | 31.5 | 6.50 | 7.30 | 624.66 | 342.4 | 978 | 2.95 |
| 36 | 126 | 33.1 | 6.87 | 7.79 | 637.05 | 349.2 | 959 | 2.81 |
| 38 | 128 | 34.8 | 7.26 | 8.30 | 650.01 | 356.3 | 940 | 2.67 |
| 40 | 129 | 36.5 | 7.66 | 8.84 | 663.59 | 363.8 | 920 | 2.55 |

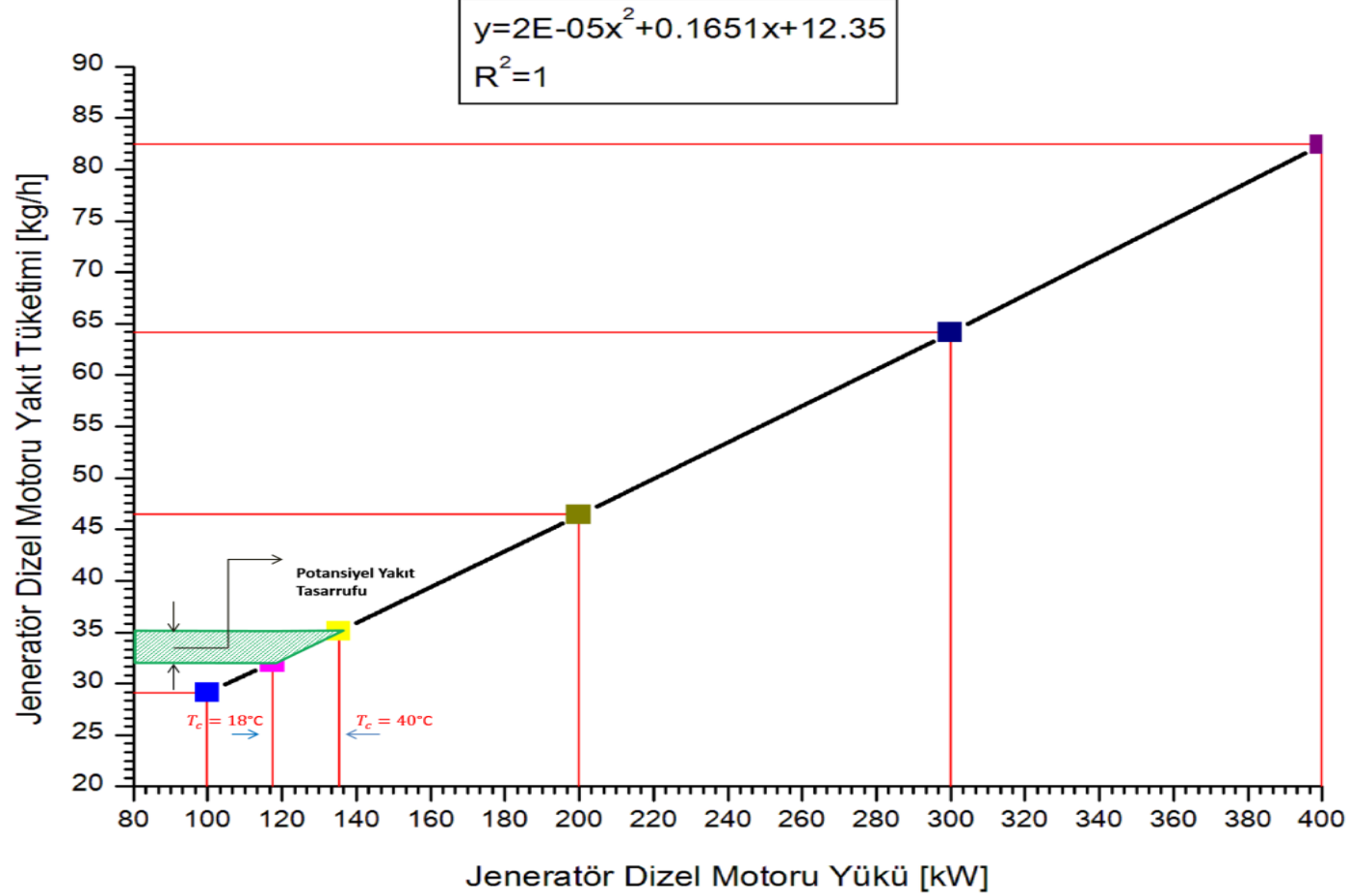
* En yüksek STK değerine R134A akışkanın kullanıldığı çevrimde ulaşılmıştır.

Soğutma Sisteminin Yakıt Tüketiminin Hesaplanması



Değişik yüklerdeki jeneratör dizel motorunun yakıt tüketim grafiğı ve denklemi

Soğutma Sisteminin Yakıt Tüketiminin Hesaplanması



Değişik yüklerdeki jeneratör dize motorunun yakıt tüketim grafiğı ve potansiyel yakıt tasarrufu

Yıllık Yakıt Kazancı

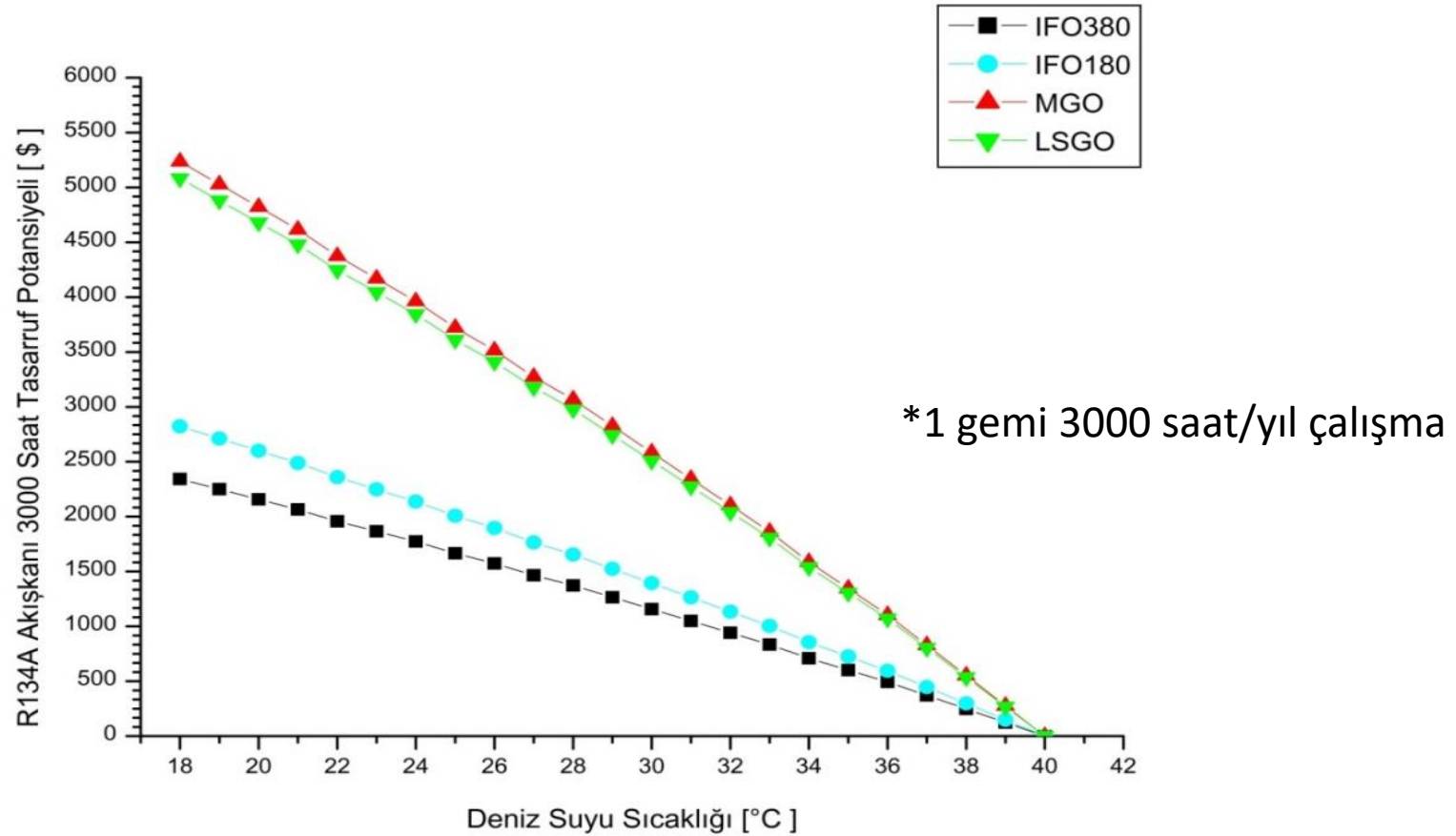
- $\dot{m}_{yakıt,kazanç} = 0,00002 (\dot{W}^2 - \dot{W}_x^2) + 0,1651 (\dot{W} - \dot{W}_x)$ (kg/saat)

Yıllık kazanç ise,

- Yıllık kazanç = $\dot{m}_{yakıt,kazanç} \times B \times t$ (\$/yıl)

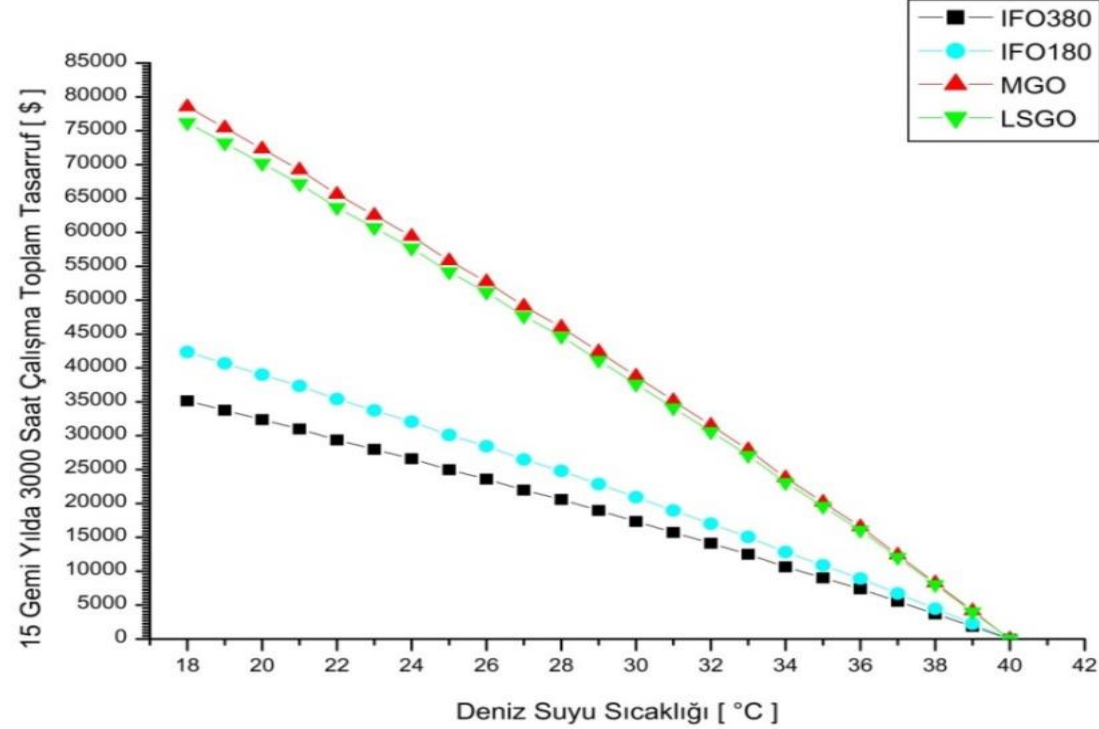
Burada, B yakıt fiyatını (\$/kg), t ise soğutma sisteminin yıllık çalışma saatini göstermektedir.

$Q_e = 93 \text{ kW}$, $T_e = -15^\circ\text{C}$ $\eta_{is} = \%80$, aşırı kızdırma 7°C , aşırı soğutma 3°C iken yapılan analizlerde yakıt fiyatları şirket kayıtları esas alınarak, **IFO 380 = 0.302 \$/kg**, **IFO 180 = 0.364 \$/kg**, **MGO=0.675 \$/kg**, **LSGO01 =0.655 \$/kg** alınmıştır.



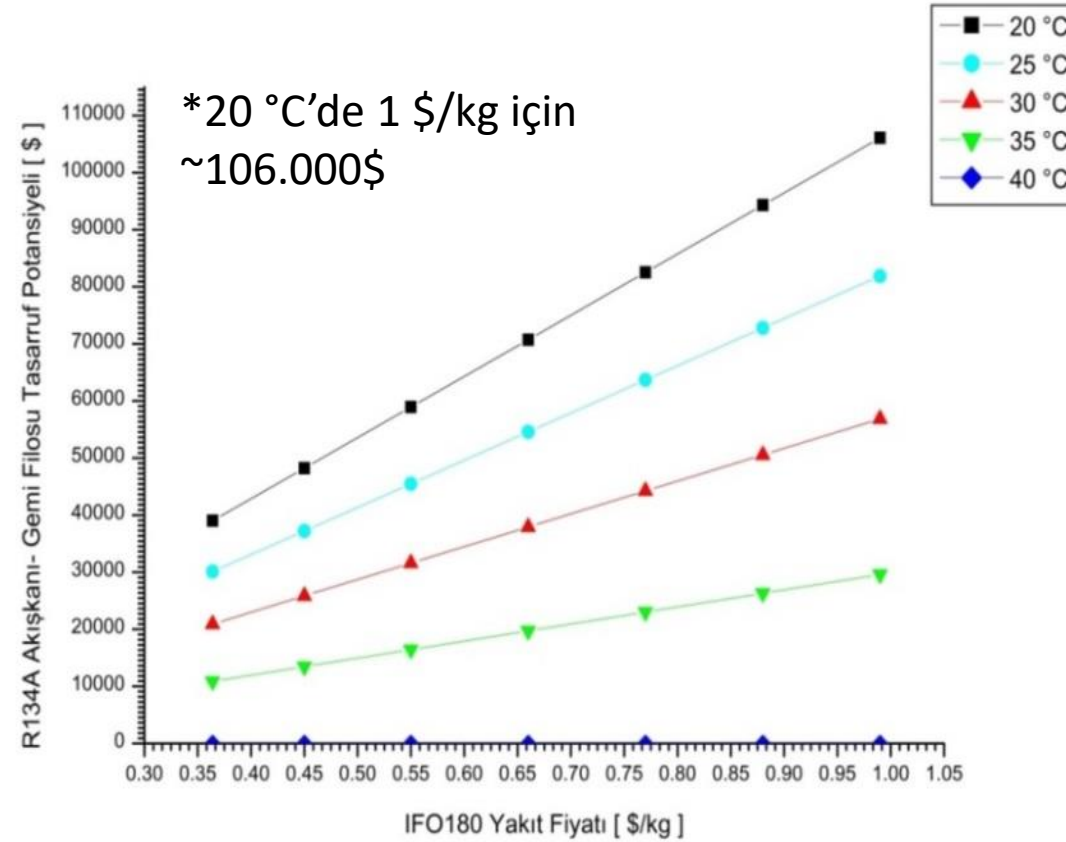
R134A akışkanı kullanılan soğutma sisteminin değişken deniz suyu sıcaklıkları ve değişik yakıtlara göre 3000 saat çalışma sonucu tasarruf potansiyeli

$Q_e = 93 \text{ kW}$, $T_e = -15^\circ\text{C}$ $\eta_{is} = \%80$, aşırı kızdırma 7°C , aşırı soğutma 3°C iken yapılan analizlerde yakıt fiyatları şirket kayıtları esas alınarak, **IFO 380 = 0.302 \$/kg**, **IFO 180 = 0.364 \$/kg**, **MGO=0.675 \$/kg**, **LSGO01 =0.655\$/kg** alınmıştır.



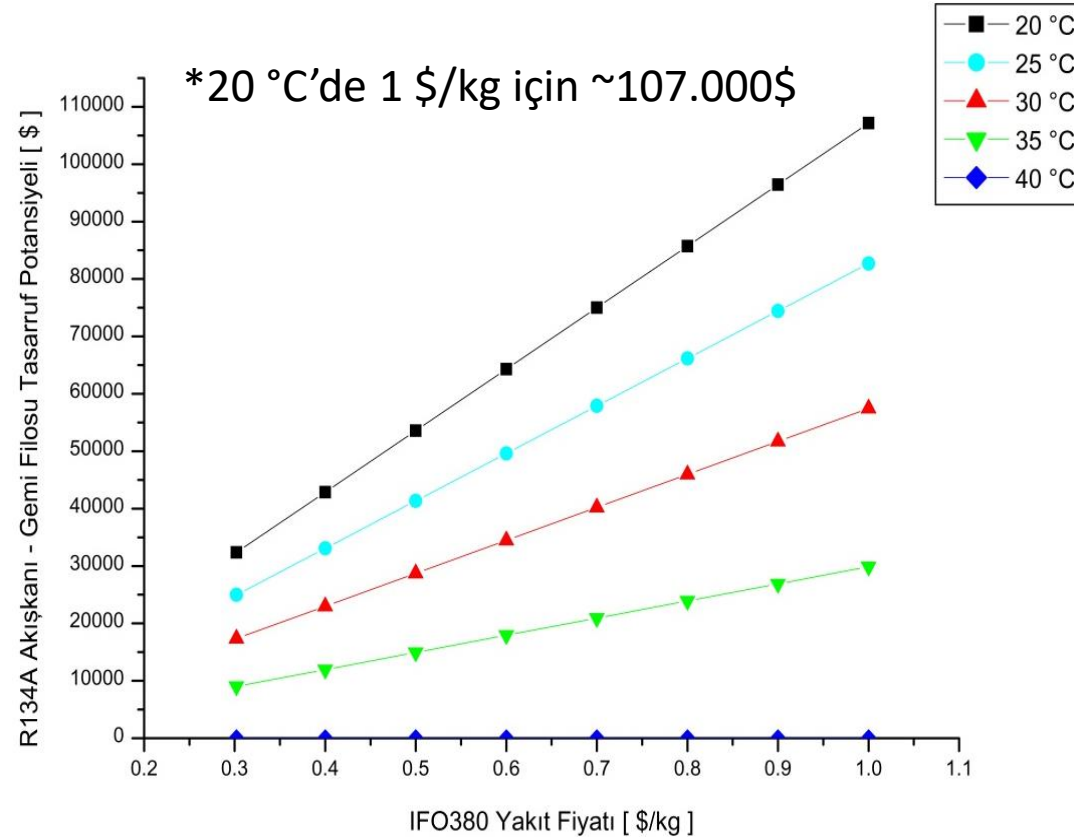
R134A akışkanı kullanan 15 gemi, her gemi yılda 3000 saat çalışınca filodan elde edilecek tasarruf

Değişken IFO180 Yakıt Fiyatlarına Göre 15 Gemi İçin Tasarruf Potansiyeli



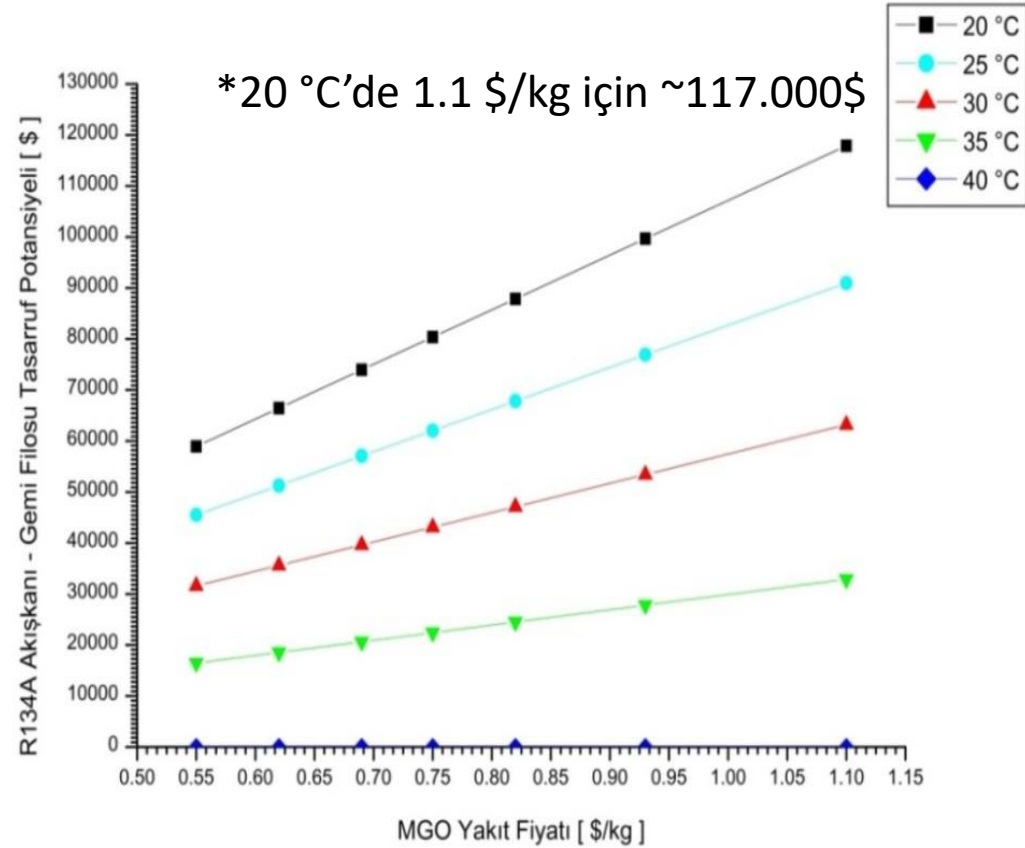
R134A akışkanı kullanan filonun -15 gemi- toplam tasarruf potansiyeli

Değişken IFO380 Yakıt Fiyatlarına Göre 15 Gemi İçin Tasarruf Potansiyeli



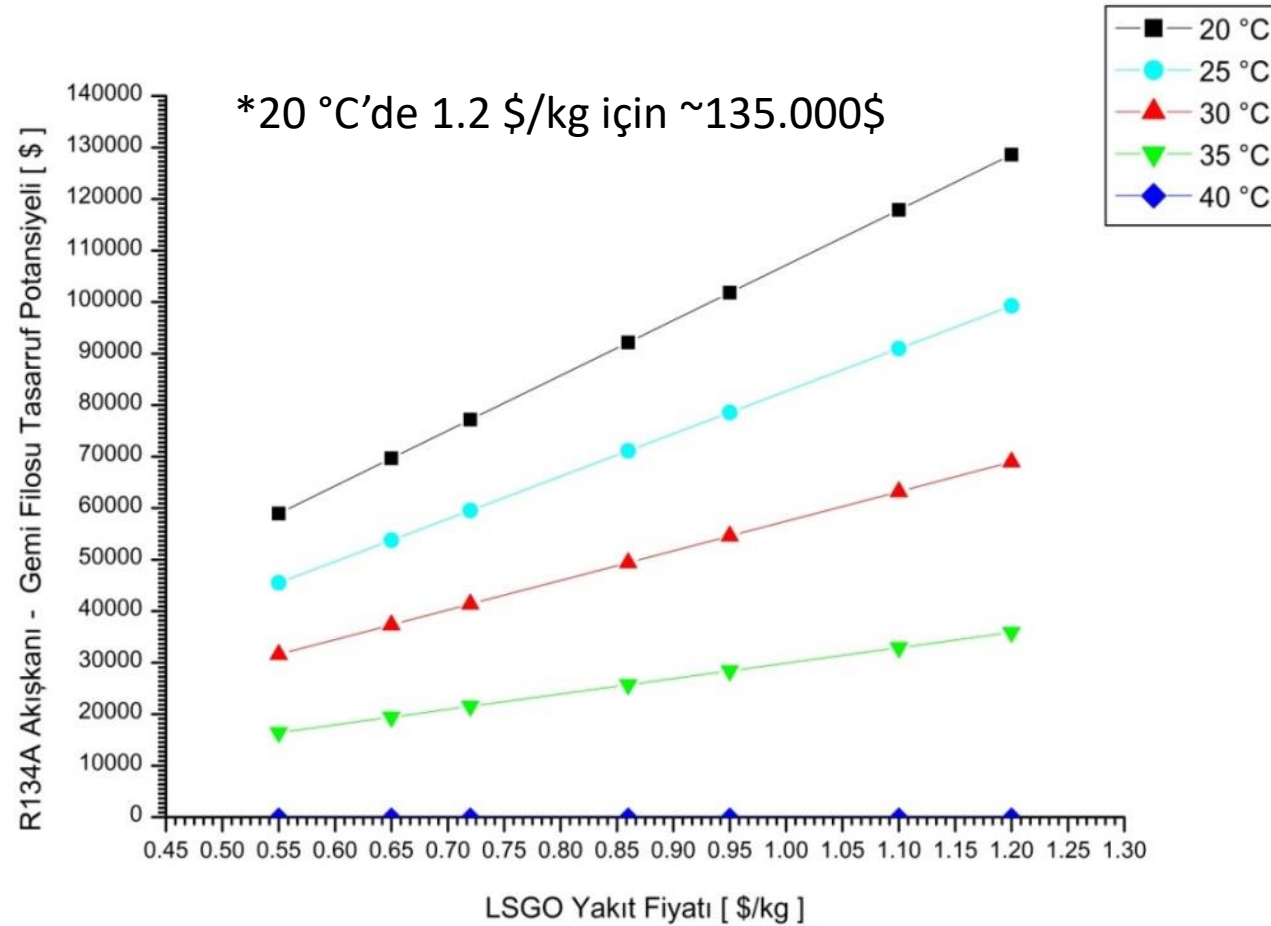
R134A akışkanı kullanan filonun -15 gemi- toplam tasarruf potansiyeli

Değişken **MGO** Yakıt Fiyatlarına Göre 15 Gemi İçin Tasarruf Potansiyeli



R134A akışkanı kullanan filonun -15 gemi- toplam tasarruf potansiyeli

Değişken **LSGO** Yakıt Fiyatlarına Göre 15 Gemi İçin Tasarruf Potansiyeli



R134A akışkanı kullanan filonun -15 gemi- toplam tasarruf potansiyeli

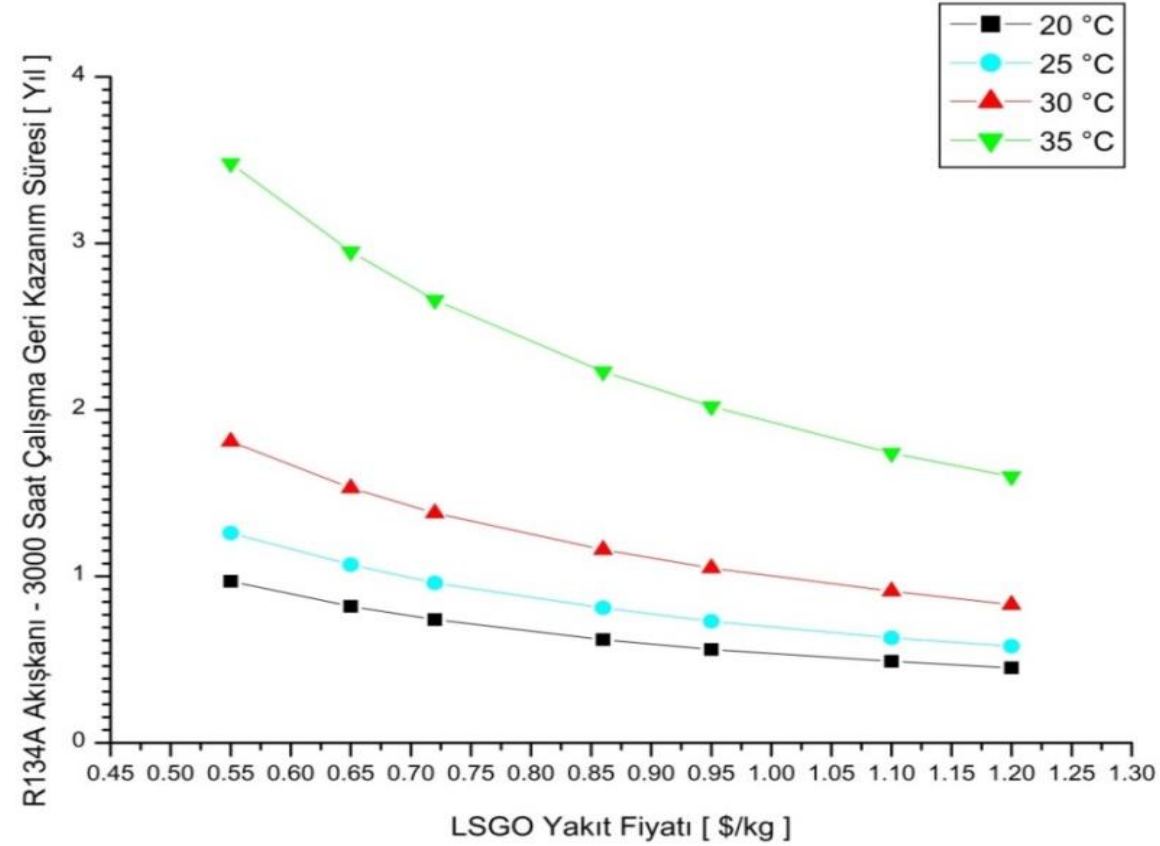
Gemi İçin Tasarruf Potansiyelinin Geri Kazanım Süresi

| | | | |
|--------------------------------|------|---|-----------------------|
| Sabit Hızlı Kompresör | 4188 | § | GEABock - HGX5/830-4S |
| Kompresör + İnverter | 8005 | § | Bock- HGX7/1620-4 |
| Kompresörler Arası Fiyat Farkı | 3817 | § | - |

$Q_e = 93 \text{ kW}$, $T_e = -15^\circ\text{C}$ $\eta_{is} = \%80$, aşırı kızdırma 7°C , aşırı soğutma 3°C ve yakıt fiyatları IFO 380 = 0.302 \$/kg, IFO 180 = 0.364 \$/kg, MGO=0.675 \$/kg, LSGO01 =0.655\$/kg iken **15 gemi** için geri kazanım süreleri.

| T_c [°C] Deniz Suyu | P_k [kW] | STK | 100KW+ P_k | Yakıt Sarfiyat [kg/h] | Tasarruf [40°C- T_c] [kg/h] | IFO380 Tolere Edeceği Yıl | IFO180 Tolere Edeceği Yıl | MGO Tolere Edeceği Yıl | LSGO Tolere Edeceği Yıl |
|--------------------------|------------|------|--------------|----------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|------------------------------|-------------------------------|
| 18 | 16.8 | 5.53 | 116,8 | 31,90652 | 2,58516 | 1,36 | 1,13 | 0,61 | 0,63 |
| 19 | 17.4 | 5.34 | 117,4 | 32,00840 | 2,48328 | 1,42 | 1,18 | 0,63 | 0,65 |
| 20 | 18.0 | 5.16 | 118,0 | 32,11028 | 2,38140 | 1,48 | 1,23 | 0,66 | 0,68 |
| 21 | 18.6 | 4.99 | 118,6 | 32,21218 | 2,27950 | 1,54 | 1,28 | 0,69 | 0,71 |
| 22 | 19.3 | 4.83 | 119,3 | 32,33108 | 2,16060 | 1,63 | 1,35 | 0,73 | 0,75 |
| 23 | 19.9 | 4.68 | 119,9 | 32,43301 | 2,05867 | 1,71 | 1,42 | 0,76 | 0,79 |
| 24 | 20.5 | 4.53 | 120,5 | 32,53496 | 1,95672 | 1,80 | 1,49 | 0,80 | 0,83 |
| 25 | 21.2 | 4.40 | 121,2 | 32,65391 | 1,83777 | 1,91 | 1,59 | 0,86 | 0,88 |
| 26 | 21.8 | 4.26 | 121,8 | 32,75588 | 1,73580 | 2,03 | 1,68 | 0,91 | 0,93 |
| 27 | 22.5 | 4.14 | 122,5 | 32,87488 | 1,61680 | 2,18 | 1,81 | 0,97 | 1,00 |
| 28 | 23.1 | 4.02 | 123,1 | 32,97688 | 1,51480 | 2,32 | 1,93 | 1,04 | 1,07 |
| 29 | 23.8 | 3.91 | 123,8 | 33,09591 | 1,39577 | 2,52 | 2,09 | 1,13 | 1,16 |
| 30 | 24.5 | 3.80 | 124,5 | 33,21496 | 1,27672 | 2,76 | 2,29 | 1,23 | 1,27 |
| 31 | 25.2 | 3.69 | 125,2 | 33,33402 | 1,15766 | 3,04 | 2,52 | 1,36 | 1,40 |
| 32 | 25.9 | 3.59 | 125,9 | 33,45311 | 1,03857 | 3,39 | 2,81 | 1,52 | 1,56 |
| 33 | 26.6 | 3.49 | 126,6 | 33,57221 | 0,91947 | 3,83 | 3,17 | 1,71 | 1,76 |
| 34 | 27.4 | 3.40 | 127,4 | 33,70836 | 0,78332 | 4,49 | 3,73 | 2,01 | 2,07 |
| 35 | 28.1 | 3.31 | 128,1 | 33,82750 | 0,66418 | 5,30 | 4,39 | 2,37 | 2,44 |
| 36 | 28.8 | 3.22 | 128,8 | 33,94667 | 0,54501 | 6,45 | 5,35 | 2,89 | 2,98 |
| 37 | 29.6 | 3.14 | 129,6 | 34,08288 | 0,40880 | 8,60 | 7,14 | 3,85 | 3,97 |
| 38 | 30.4 | 3.06 | 130,4 | 34,21912 | 0,27256 | 12,91 | 10,71 | 5,77 | 5,95 |
| 39 | 31.2 | 2.98 | 131,2 | 34,35539 | 0,13629 | 25,81 | 21,41 | 11,55 | 11,90 |
| 40 | 32.0 | 2.91 | 132,0 | 34,49168 | 0 | - | - | - | - |

Değişken Yakıt Fiyatları İçin Tasarruf Potansiyelinin Geri Kazanım Süresi – LSGO



Değişken LSGO yakıt fiyatlarına göre **R134A** akışkanı geri kazanım süreleri

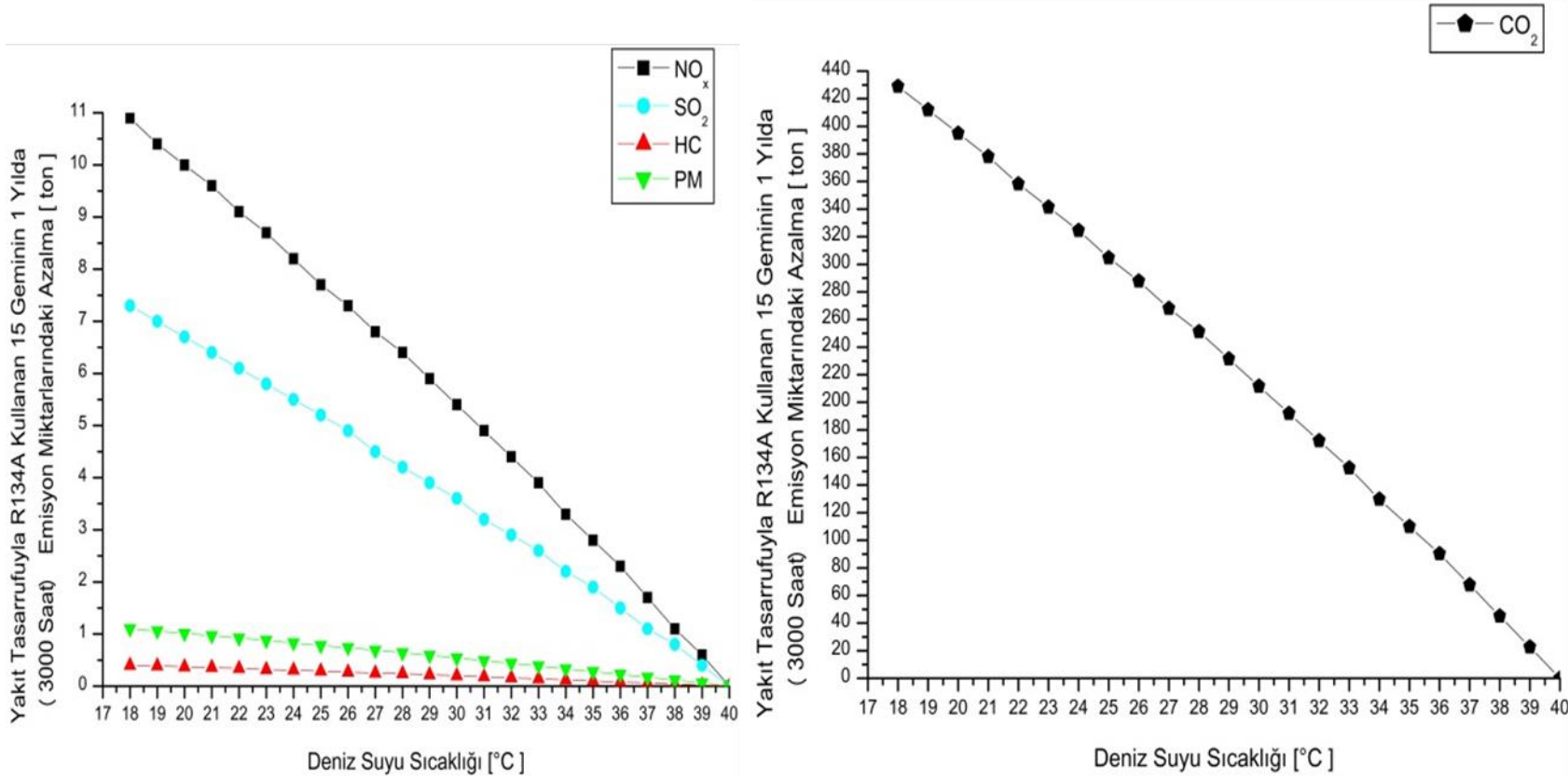
SOĞUTMA SİSTEMİNDEKİ TASARRUF SEBEBİYLE EMİSYON
MİKTARLARINDAKİ AZALMA DEĞERLERİ
Entec Emisyon Faktörleri

| NO _x | SO ₂ | CO ₂ | HC | PM |
|-----------------|-----------------|-----------------|---------|---------|
| 15.9 | 10.6 | 627 | 0.59 | 1.61 |
| [g/kWh] | [g/kWh] | [g/kWh] | [g/kWh] | [g/kWh] |

SOĞUTMA SİSTEMİNDEKİ TASARRUF SEBEBİYLE EMİSYON MİKTARLARINDAKİ AZALMA DEĞERLERİ (R134A)

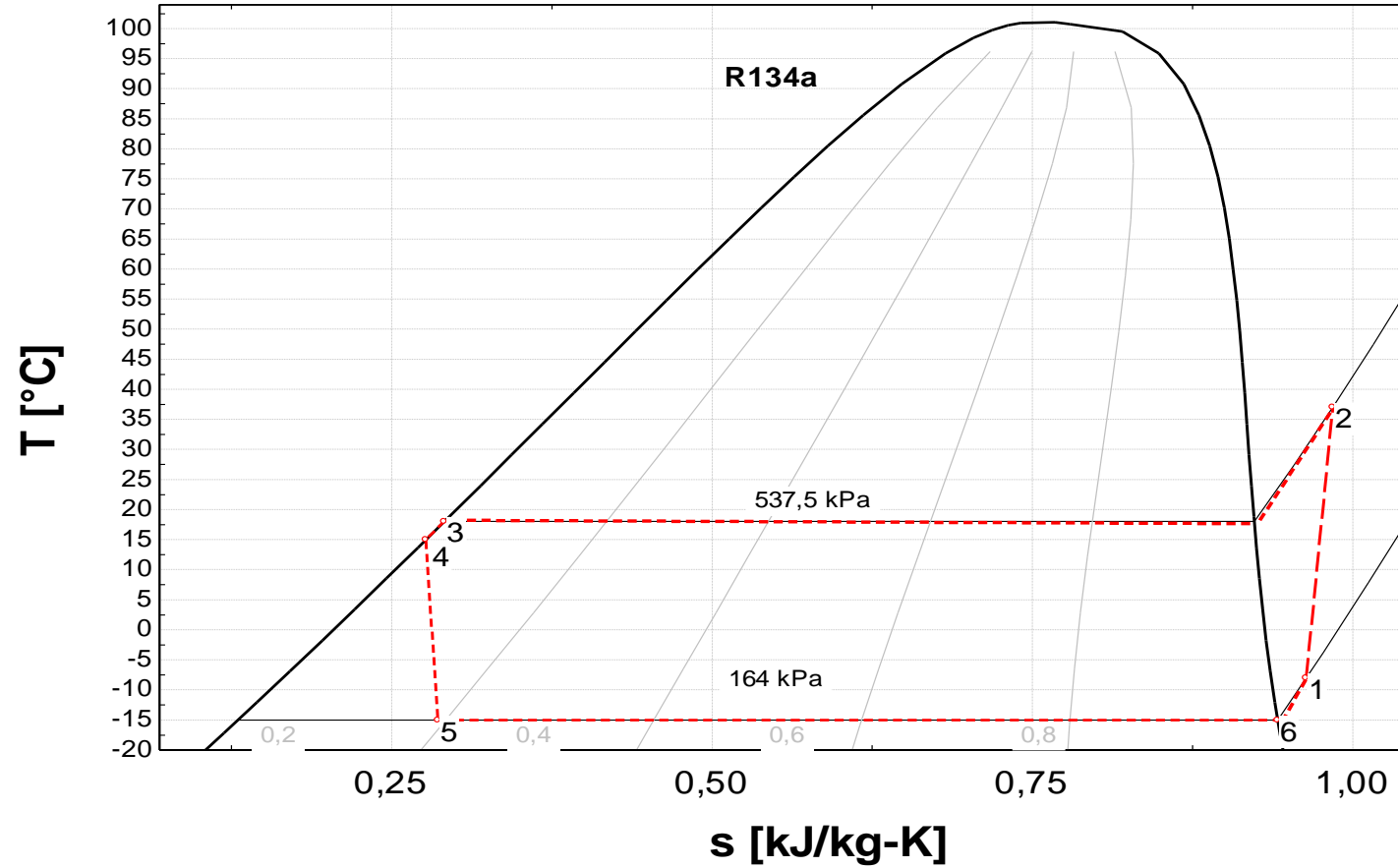
| T_c [°C] Deniz Suyu | P_k [kW] | STK | 100KW+ P_k | Yakıt Sarfıyatı [gr/kWh] | NO_x [ton] | SO_2 [ton] | CO_2 [ton] | HC [ton] | PM [ton] |
|--------------------------|------------|------|-----------------|--------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|---------------|---------------|
| 18 | 16.8 | 5.53 | 116,8 | 276.7 | 10.9 | 7.3 | 428.9 | 0.40 | 1.10 |
| 19 | 17.4 | 5.34 | 117,4 | 276.2 | 10.4 | 7.0 | 411.9 | 0.39 | 1.06 |
| 20 | 18.0 | 5.16 | 118 | 275.8 | 10.0 | 6.7 | 395.0 | 0.37 | 1.01 |
| 21 | 18.6 | 4.99 | 118,6 | 275.3 | 9.6 | 6.4 | 378.1 | 0.36 | 0.97 |
| 22 | 19.3 | 4.83 | 119,3 | 274.8 | 9.1 | 6.1 | 358.3 | 0.34 | 0.92 |
| 23 | 19.9 | 4.68 | 119,9 | 274.3 | 8.7 | 5.8 | 341.4 | 0.32 | 0.88 |
| 24 | 20.5 | 4.53 | 120,5 | 273.9 | 8.2 | 5.5 | 324.5 | 0.31 | 0.83 |
| 25 | 21.2 | 4.40 | 121,2 | 273.3 | 7.7 | 5.2 | 304.7 | 0.29 | 0.78 |
| 26 | 21.8 | 4.26 | 121,8 | 272.9 | 7.3 | 4.9 | 287.8 | 0.27 | 0.74 |
| 27 | 22.5 | 4.14 | 122,5 | 272.4 | 6.8 | 4.5 | 268.0 | 0.25 | 0.69 |
| 28 | 23.1 | 4.02 | 123,1 | 271.9 | 6.4 | 4.2 | 251.1 | 0.24 | 0.64 |
| 29 | 23.8 | 3.91 | 123,8 | 271.4 | 5.9 | 3.9 | 231.4 | 0.22 | 0.59 |
| 30 | 24.5 | 3.80 | 124,5 | 270.9 | 5.4 | 3.6 | 211.6 | 0.20 | 0.54 |
| 31 | 25.2 | 3.69 | 125,2 | 270.4 | 4.9 | 3.2 | 191.9 | 0.18 | 0.49 |
| 32 | 25.9 | 3.59 | 125,9 | 269.9 | 4.4 | 2.9 | 172.1 | 0.16 | 0.44 |
| 33 | 26.6 | 3.49 | 126,6 | 269.4 | 3.9 | 2.6 | 152.4 | 0.14 | 0.39 |
| 34 | 27.4 | 3.40 | 127,4 | 268.9 | 3.3 | 2.2 | 129.8 | 0.12 | 0.33 |
| 35 | 28.1 | 3.31 | 128,1 | 268.4 | 2.8 | 1.9 | 110.0 | 0.10 | 0.28 |
| 36 | 28.8 | 3.22 | 128,8 | 267.9 | 2.3 | 1.5 | 90.3 | 0.08 | 0.23 |
| 37 | 29.6 | 3.14 | 129,6 | 267.3 | 1.7 | 1.1 | 67.7 | 0.06 | 0.17 |
| 38 | 30.4 | 3.06 | 130,4 | 266.8 | 1.1 | 0.8 | 45.1 | 0.04 | 0.12 |
| 39 | 31.2 | 2.98 | 131,2 | 266.2 | 0.6 | 0.4 | 22.6 | 0.02 | 0.06 |
| 40 | 32.0 | 2.91 | 132 | 265.7 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.00 | 0.00 |

Yakıt Tasarrufuna Bağlı Olarak Emisyon Salımındaki Azalma Değerleri



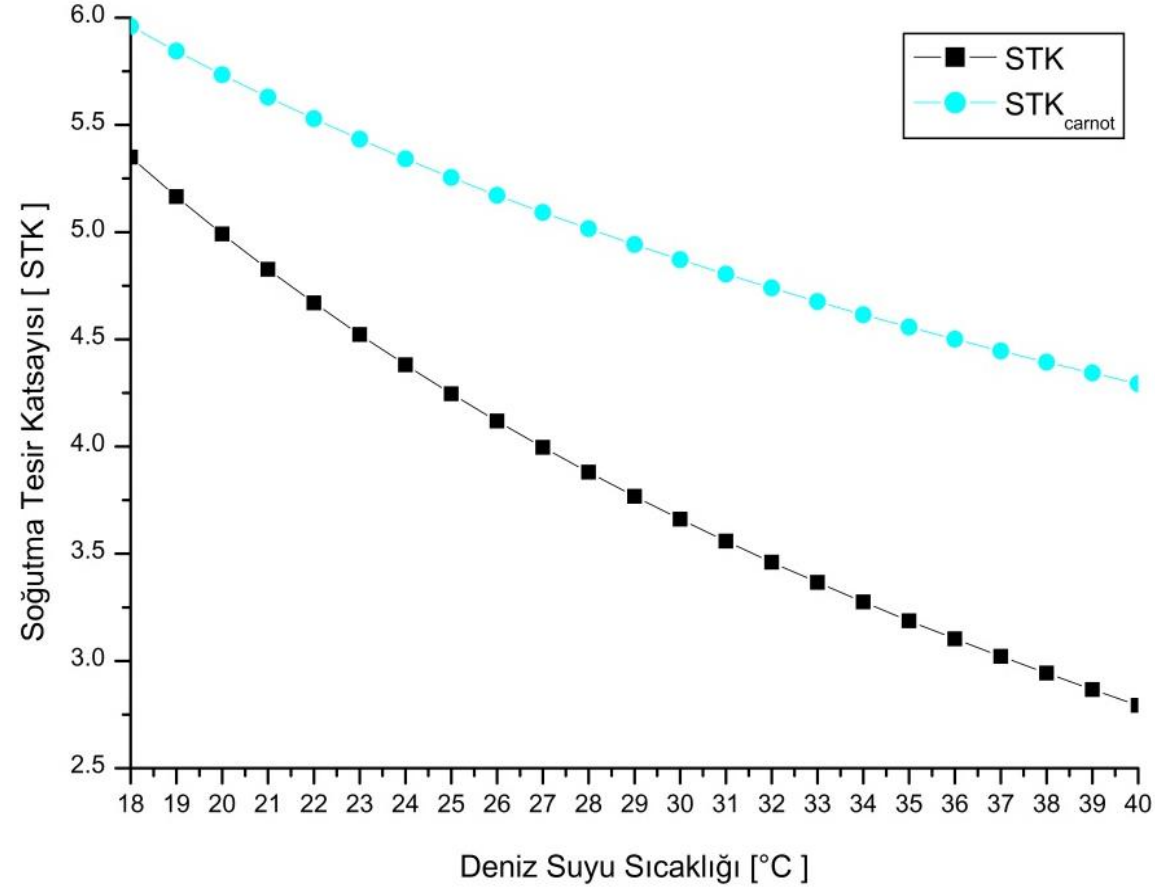
R134A akışkanı kullanan 15 geminin 1 yılda (3000 saat) soğutma sisteminden yakıt tasarrufu sebebiyle salımı azaltılan emisyon miktarları

SOĞUTMA SİSTEMİ EKSERJİ ANALİZİ



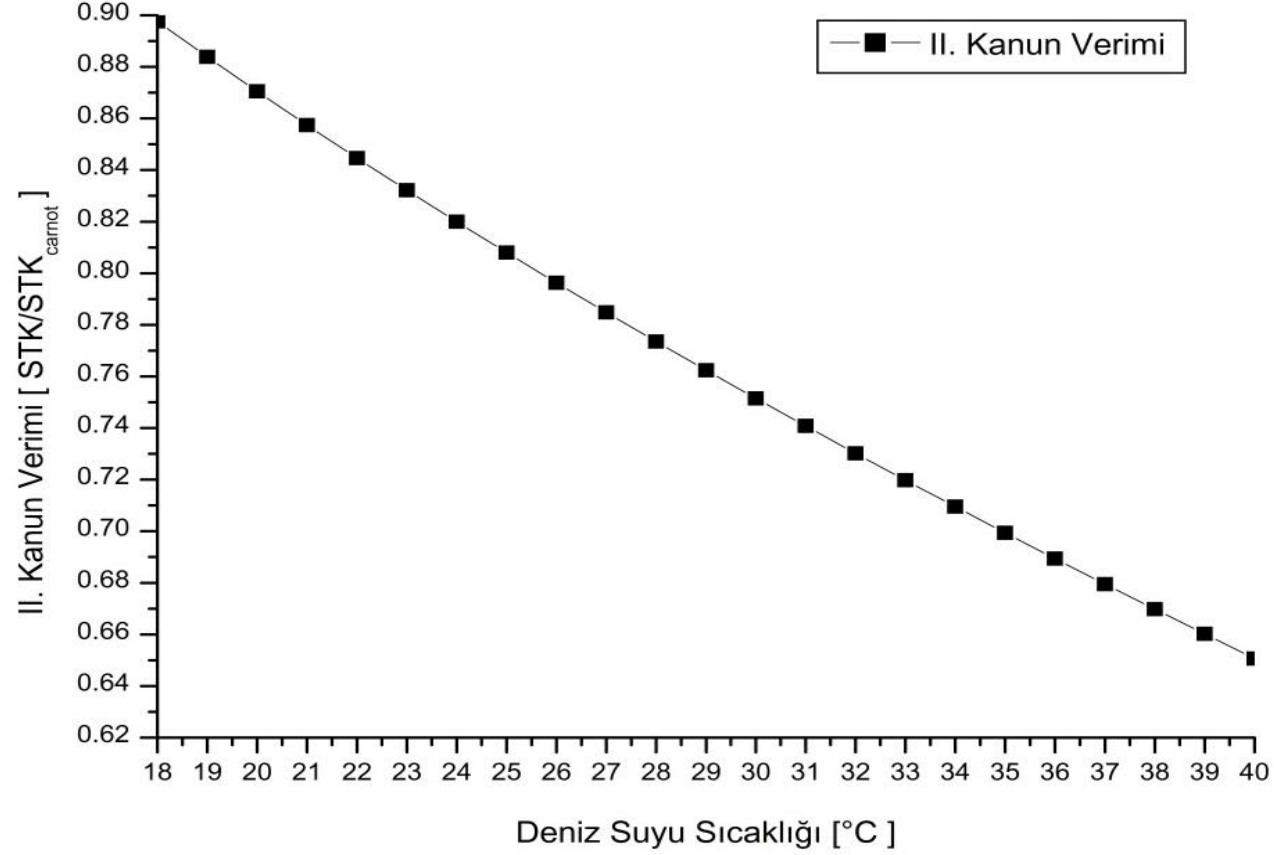
R134A akışkanı kullanılan soğutma sisteminin T-s diyagramı

Çevrimin STK ve STK_{carnot} değerleri



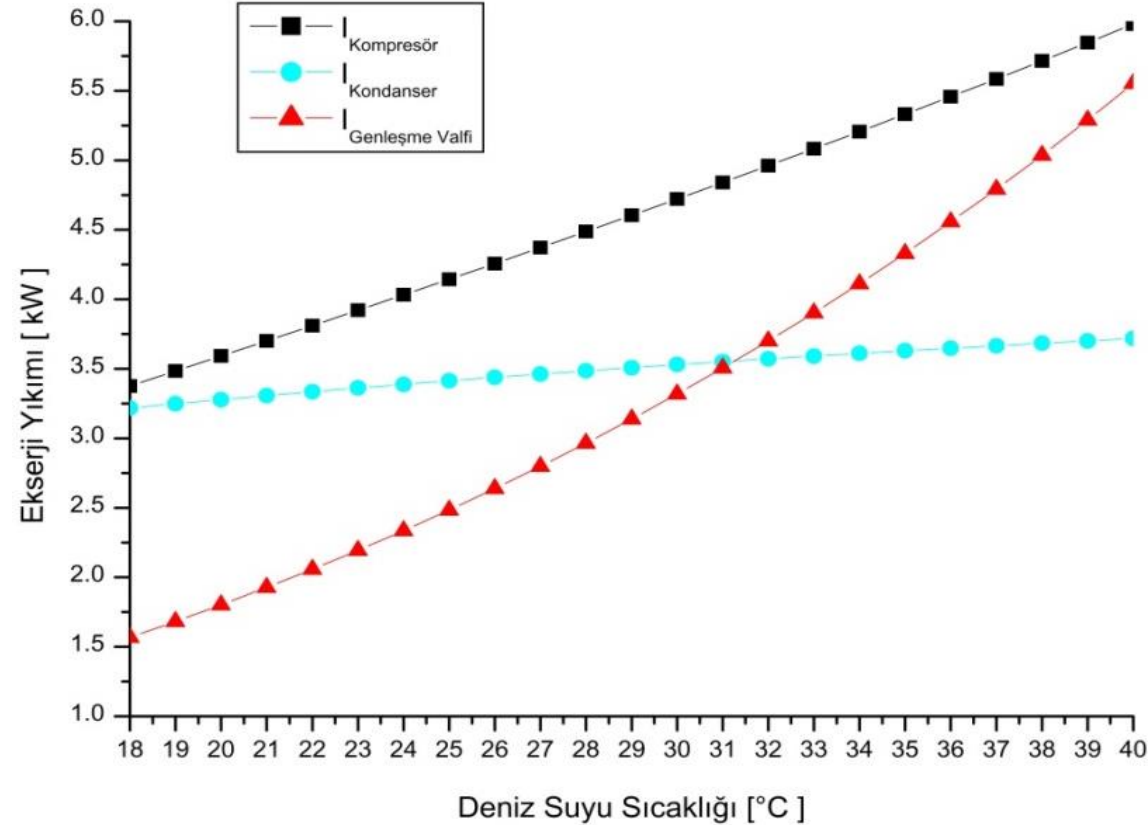
Çevrimin STK ve STK_{carnot} değerleri

II. Kanun Verimi



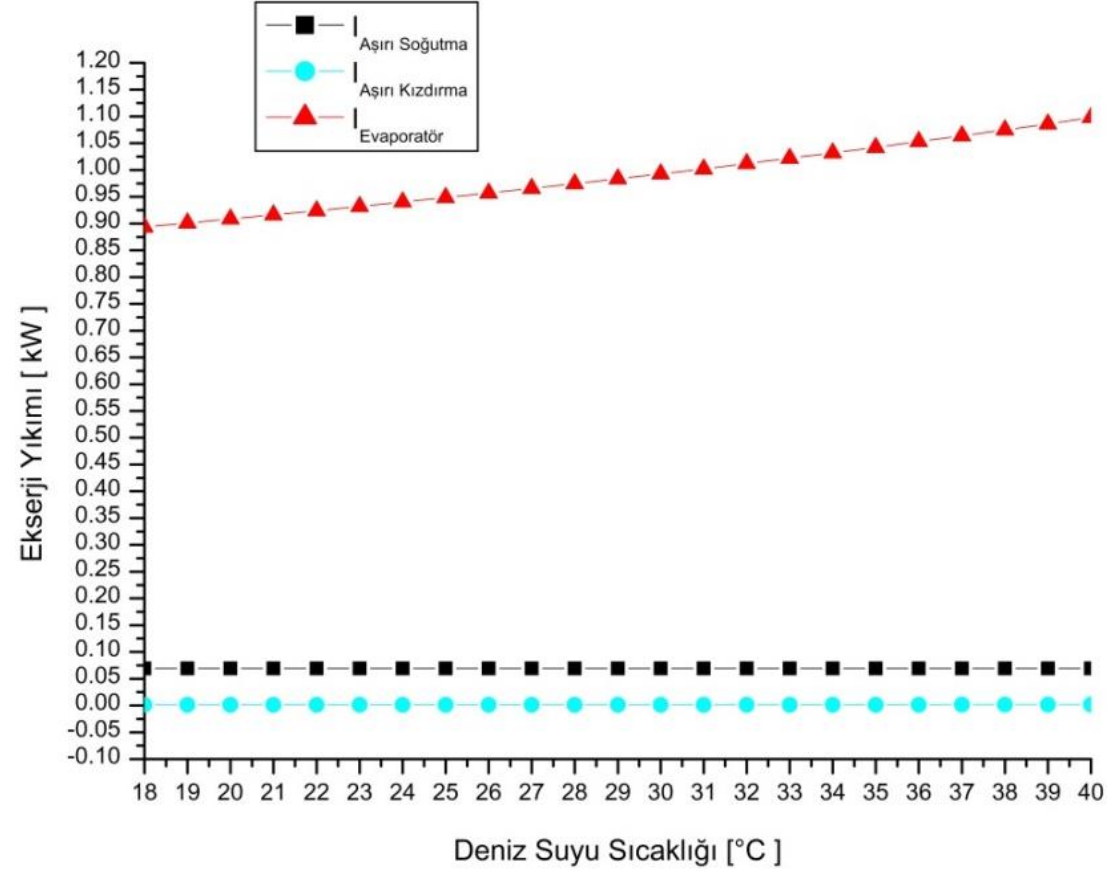
Çevrimin II. kanun veriminin deniz suyu sıcaklığı ile değişimi

Kompresör, Kondanser ve Genleşme Valfinde Ekserji Yıkımları



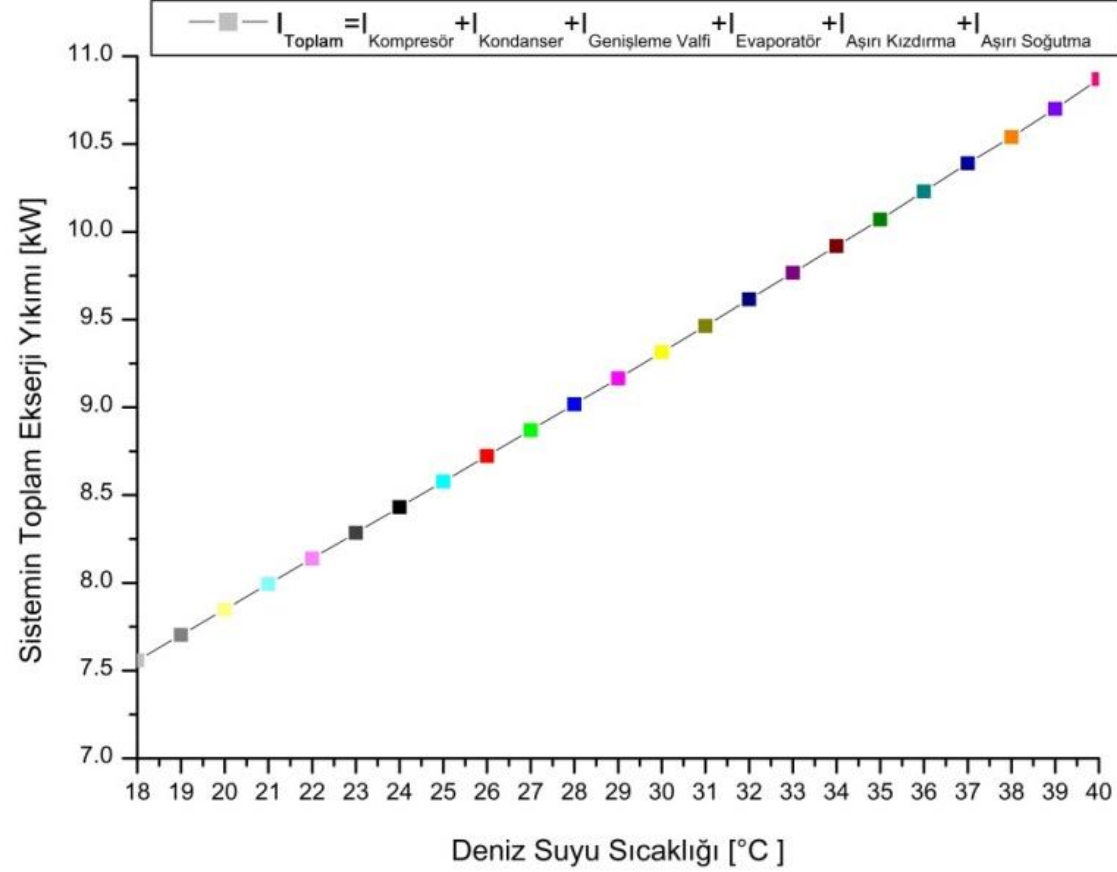
Kompresör, kondanser ve genişleme valfinde ekserji yıkımları

Evaporatör, Aşırı Kızdırma ve Aşırı Soğutmada Ekserji Yıkımları



Evaporatör, aşırı kızdırma ve aşırı soğutmada ekserji yıkımları

Toplam Ekserji Yıkımı



Soğutma sistemi elemanlarının toplam ekserji yıkımı

SONUÇLAR

Evaporasyon Sıcaklığının Düşürülmesi

$$T_e = 0 \text{ } ^\circ\text{C},$$

$$T_e = -5 \text{ } ^\circ\text{C},$$

$$T_e = -10 \text{ } ^\circ\text{C},$$

$$T_e = -15 \text{ } ^\circ\text{C},$$

$T_e = -20 \text{ } ^\circ\text{C}$ alınarak 5 farklı akışkanla soğutma analizleri yapılmıştır.

* En iyi performansı **R134A** göstermiştir.

* Evaporasyon sıcaklıklarının 0°C 'den $5 \text{ } ^\circ\text{C}$ aralıklarla $-20 \text{ } ^\circ\text{C}$ 'ye düşürülmesi STK'yı sırasıyla %24.5, %20.8, %18.4 ve %16.6 azaltmıştır.

SONUÇLAR

Parasal Tasarruf

Evaporasyon sıcaklığı $T_e = -15$ °C alınarak,
15 gemi için, 18 °C deniz suyu sıcaklığında, 1 yılda (3000 saat) oluşan tasarruf

IFO380 : 41162\$

LSGO : 89275\$

IFO180 : 49612\$

MGO : 92001\$

SONUÇLAR

Geri Kazanım Süreleri

- 18 °C deniz suyu sıcaklığı için geri kazanım süresi MGO yakıtı kullanılması durumunda yaklaşık 6 ay olarak hesaplanmıştır.
- MGO yakıt fiyatlarınının 1.1 \$/kg'a yükselmesiyle birlikte bu süre 4.5 aya düşmektedir.
- MGO yakıtı kullanılması durumunda deniz suyu sıcaklığının 28°C'den 18 °C 'ye düşmesiyle geri kazanım süresi %65.38 oranında kısalmaktadır.

SONUÇLAR

II.Yasa Verimi

- Deniz suyu sıcaklığının artmasıyla sistemin **STK değeri ve II. Yasa verimi azalmıştır.**
- Bunun nedeni kondanser sıcaklığı arttıkça yoğunlaşmanın gerçekleşmesi için kompresör çıkış basıncının da artmasıdır.

SONUÇLAR

Ekserji Yıkımı

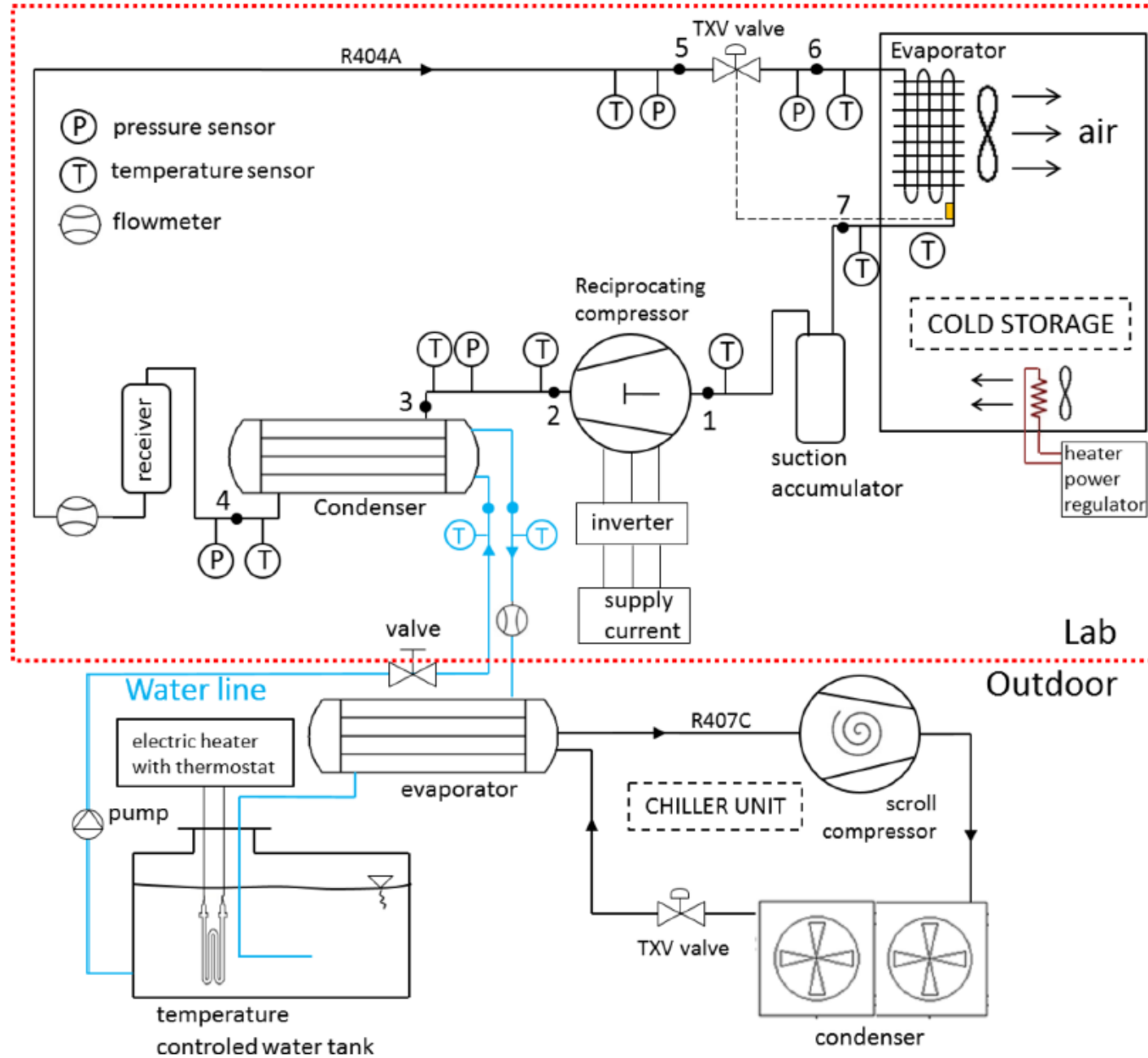
- **En büyük ekserji yıkımı kompresörde** meydana gelmiştir.
- Genleşme valfinde kısılma **sabit entalpide** olduğu için ekserji yıkım artışı deniz suyu sıcaklığına bağlı olarak lineer olarak artmıştır.
- Aşırı kızdırma ve aşırı soğutmadaki ekserji yıkımları ise çok küçüktür.
- Deniz suyu sıcaklığının artmasıyla birlikte sistemin toplam tersinmezliği de artış göstermiştir.

DEĞERLENDİRME

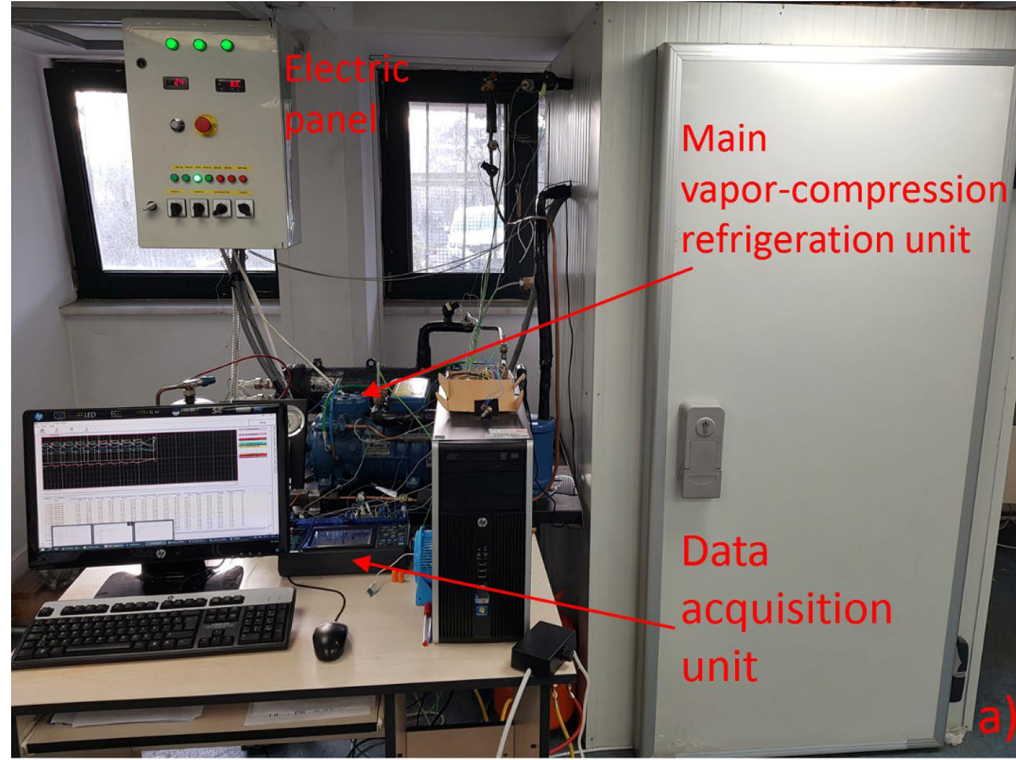
Fizibilite çalışmasında elde edilen sonuçlar doğrultusunda gemi işletmecileri tarafından soğutma sistemlerindeki kompresörler **değişken devirli olarak tercih edilmelidir.**



İNVERTER ve DENEYSEL SONUÇLAR

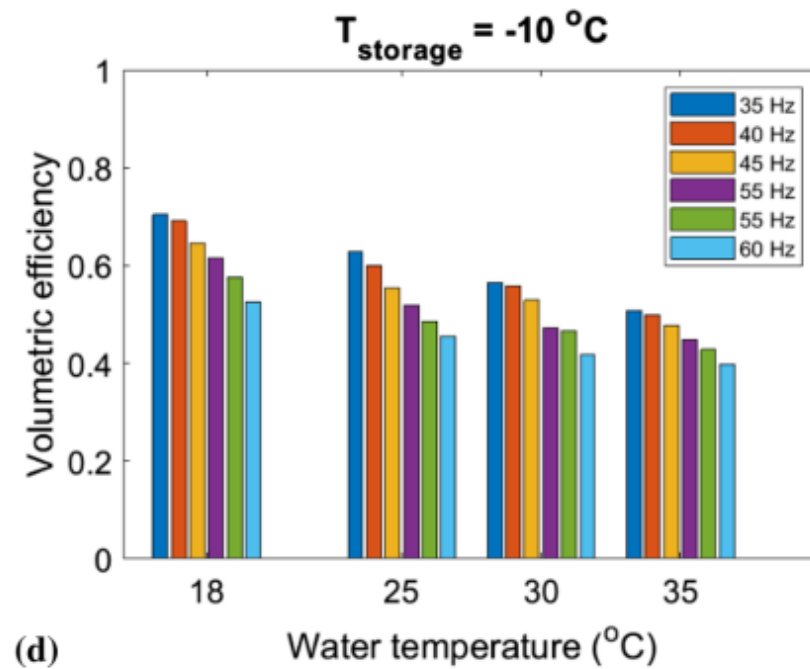
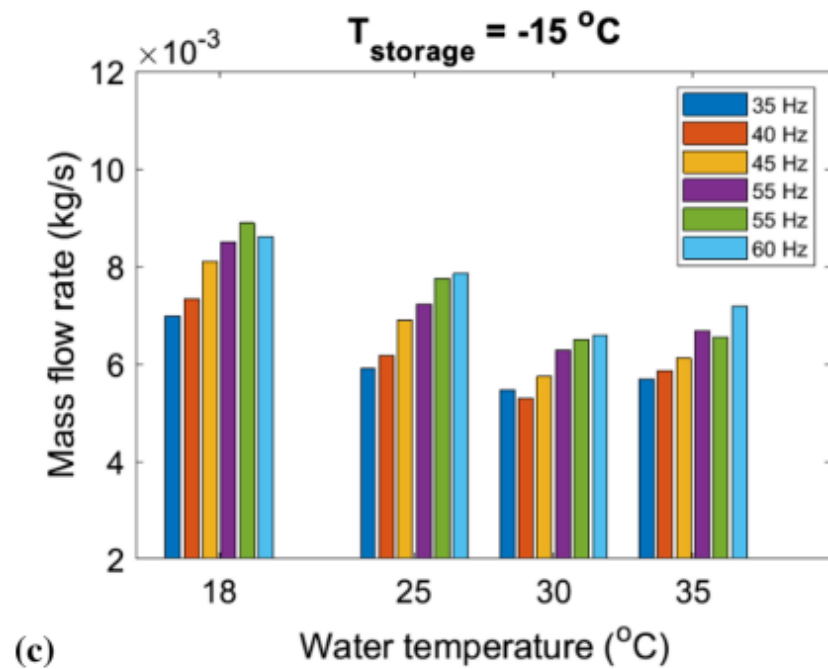
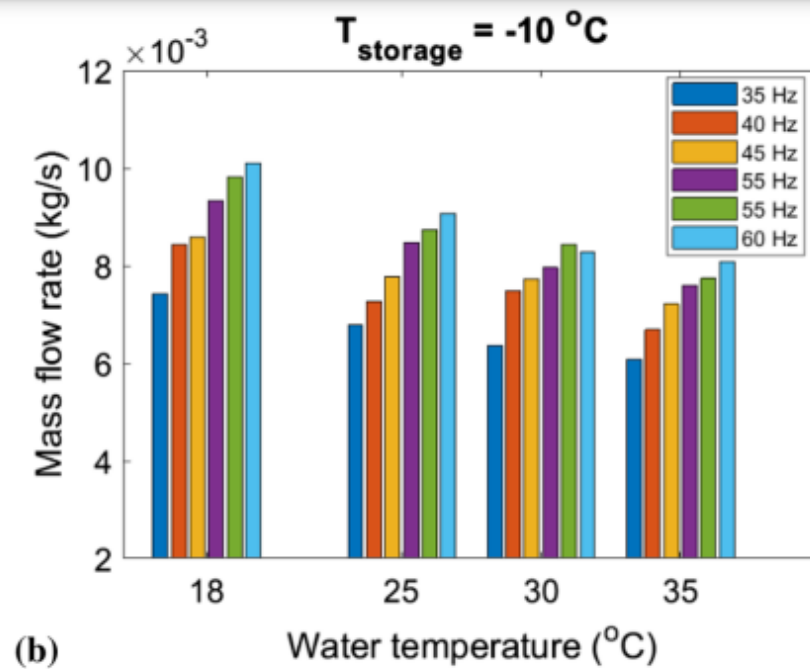
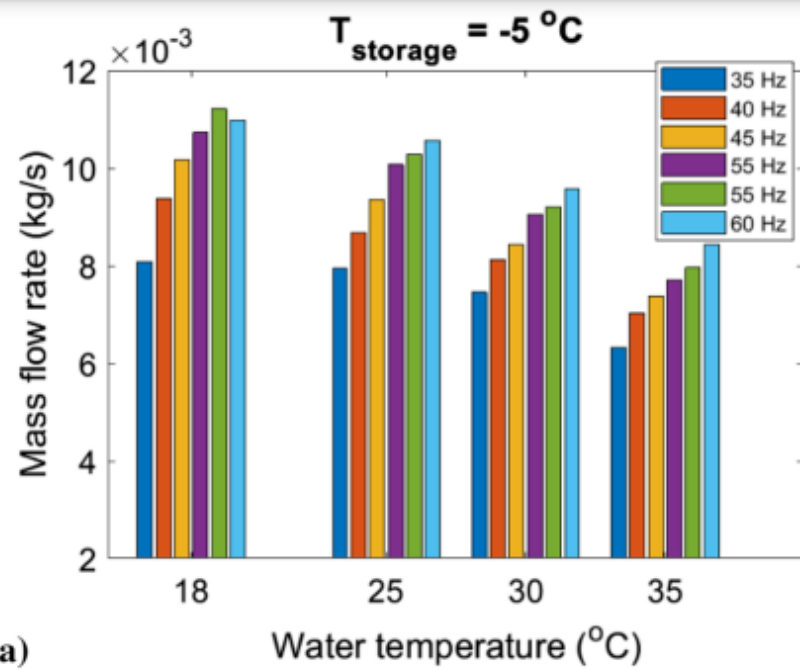


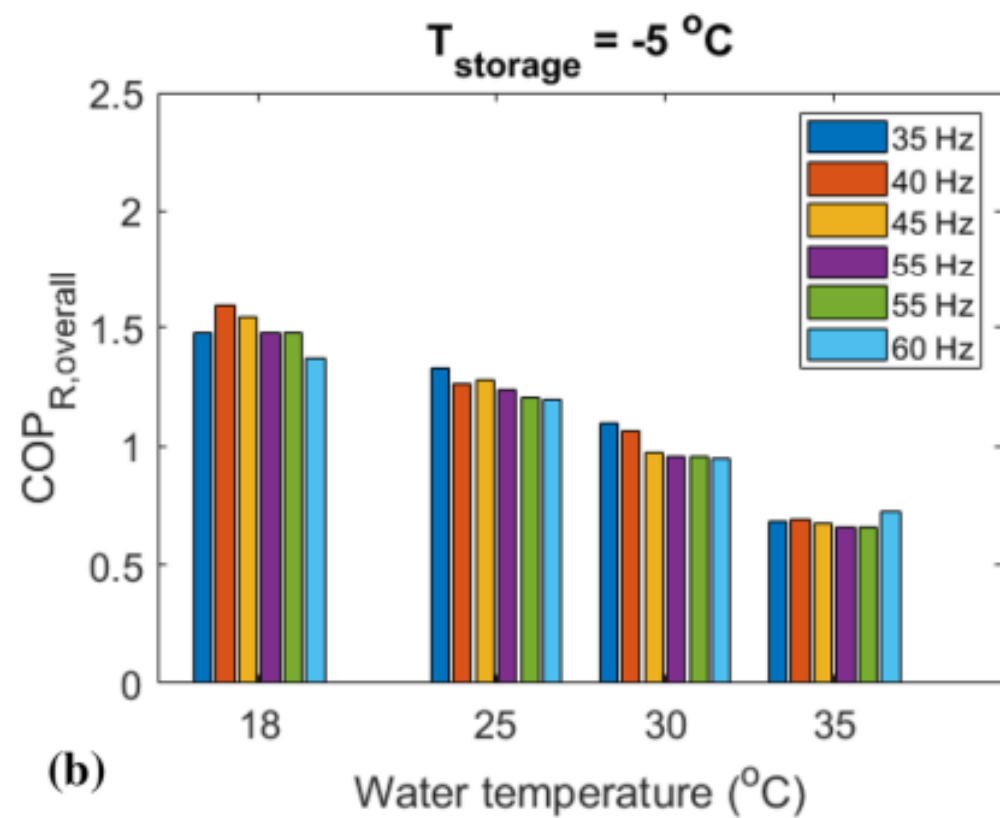
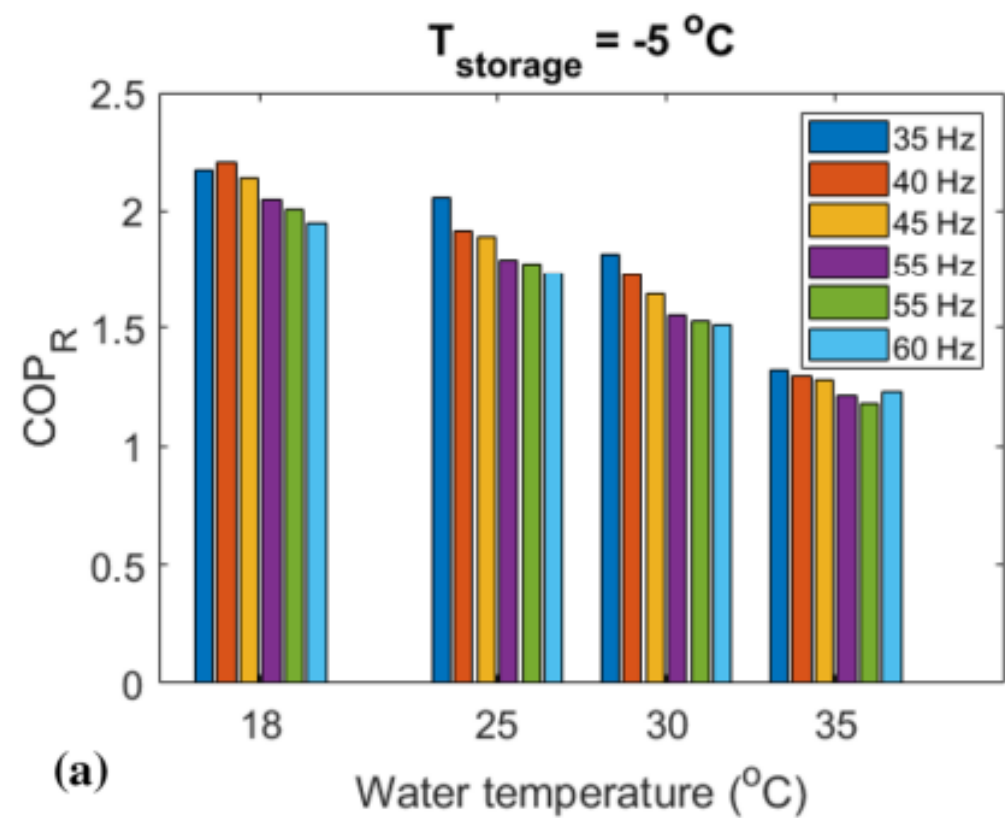
İNVERTER ve DENEYSEL SONUÇLAR



İNVERTER ve DENEYSEL SONUÇLAR

| Equipment | Specifications |
|--|---|
| <i>Main vapor-compression refrigeration unit</i> | |
| Compressor | Frascold A05-4Y, semi-hermetic reciprocating type, max. power 1.5 kW, 2 cylinders with a displacement of 11 cm ³ each, 220–240 V Δ /380–420 V Y/3 ϕ /at 50 Hz, lubrication: centrifugal with polyester oil |
| Other components of the refrigeration unit | Refkar RKDEW0014, shell-and-tube type condenser Karyer EA-130A10, finned-tube type evaporator Danfoss thermostatic type expansion valve |
| Cold storage | Size: 105 cm \times 95 cm \times 180 cm, 8 cm thick polyurethane insulation, fanned electric heater with power regulation (max. power 2 kW) |
| Inverter | Fuji Frenic Mini Inverter, Power Supply Voltage: 220 V/1 ϕ , Output 220 V/3 ϕ Frequency: 0–400 Hz |
| Thermocouples | K-type, range: –200 to 1200 °C, accuracy: ± 1 °C |
| Pressure transducers | Piezoresistive type, range: 0–25 bar (high side) and 0–6 bar (low side), accuracy: $\pm 0.5\%$ of full scale |
| Flow meter | Digital Flow DGT-003AI, volumetric type, range 0.5–50 l/h, accuracy: $\pm 0.5\%$ of full scale |
| Data acquisition unit | Hioki multi-channel data logger, temperature measuring range: –200 °C to 2000 °C, analog measurement range: 10 mV to 100 V, accuracy of timebase: ± 0.2 s/day on measurement at 23 °C |
| <i>Chiller unit</i> | |
| Compressor | Scroll type, 3 kW, on/off controlled |
| Other components of the chiller unit | Air-cooled finned-tube type condenser, shell-and-tube type evaporator, thermostatic type expansion valve |
| Flow meter (for water) | Volumetric type, range 15–250 l/h, accuracy: $\pm 1\%$ |
| Water tank | Temperature controlled, 100 L volume, on/off controlled 3 kW electric water heater |



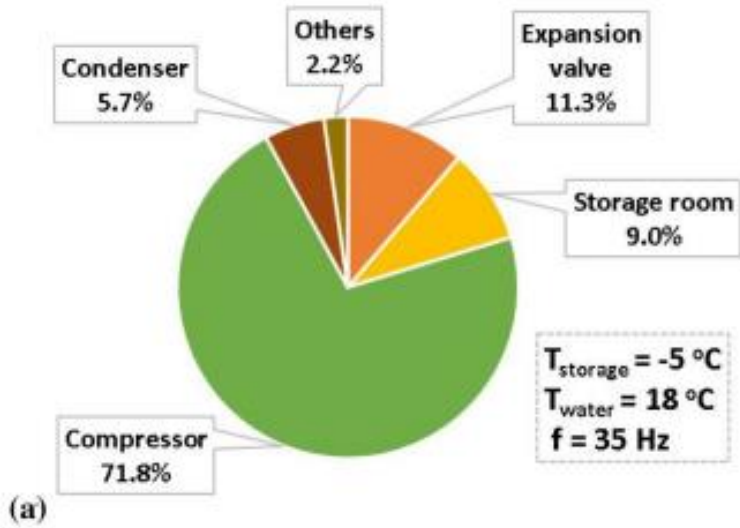


| $T_{\text{water}} \text{ (}^\circ\text{C)}$ | 35 Hz | | 50 Hz | |
|---|------------------|------------------------|------------------|------------------------|
| | COP | COP _{overall} | COP | COP _{overall} |
| 18 | 2.17 (reference) | 1.48 (reference) | 2.05 (reference) | 1.48 (reference) |
| 25 | 2.05 (− 5.4%) | 1.33 (− 10.0%) | 1.79 (− 12.4%) | 1.23 (− 16.3%) |
| 30 | 1.82 (− 16.2%) | 1.10 (− 25.8%) | 1.55 (− 24.1%) | 0.96 (− 35.2%) |
| 35 | 1.32 (− 39.1%) | 0.68 (− 54.0%) | 1.21 (− 40.8%) | 0.66 (− 55.2%) |

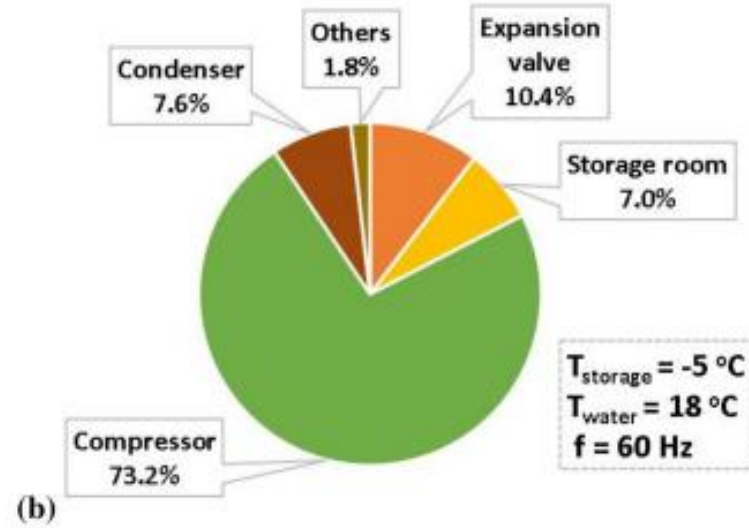
The percentiles in parentheses represent the relative drop in the other temperatures compared to $T_{\text{water}} = 18 \text{ }^\circ\text{C}$

| $f \text{ (Hz)}$ | 18 (°C) | | 30 (°C) | |
|------------------|------------------|------------------------|------------------|------------------------|
| | COP | COP _{overall} | COP | COP _{overall} |
| 35 | 2.17 (− 1.5%) | 1.48 (− 7.2%) | 1.82 (reference) | 1.10 (reference) |
| 40 | 2.21 (reference) | 1.59 (reference) | 1.73 (− 5.0%) | 1.07 (− 2.8%) |
| 45 | 2.14 (− 2.9%) | 1.55 (− 2.9%) | 1.64 (− 10.0%) | 0.97 (− 11.2%) |
| 50 | 2.05 (− 7.2%) | 1.48 (− 7.2%) | 1.55 (− 14.7%) | 0.96 (− 12.8%) |
| 55 | 2.01 (− 9.0%) | 1.48 (− 7.2%) | 1.53 (− 16.1%) | 0.95 (− 13.6%) |
| 60 | 1.95 (− 11.8%) | 1.37 (− 13.9%) | 1.51 (− 17.2%) | 0.95 (− 13.6%) |

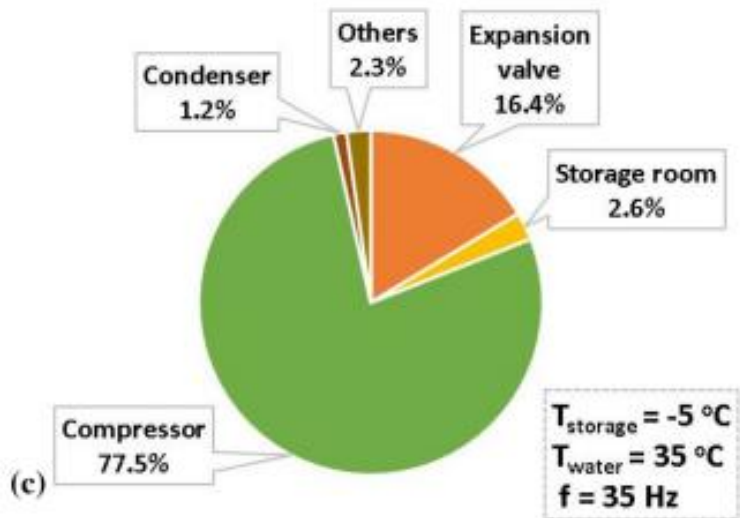
Total exergy destroyed = 555 W



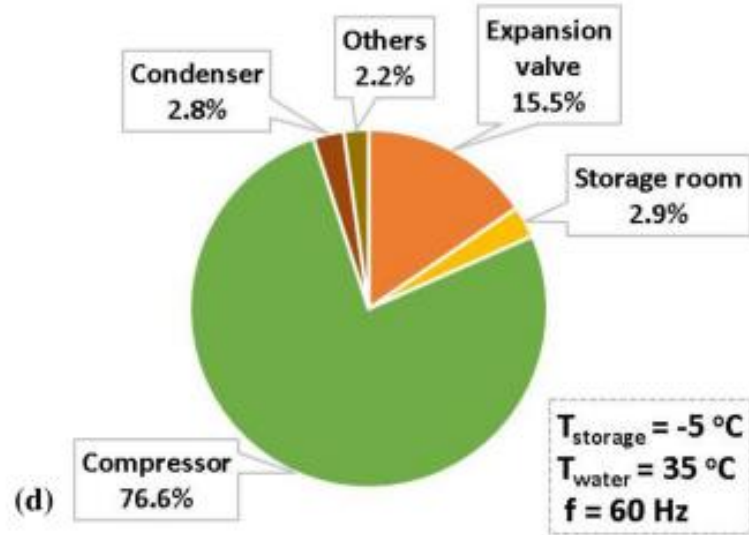
Total exergy destroyed = 818 W



Total exergy destroyed = 629 W



Total exergy destroyed = 843 W



Gemi Soğutma Sistemi Arızaları

Dıştan Görülebilir Arızalar

- Kompresör kayışlarının kayması veya kopması
- Kompresörün çalışmaması (dönmemesi)
- Pompanın çalışmaması (dönmemesi)
- Fanın çalışmaması (dönmemesi)

İç Arızalar

- Hasarlı kompresör valfleri veya pistonları
- Genleşme valfi ayar elemanları arızaları

Elektrik Arızaları

- Sistemde yetersiz düzeyde soğutucu akışkan varsa (az yükleme)
- Sistemde aşırı düzeyde soğutucu akışkan varsa (aşırı yükleme)
- Soğutucu akışkan; yağ nem hava ve diğer gazlarla kirlenmiştir.

Gemi Soğutma Sistemi Arızaları

Kompresördeki Arızalar Nedenleri ve Giderilmesi

Kompresörden Boşalan Gaz Basıncının Yükselmesi

| Arızanın Nedenleri | Arızanın Giderilmesi |
|---|---|
| Soğutucu gaz içine havanın karışması | Karışan hava boşaltılır. |
| Kondenser suyu sıcaklığının yüksek, miktarının az olması | Su sisteminde meydana gelen tıkanıklıklar temizlenir. |
| Kondenser borularının kireçlenmesi, su dağıtan sistemin bozulması | Borular temizlenir, su dağıtan sistem onarılır. |
| Yoğunlaşan soğutucu maddenin kondenserde toplanması | Kondenserde toplanan fazla sıvı alınır. |
| Kompresör çıkış valfinin tam açık olmaması | Söz konusu valf tamamen açılır. |

Gemi Soğutma Sistemi Arızaları

Kompresördeki Arızalar Nedenleri ve Giderilmesi

Kompresörde Emilen Gaz Basıncının Düşük Olması

| Arızanın Nedenleri | Arızanın Giderilmesi |
|--|---|
| Soğutucu madde boruları ve boruda ki filtrelerin tıkanması | Filtreler ve tıkanmış borular temizlenir. |
| Sistemde sıvı akma hızının azalması | Solenoid valfler ayarlanır. |
| Soğutucu madde miktarının azalması | Soğutucu maddenin sızıntı kontrolü yapılır. |
| Genişleme supabının yeterince açık olmaması | Genişleme supabı yeterince açılır. |

Gemi Soğutma Sistemi Arızaları

Kompresördeki Arızalar Nedenleri ve Giderilmesi

Kompresörde Basılan Gaz Basıncının Düşük Olması

| Arızanın Nedenleri | Arızanın Giderilmesi |
|--|--|
| Soğutucu su miktarının fazla sıcaklığının düşük olması | Kondenserin su giriş ve çıkışındaki vanalar ayarlanır. |
| Kompresöre sıvı soğutucu maddenin girmesi | Termostatik Genişleme Valfi ayarlanır. |
| Sistemdeki soğutucu madde miktarının azalması | Soğutucu maddenin sızıntı kontrolü yapılır. |
| Kompresörde boşaltma supabının gaz sızdırması | Boşaltma supabı onarılır veya değiştirilir. |

Gemi Soğutma Sistemi Arızaları

Kompresördeki Arızalar Nedenleri ve Giderilmesi

Kompresörde Emilen Gaz Basıncının Yükselmesi

| Arızanın Nedenleri | Arızanın Giderilmesi |
|--|---|
| Depolanan maddenin fazla olması | Depolanan madde miktarı ayarlanır. |
| Genişleme supabının çok açık olması | Genişleme supabı ayarlanır. |
| Kompresörde giriş supabı ve segmanlarının aşınması | Giriş supabı ve segmanlar onarılır veya değiştirilir. |
| Yağ ayırıcısından kompresöre sıkıştırılmış gazında yağla dönmesi | Yağın kompresöre dönüş sistemi kontrol edilir. |

Gemi Soğutma Sistemi Arızaları

Kompresördeki Arızalar Nedenleri ve Giderilmesi

Kompresörün Anormal Ses Çıkarması

| Arızanın Nedenleri | Arızanın Giderilmesi |
|--|--|
| Kompresörü zemine bağlayan cıvataların gevşek olması | Cıvatalar sıkıştırılır. |
| Volan kayışının gevşek olması | Kayış ayarlanır. |
| Krank mili doğrultusunun ayarsız olması | Doğrultu yatay düzleme paralel olarak ayarlanır. |
| Kompresöre sıvı soğutucunun girmesi | Genişleme supabı kontrol edilir. Çok açık ise kapatılır. |

Gemi Soğutma Sistemi Arızaları

Kompresördeki Arızalar Nedenleri ve Giderilmesi

Kompresördeki Makine Yağının Kısa Sürede Azalması

| Arızanın Nedenleri | Arızanın Giderilmesi |
|--|--|
| Sıvı soğutucu madde, evaporatörde buharlaşmadan kompresöre girer. | Genişleme supabı ayarlanır. Sıvı ayırıcısında soğutucu sıvının ayrılması sağlanır. |
| Yağ ayırıcısında ayrılan yağın kompresöre dönmemesi | Yağın döndüğü sistem kontrol edilip onarılır. |
| Pistondaki yağ segmanının aşınmış olması | Yağ segmanı değiştirilir. |
| Sistem çalışmaz durumda iken soğutucu maddenin makine yağı altında sıvı halde basınç oluşturulup soğutucu maddenin bulunması, çalışmaya başlayınca birden buharlaşıp, yağı sürüklemesi | Sistem durdurulurken, karterde düşük gaz halinde bulunması sağlanır. |

Gemi Soğutma Sistemi Arızaları

Kompresördeki Arızalar Nedenleri ve Giderilmesi

Kondenserdeki Normal Basınçta Soğutucu Maddenin Yoğunlaşmaması

| Arızanın Nedenleri | Arızanın Giderilmesi |
|------------------------------------|--|
| Kondensöre hava girmesi | Hava boşaltılır, sistem vakum meydana gelmeyecek şekilde çalıştırılır. |
| Kondensör borularının kireçlenmesi | Borular temizlenir soğutma suyu olarak deniz suyu kullanılıyor ise boruların oksitlenmemesi için galvanize edilir. |
| Suyun miktarının yetersiz olması | Su pompası su boruları kontrol edilip gerekli onarımlar yapılır. |
| Soğutma yüzeyinin yetersiz olması | Sistemde kullanılan soğutucu madde miktarı fazla ise kondenser borularının yüzeyi yetersiz kalır. |

Gemi Soğutma Sistemi Arızaları

Kompresördeki Arızalar Nedenleri ve Giderilmesi

Evaporatörün Yeterli Soğutma Yapmaması

| Arızanın Nedenleri | Arızanın Giderilmesi |
|--|--|
| Soğutucu madde miktarının yetersizliği | Soğutucu madde ilave edilir. |
| Evaporatörün karlanması | Oluşan karlar defrost yapılır. |
| Makine yağının evaporatörde toplanması | Yağ ayırıcısı kontrol edilip bozursa onarılır. |
| Tuz çözeltisi miktarının yetersizliği | Tuz çözeltisi miktarı artırılır. |

Defrost yöntemleri

Elektrikle Defrost Yöntemi : Evaporatör yüzeyinde serpantin kanatçıkları arasına rezistans yerleştirerek defrost yapılabilir.

Sulu Defrost: Evaporatöre ılık su püskürtülür.

Sıcak hava ile defrost: Yüzeyle sıcak hava gönderilerek yapılan bir defrost yöntemidir.

Oda havasıyla defrost : 2°C'in üzerindeki ortamlarda sistem durdurulur, sadece evaporatör fanları çalıştırılarak, eritme işlemi yapılır.

