

Soğutma Sistemleri ve Servis Uygulamaları

Doç. Dr. Ayhan Onat

Dr. Kadir İsa



FRITERM®

ADYABATİK SOĞUTMA SİSTEMLERİ

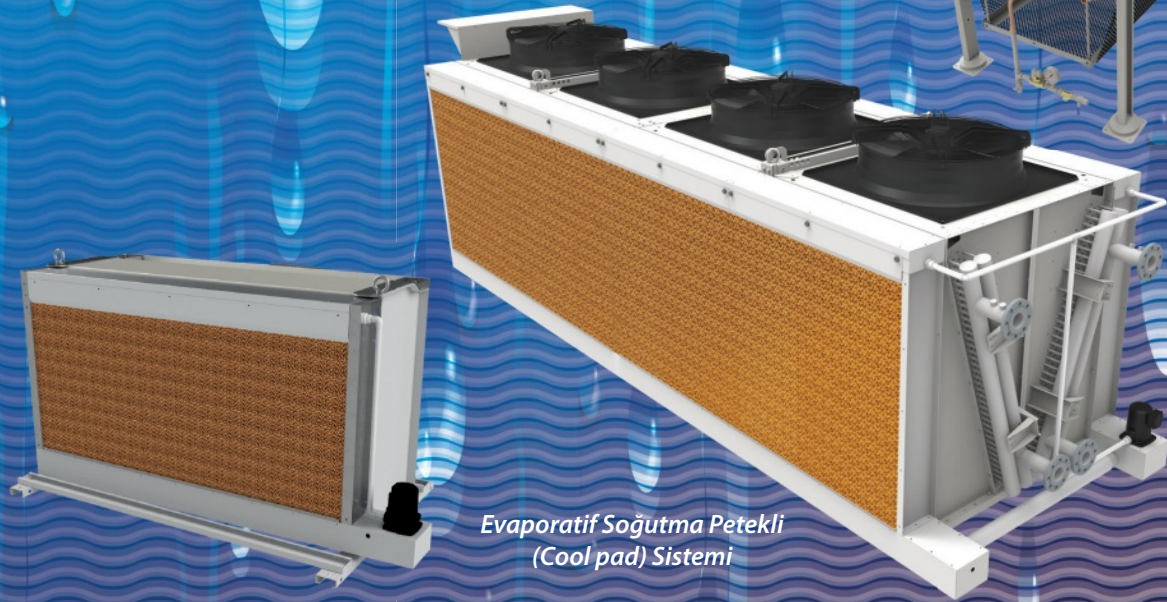
Friterm kuru soğutucu ve kondenserlerde enerji ve su kayıplarından tasarruf sağlayan, makine verimliliğini artıran Cool Pad Adyabatik Soğutma Sistemleri kullanarak sağlıklı ve çevreci ürünler sunar.



Doğrudan Spreyleme Sistemi



Ağ Üzeri (Ecomesh) Spreyleme Sistemi



Evaporatif Soğutma Petekli (Cool pad) Sistemi

SIAD EAC CE ISKİD MEMBER OF EUROVENT eurammön

FRITERM®
1979'dan beri

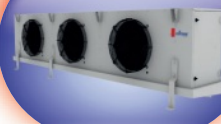
Merkez/ Fabrika 1:
İstanbul Deri Organize Sanayi Bölgesi Dilek Sokak
No:10 X-12 Özel Parsel Tuzla 34957 İstanbul / TÜRKİYE
Fabrika 2:
Makine İhtisas Organize Sanayi Bölgesi 6.Cadde 17. Sokak
No:1 Demirciler Köyü Dilovası 41455 Kocaeli / TÜRKİYE
Tel: +90 216 394 12 82 (pbx) Faks: +90 216 394 12 87
info@friterm.com www.friterm.com



twitter.com/friterm facebook.com/friterm linkedin.com/company/friterm

FRITERM

Friterm Product Selection FPS 6.0



Oda Soğutucular & Endüstriyel Soğutucular (Soğutkan, DX)
Unit Air Coolers & Industrial Air Coolers (Refrigerant, DX)



CO2 DX Evaporator
CO2 DX Evaporator



Oda Soğutucular & Endüstriyel Soğutucular (Su/Glikol)
Unit Air Coolers & Industrial Air Coolers (Water/Glycol)



Pompalı Evaporator
Pump Evap



Hava Soğutmalı Kondenserler (Soğutkan)
Air Cooled Condensers (Refrigerant)



Hava Soğutmalı Amonyak Kondenser
Air Cooled Ammonia Condenser



Kuru Soğutucular & Yağ Soğutucular
Dry Coolers & Oil Coolers



Şok Dondurucular (Soğutkan, DX)
Blast Freezers (Refrigerant, DX)

FRITERM® AKADEMİ

FRITERM®
1979'dan beri

FRITERM®
Doğaya Doer Sanayi

FRİTERM AR-GE MERKEZİ

Friterm Ar-Ge Ortamla Dengeli Tip Kalorimetrik Test Odası Friterm R&D Ambient Balanced Type Calorimetric Test Room

Freon Evaporatörler	EN 328; Eurovent RS 7/C/001 - 2010 (R404A, R507, R407, R134A, R410A)
Freon Kondenserler	EN 327; Eurovent RS 7/C/002 - 2010 (R404A, R507, R407, R134A, R410A)
Su, Su/Glikollü Soğutucular	EN 328; Eurovent RS 7/C/001 - 2010
CO ₂ Evaporatörler	EN 328 Referansı ile (Sub/Transkritik CO ₂)
CO ₂ Gaz Soğutucular	EN 327 Referansı ile (Transkritik CO ₂)
Kuru Soğutucu Bataryalar	EN 1048; Eurovent RS 7/C/003 - 2010
Isıtma/Soğutma Bataryaları (Sulu, Su/Glikollü)	Eurovent RS 7/C/005-2007; ANSI ASHRAE 33/2000
DX/Kondenser/CO ₂ Bataryalar	EN 327, EN 328, ANSI ASHRAE 33/2000 Referansı ile



Friterm Uzaktan İzleme ve Kontrol Sistemi FMM Step Control

Friterm Motor Management System FMM Step Control



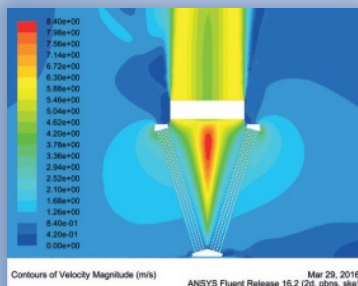
Friterm Ar-Ge Hava Sızdırmazlık Test Düzeneği

Friterm R&D Air Leakage Test Rig

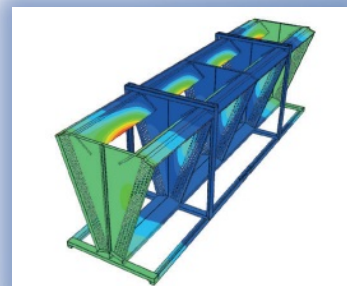


EN1886, EN 15727:2010,
EUROVENT 2/2 ve DW/143

Ürün Geliştirme Çalıştırmaları Product Development



CFD Hava Akışı İncelemesi / Air Flow Analysis



Mukavemet Analizi / Strength Analysis

Soğutma Sistemleri ve Servis Uygulamaları

Doç. Dr. Ayhan Onat

Dr. Kadir İsa

Soğutma Sistemleri ve Servis Uygulamaları

Doç. Dr. Ayhan Onat
Dr. Kadir İsa

1. Basım Kasım 2019
ISBN: 978-975-

Her hakkı mahfuz olup yazarların veya Friterm A.Ş.'nin müsadesi olmaksızın çoğaltılamaz, yayınlanamaz.

Bu kitap ekteki kaynaklara dayanılarak mümkün olduğunca dikkat gösterilerek hazırlanmıştır. Ancak Friterm A.Ş. ve kitabın yazarları kitabın içindeki bilgilerin tamlığı, doğruluğu veya uygulanabilirliği hakkında hiçbir garanti vermez; bu kitabın içerdiği bilgilere dayanan herhangi bir sorumluluk kabul etmez. Kitapta bulunan bilgilerin kullanımına ilişkin bütün risk ve sorumluluk bu bilgileri kullananlara aittir.

As a federally owned enterprise, The Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH supports the German Government in achieving its objectives in the field of international cooperation for sustainable development. Proklima has been providing technical and financial support for developing countries since 1996, commissioned by the German Federal Ministry for Economic Cooperation and Development (BMZ), to implement the provisions of the Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer.

First published in English as "Good Practices in Refrigeration" by the GIZ Proklima.

© GIZ Proklima, 2010

Turkish translation by © Friterm Akademi, 2019

Responsibility for the Turkish translation and editing of Chapter 5 lies entirely with Dr. Kadir İSA.

Federal bir işletme olarak Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, Alman Hükümetine sürdürülebilir kalkınma alanındaki uluslararası işbirliği hedeflerine ulaşma konusunda destek vermektedir. Alman Federal Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Bakanlığı (BMZ) tarafından görevlendirilen Proklima, Ozon Tabakasını Tüketen Maddeler Protokolü'nün hükümlerini uygulamak üzere 1996'dan bu yana gelişmekte olan ülkelere teknik ve finansal destek sağlamaktadır.

Bu kitabın ilgili bölümleri ilk defa İngilizce dilinde GIZ Proklima tarafından "Soğutma Alanında İyi Uygulamalar" başlığı ile yayınlanmıştır.

© GIZ Proklima, 2010

© Friterm Akademi, 2019. Bölüm 5'in Türkçe tercümesi ve düzenlenmesi ile ilgili sorumluluk tamamen Dr. Kadir İSA'ya aittir.

Adres ve İletişim:

Friterm Termik Cihazlar San. ve Tic. A. Ş.

Makine İhtisas Organize Sanayi Bölgesi 6. Cadde 17. Sokak No:1
Demirciler Köyü / Dilovası 41455, Kocaeli - Türkiye
Telefon: +90 216 394 12 82 (pbx)
Faks: +90 216 394 12 87
info@friterm.com
www.friterm.com

Doğa Yayıncılık Ltd. Şti.

Ali Nazım Sk. No: 30 Koşuyolu 34718 Kadıköy / İSTANBUL
Tel: 0216 327 80 10
Faks: 0216 327 79 25
www.dogayayin.com
info@dogayayin.com

Baskı ve Cilt:

Hanlar Matbaacılık Sanayi Ticaret Ltd. Şti.

Yeşilce Mahallesi, Aytekin Sokak No: 16/A
Seyrantepe / Levent / İstanbul
Tel: 0212 324 08 82 - 83
Faks: 0212 324 08 84
www.hanlarmatbaa.com
info@hanlarmatbaa.com

ÖNSÖZ

Ülkemiz

Saygılarımla,

Naci Şahin
Friterm A.Ş. Genel Müdürü
Ağustos 2017

İÇİNDEKİLER

BÖLÜM 1 - SOĞUTMA SİSTEMLERİ VE ENERJİ VERİMLİLİĞİ

1.1. Giriş	
1.2. Soğutma Sistemleri	00
1.2.1. Termoelektrik (Peltier) Soğutma Sistemi	00
1.2.2. Adsorbsiyonlu Soğutma Sistemi	00
1.2.3. Absorbsiyonlu Soğutma Sistemi	00
1.3. Enerji Verimliliği Kavramları	00
1.3.1. Su Soğutma Gruplarının Kısmi Yükteki Verimlilikleri	00
1.3.2. Klimalar İçin Eko-Tasarım Kriterleri ve Yeni Enerji Etiketleri	00
1.3.3. Avrupa Birliği Yeni Enerji Etiketleri	00
1.3.4. Türkiye'de Yeni Enerji Etiketleri	00
1.4. Ölçüm Cihazları	00

BÖLÜM 2 - SOĞUTUCU AKIŞKANLAR

2.1. Soğutucu Akışkanların Özellikleri	00
2.2. Soğutucu Akışkanların Numaralandırılması	00
2.3. Kloroflorokarbon (CFC)	00
2.4. Hidrokloroflorokarbon (HCFC)	00
2.5. Hidroflorokarbon (HFC)	00
2.6. Karışım Bazlı Soğutucu Akışkanlar	00
2.7. Alternatif ve Doğal Soğutucu Akışkanlar	00
2.7.1. R744 (CO ₂ - Karbondioksit)	00
2.7.2. R717 (NH ₃ - Amonyak)	00
2.7.3. R32	00
2.7.4. R1234ze ve Diğer HFO Soğutucu Akışkanlar	00
2.7.5. R290, R1270 ve R600a	00
2.7.6. Emniyet	00
2.7.6.1. Emniyet Sınıflandırması	00
2.7.6.2. Maksimum Şarj Miktarı ile İlgili Kullanım Kısıtlamaları	00
2.7.7. İlgili Standart ve Mevzuata İlişkin Özet	00
2.8. Florlu Sera Gazları (F-Gaz) Yönetmeliği	00

BÖLÜM 3 - BUHAR SIKIŞTIRMALI MEKANİK SOĞUTMA ÇEVİRİMİ ve ELEMANLARI

3.1. Buhar Sıkıştırılmalı Mekanik Soğutma Çevrimi	00
3.2. Soğutma Sisteminin Temel Elemanları	00
3.2.1. Kompresörler	00
3.2.1.1. Gövde Yapılarına Göre Mekanik Soğutma Kompresörleri	00
3.2.1.2. Sıkıştırma Mekanizmalarına Göre Soğutma Kompresörleri	00
3.2.1.3. Manyetik Yataklı Kompresörler	00
3.2.2. Kondenserler (Yoğuşturucu)	00
3.2.2.1. Hava Soğutmalı Kondenserler	00
3.2.2.2. Su Soğutmalı Kondenserler	00
3.2.2.3. Deniz Suyu Soğutmalı Kondenserler	00
3.2.2.4. Evaporatif Kondenserler	00
3.2.3. Evaporatörler	00

3.2.3.1. Hava Soğutmalı Evaporatörler.....	00
3.2.3.2. Su Soğutmalı Evaporatörler.....	00
3.2.4. Genleşme Elemanları	00
3.2.4.1. Kılcal Boru	00
3.2.4.2. Termostatik Genleşme Valfi (TGV).....	00
3.2.4.3. Elektronik Genleşme Valfi (EGV).....	00
3.3. Yardımcı Elemanlar	00
3.3.1. Servis Valfleri	00
3.3.2. Titreşim Giderici	00
3.3.3. Susturucu (Muffler)	00
3.3.4. Yağ Ayırıcılar	00
3.3.5. Sıvı Tankı	00
3.3.6. Filtre/Kurutucular	00
3.3.7. Gözetleme Camları	00
3.3.8. Çek Valf	00
3.3.9. Solenoid Valfler	00
3.3.10. Emiş Akümülatörü	00
3.4. Kızgınlık (Superheat) ve Aşırı Soğuma (Subcooling) Kavramları	00
3.4.1. Aşırı Soğuma (Subcooling)	00
3.4.2. Kızgınlık (Superheat)	00
3.5. Basınç-Entalpi (P-h) ve Sıcaklık-Entropi (T-s) Diyagramları.....	00
3.5.1. Gerçek Çevrimin P-h Diyagramında Gösterilmesi.....	00
3.6. Kaskad Soğutma Sistemleri	00
3.6.1. Kaskad Soğutma Sisteminin P-h ve T-s Diyagramlarında Gösterilmesi.....	00
3.7. CO ₂ Soğutma Çevrimi	00
3.7.1. Direkt Genleşmeli CO ₂ Subkritik Çevrim	00
3.7.2. CO ₂ Subkritik Kaskad Çevrimi	00
3.7.3. CO ₂ Transkritik Çevrim.....	00
3.7.3.1. İç Isı Değiştiricili Tek Kademeli Basit Transkritik Çevrim	00

BÖLÜM 4 - SOĞUTMA SİSTEM TASARIMI

4.1. Isı Yükü Hesabı	00
4.1.1. Örnek Soğuk Oda Hesaplamaları.....	00
4.1.1.1. Cidarlardan Gelen Isı Kazancı.....	00
4.1.1.2. Ürünlerden Gelen Isı Kazancı.....	00
4.1.1.3. Diğer Isı Kazançları	00
4.2. Soğutma Devresi Boru Tasarımı.....	00
4.2.1. Genel Tasarım Kriterleri	00
4.2.2. Boru Çaplarının Belirlenmesi.....	00
4.2.3. Basınç Kaybı ve Sıcaklık Değişimi	00
4.2.4. Sıvı Hatları	00
4.2.5. Emiş Hatları	00
4.2.6. Basma Hatları	00
4.2.6.1. Basma Hattı Borulama Detayları	00
4.2.6.2. Çoklu Evaporatör Bağlantıları.....	00
4.2.7. Soğutucu Akışkan Hatlarının Boyutlandırılması.....	00
4.2.7.1. Soğutma Hatları İçin Eşdeğer Boru Boyları.....	00

4.2.7.2. Kapasiteye Bağlı Boru Çaplarının Belirlenmesi	00
4.2.7.3. Sıvı Hattı Boru Çapının Hesaplanması	00

BÖLÜM 5 - SOĞUTMA SERVİS İŞLEMLERİNDE İYİ UYGULAMALAR

5.1. Giriş	00
5.2. Servis İşlemlerinde Kullanılan Temel Alet ve Ekipman.....	00
5.3. Geri Toplama, Geri Kazanım, Islah ve Vakum İşlemlerinde Kullanılan Ekipman	00
5.3.1. Geri Kazanım Ekipmanı	00
5.4. Ölçüm Aletleri	00
5.4.1. Kaçak Dedektörleri, Sıcaklık, Elektriksel Ölçüm Cihazları ve Tartılar.....	00
5.5. Temel Servis İşlemleri	00
5.5.1. Devreye Alma	00
5.5.2. Sızdırmazlık Testi	00
5.5.3. Vakuma Alma	00
5.5.4. Soğutucu Akışkan Şarjı.....	00
5.5.6. Sistem Kontrolü ve Son Kaçak Testi.....	00
5.5.7. Sıcaklık ve Basınç Ölçüm Noktaları.....	00
5.6. Bakır Boruların Bükülmesi	00
5.6.1. Bükme İşlemi Basamakları	00
5.6.2. Sert Lehim İşlemleri	00
5.6.2.1. Lehim Basamakları	00
5.6.2.2. Pirinç-Bakır Sert Lehimi.....	00
5.7. Havşa Açma	00
5.7.1. Havşa Açma Adımları	00
5.8. Hidrokarbon (HC) Kullanan Ev Tipi Soğutucularda Servis İşlemleri.....	00
5.8.1. Soğutucunun Yerleştirilmesi.....	00
5.8.2. Soğutma Devresinin Atmosfere Açılması	00
5.8.2.1. Süpürme İşlemi	00
5.8.2.2. Filtre-Kurutucunun Değiştirilmesi.....	00
5.8.2.3. Evaporatör ve Kondenser Kontrolü.....	00
5.8.2.4. Sızdırmazlık Testi.....	00
5.8.2.5. Sistemin Vakuma Alınması ve Soğutucu Akışkan Şarjı.....	00
5.8.2.6. Sistem Kontrolü ve Son Kaçak Testi	00
5.8.3. Soğutucu Akışkanların Geri Toplanması	00
5.8.3.1. Emniyetli Çalışma Tavsiyeleri.....	00
5.8.3.2. Soğutucu Akışkan Silindirleri.....	00
5.8.3.2.1. Aşırı Dolu Koruması (ADK) ve Bağlantısı	00
5.8.3.3. Soğutucu Akışkan Geri Toplama İşlemi	00
5.8.3.3.1. Buhar Fazında Geri Toplama.....	00
5.8.3.3.2. Sıvı Soğutucu Akışkan ve Yağ Geri Toplama.....	00
5.8.3.3.3. İt ve Çek (Push and Pull) Sıvı Soğutucu Akışkan Geri Toplama Yöntemi.....	00
5.8.3.3.4. Soğutucu Akışkan ve Yağın Kirlilik Kontrolü	00
5.8.4. Soğutucu Akışkanın Geri Kazanımı (Yeniden Kullanımı).....	00
5.8.5. Ev Tipi Soğutucularda Soğutucu Akışkan Geri Toplama.....	00
5.9. Tadilat (Retrofit) İşlemleri	00
5.10. Pratik Uygulamalar	00
5.10.1. Yağ Değişimi (Drenaj).....	00

BÖLÜM 1

SOĞUTMA SİSTEMLERİ VE ENERJİ VERİMLİLİĞİ

1.1. GİRİŞ

Bu bölümde soğutma kavramı tanımlanarak termoelektrik (peltier), adsorbsiyonlu ve absorpsiyonlu soğutma çevrimleri açıklanmıştır. Enerji verimliliğine ilişkin kavramlar COP, EER, SEER, ESEER ve IPLV tanımlanmış ve bu kavramlar için örnek çözümler yapılmıştır. Ayrıca soğutma sistemlerinde kullanılan temel ölçüm cihazları tanımlanmıştır.

1.2. SOĞUTMA SİSTEMLERİ

Genel olarak bir ürün veya maddeden ısı çekme işlemi soğutma olarak tanımlanabilir. Daha geniş bir ifade ile ortamın veya maddenin sıcaklığını, bulunduğu ortam sıcaklığının altına indirme işlemidir. Bir ortamın veya maddenin soğutulabilmesi için o ortam veya maddeden ısının alınıp başka bir ortama veya maddeye verilmesi zorunludur. Soğutma işlemini gerçekleştiren elemanların oluşturduğu mekanizmaya soğutma sistemleri adı verilir. Soğutma işlemi esnasında sadece ortamdan veya üründen ısı çekme işlemi yeterli olmamaktadır. Ayrıca soğutma işlemi gerçekleştirilirken aşağıda belirtilen işlemlerin de dikkate alınması gerekmektedir.

- Ürün veya ortam sıcaklığı uygun zaman ve şartlar içerisinde muhafaza sıcaklığına getirilmeli ve bu sıcaklıkta tutulmalıdır.
- Soğutma esnasında ürünün veya maddenin fiziksel yapısı ve özellikleri en az etkilenmelidir.
- Az enerji harcanarak soğutma işlemi gerçekleştirilmelidir veya soğutma etkinlik katsayısı (EER ve SEER) yüksek olmalıdır.
- Kontrol sistemleri ile sistemin sürdürülebilirliği ve güvenliği sağlanmalıdır.
- Sistemde güvenli soğutucu akışkan kullanılmalı ve çevre olumsuz etkilenmemelidir.

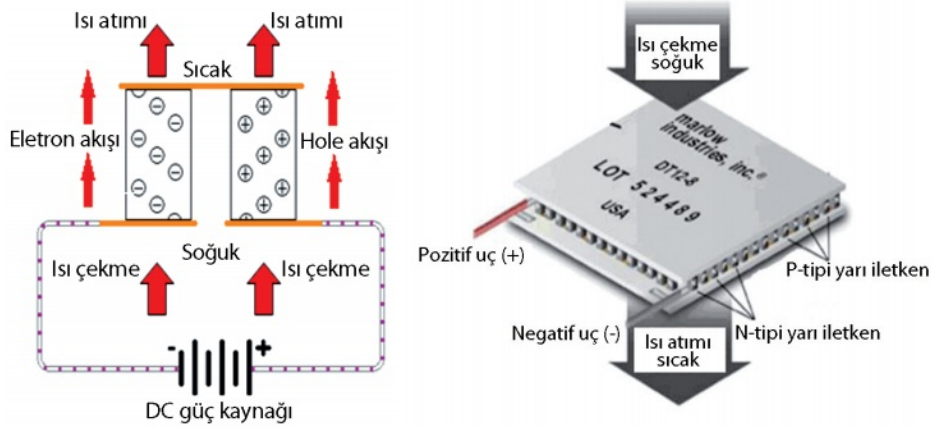
Uygulamada çok farklı soğutma sistemleri vardır. En fazla kullanılan sistem ise buhar sıkıştırmalı mekanik soğutma çevrimidir. Bunun yanında absorpsiyonlu soğutma sistemleri özellikle su soğutma (chiller) uygulamalarında yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Bunların yanında özel amaçlar için kullanılan diğer soğutma sistemleri de vardır.

1.2.1. Termoelektrik (Peltier) Soğutma Sistemi

Farklı metallere yapılmış iki tel uçları birleştirilip kapalı bir devre oluşturulduğunda eğer sıcaklıklar aynı ise başlangıçta devrede bir elektrik akımı oluşmayacaktır. Uçlardan biri ısıtıldığı zaman devrede bir elektrik akımı meydana gelecektir. Bu olay 1821 yılında Thomas Seebeck tarafından yapılan bir gözlemlerle ortaya konmuştur. Bu etki günümüzde sıcaklık ölçümleri ve güç üretimi için kullanılmaktadır. 1834 yılında Jean Charles Athanese Peltier farklı malzemelerden yapılan iki telin birleşme uçlarından akım geçirdiğinde birleşme noktasının soğuduğunu görmüştür. Peltier etkisi de denilen bu işlem termoelektrik soğutmanın temelini oluşturmuştur.

Termoelektrik soğutucular, bazen termoelektrik modül veya Peltier soğutucusu diye de adlandırılır. Termoelektrik soğutucular, küçük bir ısı pompası gibi çalışan elektrik akımının bir değere kadar akmasına izin vermeyen bu değerden sonra sonsuz küçük direnç gösteren yarı iletken maddelerden oluşmaktadır. Bir doğru akım kaynağından sağlanan

küçük bir DC gerilim sayesinde ısı modülün bir ucundan diğer ucuna doğru hareket eder. Böylece modülün bir yüzü ısınırken, diğeri de eş zamanlı olarak soğumaya başlar. Bu olay, doğru akım kaynağının artı ve eksi kutuplarının yer değiştirmesiyle tersine çevrilebilir. Bir termoelektrik modülü, kullanım amacına göre ısıtıcı veya soğutucu olarak kullanılabilir. Şekil 1.1'de termoelektrik soğutma sistemi ve modülü gösterilmektedir.



Şekil 1.1. Termoelektrik soğutma ve modülü (peltier etkisi).

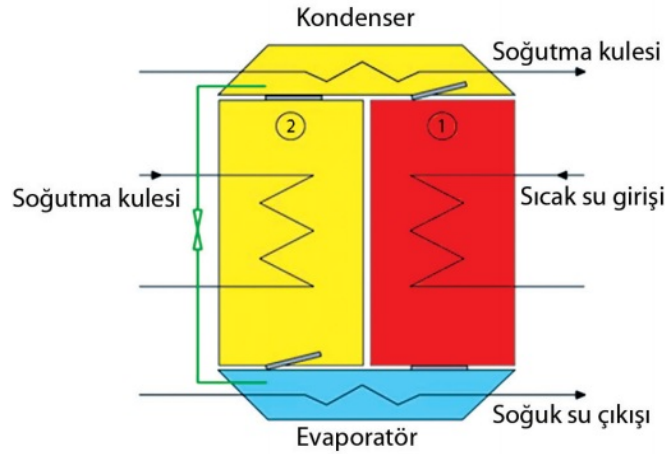
Termoelektrik soğutma sistemlerinin etkinlik değerleri mekanik buhar sıkıştırırmalı soğutma sistemlerine göre çok düşük olduğundan buhar sıkıştırırmalı mekanik sıkıştırırmalı soğutma sistemleri ile rekabet etmeleri söz konusu bile değildir. Ancak bazı özel küçük kapasiteli uygulamalarda basitlikleri, sessiz çalışmalarını ve güvenilir olmaları nedeni ile ticari olarak da kullanılmaktadır. Genelde 12 volt doğru akımla çalışırlar. Bu yüzden termoelektrik soğutucular uzay araçlarında güneş pillerinin sağladığı enerji ile kullanılmaktadır. Yemek servis araçlarında soğutucu ve ısıtıcı işlevini aynı anda görebildiği için tercih edilmektedir. Otomobillerde bulunan mini soğutucular, soğutma işlemini bu yöntemle yapmaktadırlar. Ayrıca bu soğutucular laboratuvar araç gereçlerinde, tıp, elektronik ve biyo-teknoloji alanlarında kullanılmaktadır. Özellikle elektronik kumanda panolarının normal fan ile soğutulmasının yeterli olmadığı durumlarda termoelektrik soğutma sistemleri kullanılabilir. Pano içerisindeki termoelektrik soğutucu yüzeyi çok fazla soğuduğu durumlarda yoğunlaşma meydana gelmekte ve elektronik devrelere zarar vermektedir. Bunun çözümü için termoelektrik devrenin soğutucu tarafı düşük devirli fan yardımı ile soğuyan hava yüzeyden uzaklaştırılmalı ve pano iç ortam sıcaklığının çığ noktası sıcaklığının altına düşürülmemesi için önlem alınmalıdır. Pozitif ve negatif bağlantılarının yerleri değiştirilerek ısı pompası gibi çalışmaları sağlanabilir. Peltier soğutucularında soğutulan yüzeyden çekilen ısının diğer ısınan yüzeyden uzaklaştırması için mutlaka fan kullanılmalıdır.

1.2.2. Adsorbsiyonlu Soğutma Sistemi

Aktif karbon, silika-jel ve zeolit gibi maddelerin gözenekleri büyük miktarda gaz emer. Bu gibi katı maddelerin bu özelliklerinden yararlanılarak adsorbsiyonlu soğutma sistemleri geliştirilmiştir. Bu tür sistemlerde genelde silika-jel/ H_2O , Zeolit/ H_2O ve silika-jel- NH_3 çiftleri kullanılmaktadır. Silika-jel/ H_2O ve Zeolit/ H_2O su soğutma gruplarında kullanılmakta, silika-jel ve zeolit emici, su ise soğutucu akışkan işlevi görmektedir. Silika-jel/ NH_3 ise düşük sıcaklık soğutma uygulamalarında kullanılmakta, silika-jel emici amonyak ise soğutucu akışkan olmaktadır.

Adsorbsiyonlu sistemler su soğutma grupları olarakta kullanılmaktadır. Adsorpsiyon su soğutma grupları sıvı solüsyon yerine katı solüsyon maddeler kullanan makinelerdir. Günümüze kadar uygulamada su, soğutucu akışkan, silika-jel ise emici olarak kullanılmıştır. Son yıllarda ise bazı üreticiler emici olarak silika-jel yerine zeolit kullanmaya başlamışlardır. İki farklı uygulama mevcuttur; Silika-jel/ H_2O ve Zeolit/ H_2O .

Şekil 1.2'de görülebileceği gibi sistem biri buharlaştırıcı diğeri ise yoğunlaştırıcı olmak üzere iki emici bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümdeki emici, dış ısı kaynağından (örneğin atık enerji, güneş enerjisi) gelen sıcak su ile ayrıştırılırken, ikinci bölümden emici buharlaştırıcıdan gelen su buharını adsorbe eder. Sürekli bir adsorpsiyon sağlamak için ikinci bölüm soğutma kulesinden gelen soğutma suyu ile soğutulmalıdır. Buharlaştırıcıdan düşük basınç şartlarından dolayı buharlaşan akışkan, buharlaştırıcıya giren suyun soğumasını sağlar.



Şekil 1.2. Adsorbsiyonlu su soğutma devre şeması.

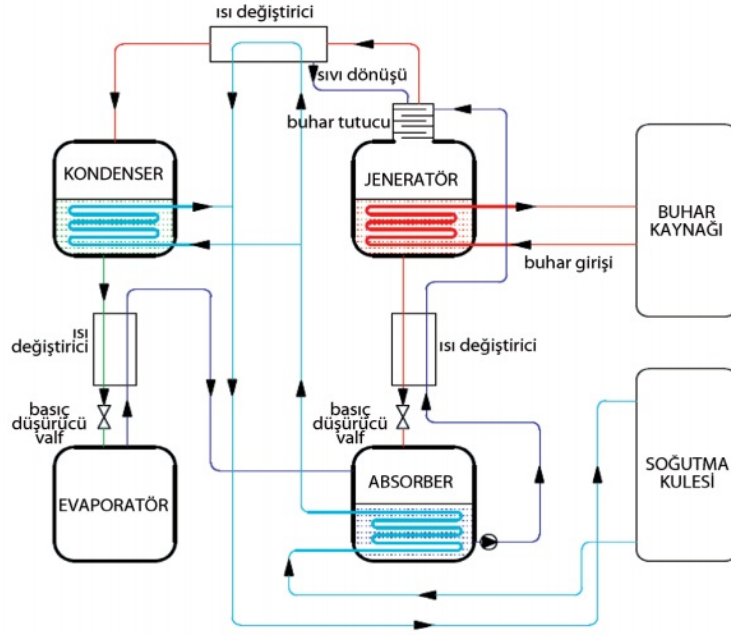
Günümüzde Asya ve Avrupa’da olmak üzere çok az sayıda adsorbsiyon su soğutucu üreticisi bulunmaktadır. En eski üretici Japonya olmasına rağmen günümüzde Almanya’daki üreticiler sektör içerisinde yer almaya başlamışlardır. Normal çalışma şartlarında sıcak su giriş sıcaklığı 80°C ve bu şartlardaki EER değeri ise yaklaşık 0,6 değerinde olmaktadır. Fakat sıcak su giriş sıcaklığı 60°C’ye kadar sistem çalışabilmektedir.

Yapıları basit ve sağlamdır. Kristalleşme riskleri yoktur. Solüsyon pompasına ihtiyaç yoktur ve elektrik tüketimi yok denecek kadar azdır. Kapladıkları hacim ve ağırlıkları fazladır. Üretimleri fazla olmadığı için üretim maliyetleri yüksektir. Isı değiştiricileri tasarımı geliştikçe adsorbsiyon su soğutma gruplarının kapladığı hacim ve ağırlığın azalacağı belirtilmektedir.

1.2.3. Adsorbsiyonlu Soğutma Sistemi

Absorbsiyonlu soğutma sistemleri temelde çalışma prensibi olarak buhar sıkıştırırmalı mekanik soğutma sistemlerine benzemektedir. Adsorbsiyonlu soğutma sistemlerinde, buhar sıkıştırırmalı mekanik soğutma sistemlerinde akışkan dolaşımını sağlayan ve en fazla elektrik enerjisi tüketen mekanik kompresörler yerine termik kompresörler olarak da bilinen jeneratör ve absorber düzeneği kullanılır. Adsorbsiyonlu soğutma sistemlerinde iki farklı akışkan dolaşır. Bu akışkanlardan birincisi soğutucu akışkan diğeri ise soğurucu olarak görev yapar. Çok fazla akışkan çift olmasına rağmen son yıllarda uygulamada Amonyak (NH₃)-Su ve Su-Lityum Bromür (LiBr) çiftleri kullanılmaktadır.

Amonyak-Su Çifti: Amonyak soğutucu akışkan, su ise soğurucu olarak kullanılmaktadır. Soğutucu akışkan olarak amonyak kullanıldığı için soğutma sistemlerinde ve düşük sıcaklık uygulamalarında bu tür adsorbsiyonlu soğutma sistemleri kullanılmaktadır. Amonyak-su soğutma makinasının patenti, 1859 yılında Fransız Ferinand Carre tarafından alınmıştır. İlk başlangıçta bu makinalar buz yapmak ve gıdaların soğutulması için kullanılmıştır. Şekil 1.3’te amonyak/su kullanılan adsorbsiyonlu soğutma sistemi gösterilmektedir.



Şekil 1.3. Absorbsiyonlu soğutma sistemi (Amonyak/su)

Küçük soğutma kapasiteli düşük sıcaklık (-40°C 'ye kadar) uygulamalarında amonyak- su çifti kullanılmaktadır. Soğutma kapasitesi küçük olan uygulamalarda genellikle hava soğutmalı kondenserler kullanılmaktadır. Büyük kapasiteli uygulamalarda ise su-LiBr uygulamalarında olduğu gibi su soğutma kuleleri ile birlikte çalışan su soğutmalı kondenserler kullanılmaktadır. Buhar veya diğer enerji kaynaklarından alınan enerji ile jeneratörde buharlaşan amonyak ısı değiştiriciden geçirilerek amonyak içerisine karışan su, tekrar jeneratöre döndürülür. Amonyak, kondenserde sıvı hale getirilir, genleşme vanasından geçilerek basıncı düşürülür. Genleşme vanasında basıncı düşürülen amonyak evaporatörde buharlaşarak soğutma işlemi gerçekleşir. Absorberde karışım haline gelen bu eriyik pompa vasıtasıyla tekrar jeneratöre gönderilir ve işlem bu şekilde tekrar devam eder.

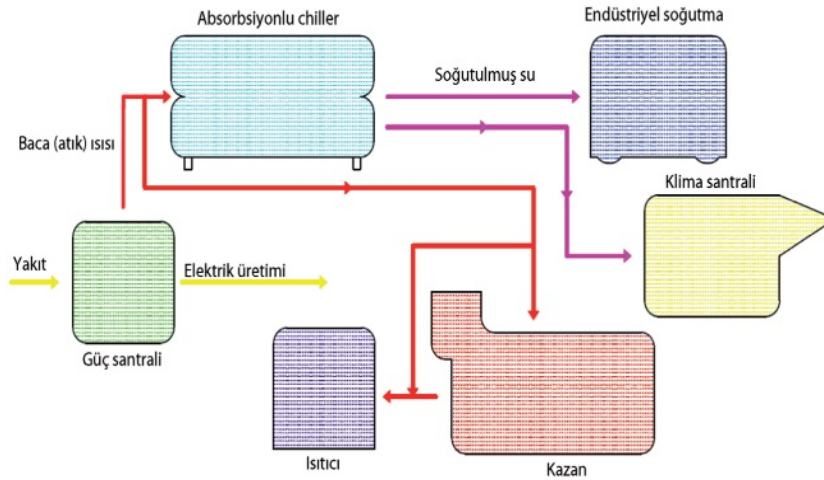
Özellikle elektriğin olmadığı bölgelerde veya kamp yerlerinde kullanılan küçük kapasiteli amonyak-su absorbsiyonlu soğutma sistemleri de mevcuttur. Bu tür uygulamalarda taşıyıcı görevini pompanın yerine üçüncü bir akışkan olan hidrojen yapmaktadır. Isı kaynağı olarak ise genellikle propan kullanılmaktadır.

Su-Lityum Bromür (LiBr) Çifti: Bu sistemlerde su soğutucu akışkan, Lityum Bromür (LiBr) ise soğurucu olarak kullanılmaktadır. Soğutucu akışkan olarak su kullanıldığı için 0°C 'ye ulaşmak mümkün değildir. Bu tür sistemlerde genelde evaporatördeki su vakum altında 4°C 'de buharlaştırılmakta ve soğutulması istenilen su ise uygulama ihtiyacına göre $6-7^{\circ}\text{C}$ sıcaklığa kadar soğutulabilmektedir. Bu tür absorbsiyonlu soğutma sistemleri endüstriyel prosesler ve merkezi klima sistemleri için soğuk su üretmektedirler. Genelde dört tip uygulaması mevcuttur.

- Tek etkili absorbsiyonlu chiller
- Çift etkili absorbsiyonlu chiller
- Üç etkili absorbsiyonlu chiller
- Direkt yanmalı absorbsiyonlu chiller

Tek etkili absorbsiyonlu chiller: Bu tür sistemler özellikle atık buhar, baca gazı ve sıcak su enerjilerinin bulunduğu işletmeler için uygundur. Jeotermal ve güneş enerjisi vb. gibi enerji kaynakları olan ülkelerde absorbsiyonlu chillerlerin kullanılması uygun olmaktadır. Ayrıca doğalgazın çok ucuz olduğu ülkelerde direkt yanmalı absorbsiyonlu sistemlerin kullanılması avantajlı olmaktadır. Son yıllarda elektrik maliyetlerinin yüksek olması nedeniyle büyük alışveriş merkezlerinde ve sanayi tesislerinde elektrik ihtiyacını karşılamak için doğalgazlı güç santralleri kurulmaya başlanmıştır. Buradan çıkan atık ısı ile, kışın ısıtma veya proses ısıtma suyu, yazın ise proses soğutma suyu veya merkezi klima için gerekli olan soğuk su ihtiyaçları karşılanmaktadır. Günümüzde çok daha fazla yaygın olarak kullanılmaya başlayan bu sistemler trijenerasyon uygulamaları olarak ifade edilmektedirler. Trijenerasyon uygulamalarında elektrik üretimi, ısıtma

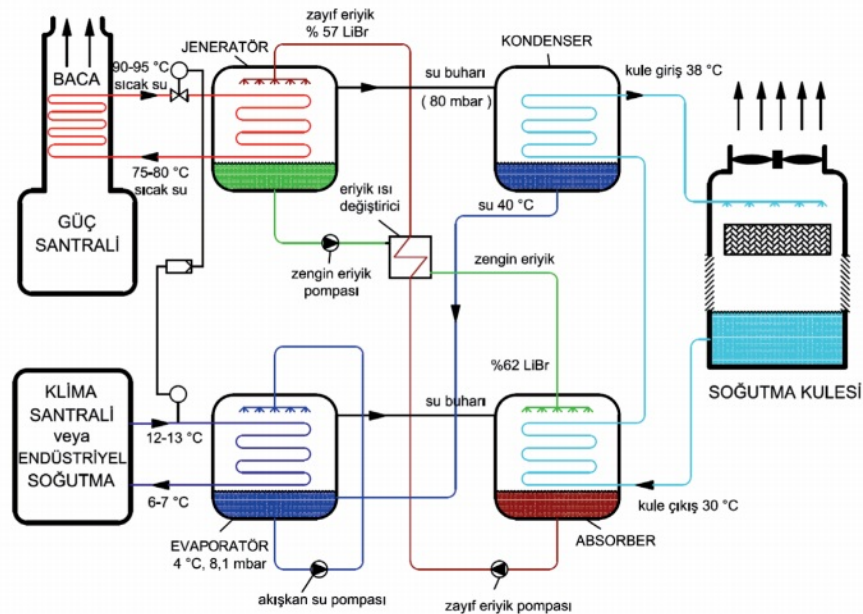
ve soğutma ihtiyaçlarına göre karşılanabilmektedir. Şekil 1.4’de trijenerasyon uygulaması şematik olarak gösterilmektedir. Ayrıca kurutma ihtiyacı olan işletmeler için “Quattro-generation” uygulaması da yapılabilir.



Şekil 1.4. Trijenerasyon uygulaması.

Tek etkili absorpsiyonlu chiller; jeneratör, kondenser, evaporatör, absorber ve ısı değiştirici gibi temel elemanlardan oluşmaktadır. Bunların dışında hız kontrollü akışkan (su), katı eriyik ve zengin eriyik pompaları sistemde mevcuttur. Ayrıca sistem vakumda çalıştığı için vakum pompası ve ölçüm elemanları sistem üzerinde kullanılmaktadır. Jeneratör, kondenser, evaporatör ve absorber ünitelerinde kapasiteye bağlı olarak oldukça fazla sayıda bakır boru kullanılmaktadır. Kullanılan borular, düz ve ısı transfer yüzeyini artırmak için genellikle içten yivli borulardır.

Şekil 1.5’te gösterildiği gibi tek etkili absorpsiyonlu soğutma sistemi, elektrik üreten güç santralinin baca gazından elde edilen enerji ile çalışmaktadır. Baca gazı atık enerjisi vasıtasıyla yaklaşık 90-95°C sıcaklığa kadar ısıtılan yeterli debideki sıcak su, absorber’den zayıf eriyik pompası tarafından jeneratöre basılan %57 oranındaki zayıf Lityum bromür (LiBr) eriyiği ısıtılmakta ve eriyik içerisindeki soğutucu akışkan su ayrıştırılmaktadır. Ayrışan soğutucu akışkan su, kondensere gitmektedir. Diğer taraftan jeneratördeki zengin eriyik, zengin eriyik pompası vasıtasıyla ısı değiştiriciden geçirilerek absorbere gönderilmektedir. Kondensere giden soğutucu akışkan su, burada soğutma kulesinden ilk önce absorbere, oradan kondensere gelen soğutma kulesi suyu ile yoğuşturulmaktadır. Yoğuşan 40°C’ki soğutucu akışkan su, kondenserden sıvı olarak çıkmakta ve sifon yardımı ile evaporatöre gelmektedir. Evaporatördeki bu su, akışkan su pompası ile nozullardan pulvarize edilerek basıncı (8,1 mbar) düşürülmekte ve 4°C’de buharlaştırılmaktadır. Buharlaştırılan bu su ile, endüstriyel soğutma veya iklimlendirme amaçlı klima santralinden 12-13°C dönen su 6-7°C’ye kadar soğutulmaktadır.



Şeki 1.5. Tek etkili absorpsiyonlu chiller devre şeması

Tek kademeli absorpsiyonlu soğutma sistemlerinin EER değerleri 0,7-1 aralığındadır. Bunlar kojenerasyon tesislerinde kullanılabilir olası en yüksek tiplerdir. Bu sistemlerde iki türlü akışkan kullanılmaktadır.

- **Düşük Basınçlı Buhar:** Tek etkili absorpsiyonlu su soğutma sistemlerinde jeneratör buhar giriş basıncı 150 kPa (1,5 bar)- 450 kPa (4,5 bar) aralığında olmalıdır.
- **Sıcak Su:** Tek etkili absorpsiyonlu su soğutma sistemlerinde jeneratör su giriş sıcaklığı 90-135°C aralığında olmalıdır. Son zamanlarda yapılan iyileştirme çalışmaları ile bu sıcaklık değerleri aşağıya doğru çekilmeye çalışılmaktadır. Bu sistemlerin 80-90°C sıcaklık arasında çalıştığı belirtilmekle birlikte jeneratör giriş sıcaklığının 105°C altına düştüğü zaman absorpsiyonlu su soğutma gruplarının veriminin azaldığı belirtilmektedir. Uygulamada bu tür sistemlerin 90-95°C sıcaklığa kadar ekonomik olduğu kabul edilmekle birlikte, bu değerlerin altındaki uygulamalar için kaynağın maliyetine göre ekonomik açıdan değerlendirilmeleri gerekmektedir.

Bu alandaki büyük firmalar 35 kW-10000 kW kapasiteli tek kademeli absorpsiyonlu cihaz üretimi yapmaktadır. Eğer daha yüksek basınçlı buhar mevcut ise EER değeri daha yüksek iki kademeli absorpsiyonlu soğutma sistemleri tercih edilmelidir. Sistemin kapasitesine göre uygun su debisi sağlanmalıdır.

Çift Etkili Absorpsiyonlu Chiller: Çift etkili absorpsiyonlu chiller; 1. kademe jeneratör, 2. kademe jeneratör, kondenser, evaporatör, absorber ve ısı değiştiriciler gibi temel elemanlardan oluşmaktadır. Bunların dışında akışkan pompası ve hız kontrollü eriyik pompaları sistemde mevcuttur. Çift etkili absorpsiyonlu su soğutma gruplarının tek etkililere göre temel farkı, yüksek basınçlı buhar ve ikinci kademe jeneratör kullanılmasıdır. EER değeri 1,2-1,4 arasında değişmektedir. Fakat aynı kapasite için ilk yatırım maliyeti açısından çift etkililer, tek etkili absorpsiyonlu su soğutma gruplarına göre ortalama % 40 ile % 50 arasında daha pahalı olmaktadır. Çift etkili sistemlerde buhar basıncının yüksek olması gerekmektedir. En düşük buhar basıncının 400 kPa (4 bar), ideal buhar basıncının ise 700 kPa (7 bar) ile 900 kPa (9 bar) arasında olması gerekmektedir.

Üç Etkili Absorpsiyonlu Chiller: Etkinlik katsayısının artırılması için son yıllarda üç etkili olan absorpsiyonlu su soğutma gruplarının ticari anlamda kullanılması için araştırma ve çalışmalar sonuçlanmış ve yaklaşık EER değerlerinin 1,7 civarında olduğu belirtilmiştir.

Direkt Yanmalı Absorpsiyonlu Chiller: Direkt yanmalı absorpsiyonlu chiller tek etkili veya çift etkili olabilirler. Bu tür uygulamalarda EER değeri daha yüksek olan çift etkili absorpsiyonlu soğutma grupları tercih edilmektedir. Genellikle direkt yanmalı su soğutma grupları çift etkili olmaktadır. Aynı sisteme sahip olan bu tür uygulamalardaki fark, enerji kaynağı olan sıcak suyu veya buharı cihazın kendisinin üretmesidir. Bunun için cihaz üzerinde sıcak su veya buhar üretmek için kazan bulunmaktadır. Genellikle bu amaç için yakıt olarak doğalgaz kullanılmaktadır. Özellikle doğalgazın ucuz olduğu ülkelerde bu sistemler avantajlıdır ve yaygın olarak kullanılmaktadır.

1.3. ENERJİ VERİMLİLİĞİ KAVRAMLARI

Enerji verimliliği, elde edilen enerjinin bu enerjinin elde edilmesi için kullanılan işe-enerjiye bölünmesi ile elde edilen değerdir. Basit ifade ile bir koyup birden fazla alma sanatıdır. Birden fazla alma ne kadar yüksek ise sistemin enerji verimliliği o kadar fazla demektir. İklimlendirme, soğutma ve ısıtma cihazlarının enerji verimliliğinin hesaplanmasında bu mantık kullanılmaktadır. Soğutma ve ısıtma uygulamalarında enerji verimliliğini belirlemek için bazı kavramlar kullanılmaktadır. Bu kavramların tanımlanmasında birim farklılığı sistemin anlık ve sezonluk çalışması göz önünde bulundurulmuştur.

Performans Katsayısı (COP)

Performans katsayısı; çıkış enerjisinin giriş enerjisine oranıdır. Normalde ısı pompasında veya soğutucudaki ısıtma verimliliğinin ne kadar olduğunu ölçmek için kullanılır. Isıtma amaçlı kullanılan ısı pompalarında COP değeri ise aşağıda verilen formül ile hesaplanabilir.

$$COP = (\text{Isıtma Etkinlik Katsayısı}) = \frac{\text{Kondenser Isıtma Kapasitesi (kW)}}{\text{Harcanan Toplam Enerji (kW)}}$$

Enerji Verimlilik Oranı (EER)

Enerji verimlilik oranı (EER), bir soğutma cihazında evaporatörde elde edilen soğutma kapasitesinin (kW), cihazın tükettiği toplam elektrik enerjisine (kW) oranıdır. EER değeri yalnızca soğutma amaçlı kullanılmaktadır. O zaman eşitlik şu şekilde yazılabilir.

$$EER = (\text{Soğutma Etkinlik Katsayısı}) = \frac{\text{Evaporatör Soğutma Kapasitesi (kW)}}{\text{Harcanan Toplam Enerji (kW)}}$$

EER Değerinin Hesaplanması

Isıtma ve soğutma cihazlarının enerji tüketiminin sınıflandırılması COP ve EER değerleri ile belirlenmektedir. Standartlar kısmında bunlarla ilgili geniş bilgi verilmiştir. Bu değerler belirli şartlar altında yapılan test ve alınan ölçümler sonucu oluşan değerlerdir. Uygulamada çalışma şartları sürekli değişken olduğundan COP ve EER değerleride sürekli değişmektedir. Bu yüzden bu değerler anlık değerlerdir. Uygulamada EER'nin hesaplanabilmesi için aşağıda verilen ölçümler yapılmalıdır. Genleşme vanası giriş sıcaklığı (akışkan sıvı), evaporatör çıkış sıcaklığı (akışkan doymuş buhar veya kızgın buhar), akışkanın debisi (genleşme vanasından önce, sıvı hattı) ve sistemin harcadığı toplam enerji (kompresör, kondenser fanı, evaporatör fanı, kartel ısıtıcı, kontrol cihazları vb.) ölçülmelidir. Ölçüm cihazlarının kalibre edilmiş standartlara uygun olması unutulmamalıdır.

Örnek 1

Aşağıdaki yapılan ölçüm sonuçlarına göre R-22 ile çalışan hava soğutmalı split klimanın EER değerini bulunuz.

- TXV veya kılcal giriş sıcaklığı = 40°C
- Evaporatör çıkış sıcaklığı = 10°C (doymuş buhar kabul edilmiştir)
- Akışkan debisi = 0,07 kg/s
- Cihazın çektiği toplam güç = 3,8 kW

Çözüm 1

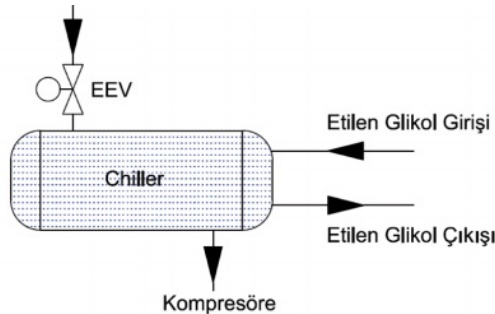
TXV veya kılcal giriş sıcaklığı=40°C sıvı için (R-22 doymuş buhar tablosu, $h_1=249,6$ kJ/kg)

Evaporatör çıkış sıcaklığı=10°C buhar için (R-22 doymuş buhar tablosu, $h_2=408,6$ kJ/kg)

$$EER = \frac{Q_{evap}(kW)}{Q_{toplam}(kW)} = \frac{m(h_2-h_1)}{Q_{toplam}} = \frac{0,07(408,6 - 249,6)}{3,8} = \frac{11,13}{3,8} = 2,92$$

Örnek 2

Bir soğutma sisteminde ikincil akışkan olarak etilen glikol kullanılmaktadır. Yapılan ölçümlerde aşağıda verilen değerler elde edilmiştir. Cihazın EER değerini hesaplayınız.



Ölçülen değerler:

- Etilen glikol evaporatör giriş sıcaklığı = - 1°C
- Etilen glikol evaporatör çıkış sıcaklığı = - 4,5°C
- Etilen glikolün debisi = 3,5 kg/s
- Toplam enerji tüketimi= 40 kW
- Etilen glikolün özgül ısısı = 9,78 kJ/kg°C

Çözüm 2

$$EER = \frac{\text{Evaporatör Soğutma Kapasitesi (kW)}}{\text{Harcanan Toplam Enerji (kW)}} = \frac{Q_{evap}}{Q_{toplam}} = \frac{m \cdot c_p \cdot (T_1 - T_2)}{Q_{toplam}}$$

$$EER = \frac{3,5 \text{ kg/s} \cdot 9,78 \text{ (kJ/kg } ^\circ\text{C)} \cdot [(-1) - (-4,5)] ^\circ\text{C}}{40 \text{ (kW)}} = \frac{119,8 \text{ (kW)}}{40 \text{ (kW)}} = 2,99$$

1.3.1. Su Soğutma Gruplarının Kısmi Yükteki Verimlilikleri

Chillerlerin soğutma amaçlı mevsimlik veya yıllık verimliliğini ifade eder. Bir sezon boyunca elde ettiğiniz soğutma kapasitesinin (kW) aynı sezonda soğutma cihazlarının tükettiği toplam elektrik enerjisine (kW) oranıdır. Bu orantıda farklı birimler de kullanılmaktadır. Soğutma sistemlerinde verim hesapları sadece tam yükte değil, kısmi yüklerde de hesaplanmalıdır. Özellikle chillerler % 100 tam yükte çok az bir süre çalışır. Bu amaçla chillerlerin % 75, % 50 ve % 25 kapasitelerdeki performans değerlerine göre ortalama ESEER veya IPLV değerleri hesaplanmaya çalışılmaktadır. Tablo 1.1 ve 1.2'de verilen a, b, c ve d değerleri chillerin % olarak yükleme oranlarını (çalışma kapasitesini) ifade etmektedir. a= % 100 kapasitede EER değerini, b= % 75 kapasitede EER değerini, c= % 50 kapasitede EER değerini ve d= % 25 kapasitede EER değerini göstermektedir. ESEER değeri Avrupa çalışma şartlarına ve IPLV ise Amerika çalışma şartlarına göre formüle edilmiştir.

Formüllerde verilen katsayılar, o bölgede kondenser hava ve su giriş sıcaklıklarına göre mevsimlik veya yıllık için ortalama çalışma yüzdesini ifade etmektedir. Örneğin Avrupa'da (ESEER) kondenser hava giriş sıcaklığı 35°C olan hava soğutmalı chillerin yılda veya sezonda toplam çalışma süresinin % 3'nü % 100 (a) kapasite ile çalıştığını kabul etmektedir. Ama bu değer Amerika (IPLV) şartları için % 1 olarak alınmıştır. Aynı şekilde Avrupa'da (ESEER) kondenser su giriş sıcaklığı 22°C olan su soğutmalı chillerin yılda veya sezonda toplam çalışma süresinin % 41'ni % 50 (c) kapasite ile yaptığını kabul etmektedir. Amerika'da ise kondenser su giriş sıcaklığı 18,3°C'de % 45 oranında çalıştığını göstermektedir. Bu değerlerin bölgesel olarak değiştiği görülmektedir. ESEER veya IPLV değerleri cihazların kısmi yüklerdeki verimliliğini ortaya koyduğu için cihaz alımı esnasında, cihazların verimlilik açısından karşılaştırılmasında önemli bir değerdir.

Eurovent standartlarına göre ESEER (European Seasonal Energy Efficiency Ratio) (Avrupa Mevsimsel Enerji Verimlilik Oranı) olarak adlandırılır. Tablo 1.1'de Eurovent standartlarına göre chillerlerin kısmi yük oranları verilmektedir. Eurovent standartlarına göre ESEER değeri aşağıda verilen formül ile hesaplanmaktadır.

$$ESEER = 0,03 \cdot EER_a + 0,33 \cdot EER_b + 0,41 \cdot EER_c + 0,23 \cdot EER_d$$

Tablo 1.1. Eurovent standartlarına göre su soğutma grupları (chiller) kısmi yük oranları

Sembol	Yükleme oranı, kapasite (%)	Hava soğutmalı chiller	Su soğutmalı chiller
		Kondensere hava giriş sıcaklığı (°C)	Kondensere su giriş sıcaklığı (°C)
a	100	35	30
b	75	30	26
c	50	25	22
d	25	20	18

AHRI standartlarına göre ise IPLV (Integrated Part Load Value); Entegre Edilmiş Kısmi Yük Değeri olarak ifade edilebilir. Tablo 1.2'de AHRI standartlarına göre chillerlerin kısmi yük oranları verilmektedir. AHRI standartlarına göre IPLV değeri aşağıda verilen formül ile hesaplanır.

$$IPLV = 0,01 \cdot EER_a + 0,42 \cdot EER_b + 0,45 \cdot EER_c + 0,12 \cdot EER_d$$

Tablo 1.2. AHRI standartlarına göre su soğutma grupları (chiller) kısmi yük oranları

Sembol	Yükleme oranı, kapasite (%)	Hava soğutmalı chiller	Su soğutmalı chiller
		Kondenser hava giriş sıcaklığı (°C)	Kondenser su giriş sıcaklığı (°C)
a	100	35	29,4
b	75	26,7	23,9
c	50	18,3	18,3
d	25	12,8	18,3

Örnek uygulama:

Tablo 1.2 değerlerine göre hava soğutmalı chiller'in Eurovent standartlarına göre ESEER değerini hesaplayınız.

Tablo 1.3. Örnek Uygulama

		% 100 Yükleme (a)	% 75 Yükleme (b)	% 50 Yükleme (c)	% 25 Yükleme (d)
35°C	Soğutma kapasitesi (Qe) (kW)	153,7	-	-	-
	Harcanan toplam enerji (W) (kW)	60	-	-	-
30°C	Soğutma kapasitesi (Qe) (kW)	-	126,4	-	-
	Harcanan toplam enerji (W) (kW)	-	39,4	-	-
25°C	Soğutma kapasitesi (Qe) (kW)	-	-	93,4	-
	Harcanan toplam enerji (W) (kW)	-	-	22,7	-
20°C	Soğutma kapasitesi (Qe) (kW)	-	-	-	50
	Harcanan toplam enerji (W) (kW)	-	-	-	10,9
EER=Qe/W		EER=153,7/60 EERa=2,56	EER=126,4/39,4 EERb=3,21	EER=93,4/22,7 EERc=4,11	EER=50/10,9 EERd=4,59

$$\begin{aligned} ESEER &= 0,03 \cdot EER_a + 0,33 \cdot EER_b + 0,41 \cdot EER_c + 0,23 \cdot EER_d \\ ESEER &= 0,03 \cdot 2,56 + 0,33 \cdot 3,21 + 0,41 \cdot 4,11 + 0,23 \cdot 4,59 \\ ESEER &= 3,88 \end{aligned}$$

1.3.2. Klimalar İçin Eko-Tasarım Kriterleri ve Yeni Enerji Etiketleri

01.01.2013 tarihinden itibaren Avrupa'da "Eko-Tasarım Direktifi" ve "Klimaların Enerji Etiketlemesi Yönetmeliği" yürürlüğe girmiştir. Eko-tasarım direktifi, kapasitesi 12 kW'dan küçük olan klimalar için minimum enerji verimlilik gerekliliklerini belirler.

Küresel ısınmanın olumsuz etkilerinin artması ve bu konuda önlemlerin alınması amacıyla 2005 yılında Kyoto protokolünün imzalanmasının ardından, Avrupa Komisyonu hem çevreye olan etkilerin azaltılması hem de enerji verimliliğini arttırmak için 20/20/20 denilen bir enerji politikası ortaya koymuştur. Bu politikayla 2020 yılına kadar % 20 daha az CO₂ emisyonu, % 20 yenilenebilir enerji payı ve % 20 daha az birincil enerji tüketimi hedeflenmektedir.

**Şekil 1.6.** Avrupa 20/20/20 Politikası

Bu hedefleri gerçekleştirmek amacıyla Avrupa Komisyonu Eko-Tasarım tebliğini yayınlamıştır. Bu direktif enerji kullanan ürünler için minimum verimlilik gerekliliklerini belirler. Gerçek çalışma şartlarını yansıtmaması amacıyla kapasitesi 12kW'ın altındaki klimalar için performans ölçüm metodları da değişmiş, sezonsal verimlilik terimi tanımlanmıştır.

Bütün bunların sonucu olarak yeni enerji etiketi oluşturulmuştur. 01.01.2013'ten itibaren minimum verimlilik gerekliliklerini karşılamayan ürünler CE belgesi alamamakta ve bu ürünler Avrupa'da satılmamaktadır.

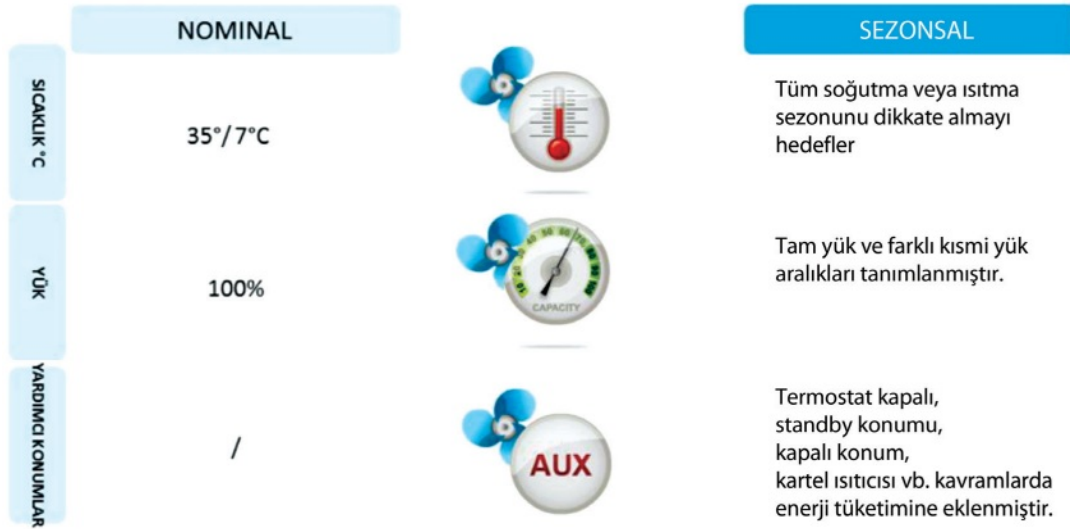
Tablo 1.4'te Eko-tasarım direktifinde SEER ve SCOP olarak belirtilen minimum verimlilik gereklilikleri görülmektedir. Bu gereklilikler kademeli olarak 2013 ve 2014 yıllarında arttırılmıştır. Ayrıca bu direktifte iç ve dış ortama göre maksimum ses gücü seviyesi gereklilikleri de eklenmiştir.

Tablo 1.4. Eko-tasarım direktifi minimum verimlilik gereklilikleri

Eğer GWP >150		Minimum SEER	Minimum SCOP	Maksimum ses gücü iç ortam dB(A)	Maksimum ses gücü dış ortam dB(A)
* 1/1/2013	6kW	3,6	3,4	60	65
	6-12kW	3,6	3,4	65	70
* 1/1/2014	6kW	4,6	3,8	60	65
	6-12 kW	4,3	3,8	65	70

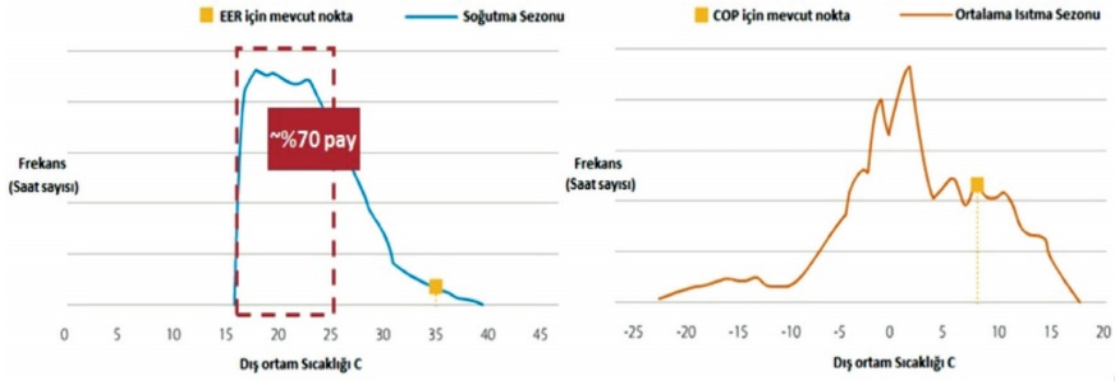
Sezonsal Verimlilik

Uzun yıllardır iklimlendirme cihazlarında verimlilik hesapları hep pik yükteki çalışma koşullarına göre belirlenmiştir. Fakat cihazlar, yılın çok az döneminde pik yük koşullarında çalışmakta, diğer dönemlerde ise bulunduğu iklim şartlarına göre farklı dış ortam sıcaklıklarında bulunmaktadır. Bu yüzden verimlilik hesaplarının cihazın çalışacağı farklı süre ve sıcaklıklar için gerçekçi şartlara göre belirlenmesi daha doğru bir yaklaşım olmaktadır. Bu nedenle cihazların tam yükteki verimleri yerine sezonluk verimleri tüketiciler tarafından sorgulanmaya başlanmıştır. Artık yeni yönetmelik ve standartlarda ısıtmada COP yerine SCOP, soğutmada ise EER yerine SEER kavramları kullanılmaya başlanmıştır. Konuyu daha iyi anlamak için önce nominal verimlilik ile sezonsal verimlilik arasındaki farklara bakalım. Sezonsal verimlilik kavramlarının daha iyi anlaşılabilmesi için nominal verimlilik ile sezonsal verimlilik arasındaki farkların ortaya konmasında yarar vardır. Bu iki tanım arasında 3 temel fark vardır. Şekil 1.7'de nominal ve sezonsal verimlilik arasındaki temel farklar gösterilmektedir.



Şekil 1.7. Nominal ve Sezonsal Verimlilik Arasındaki Temel Farklar

Bu temel farklardan birincisi sıcaklıktır. Nominal verimlilikte verim hesabı tek, sabit bir dış hava sıcaklığına göre yapılırken (örneğin; soğutmada 35°C, ısıtmada 7°C) sezonsal verimlilikte ise tüm soğutma veya tüm ısıtma sezonunu dikkate alınmaya çalışılır. Şekil 1.8'deki grafikte görüldüğü gibi bir soğutma sezonu boyunca farklı sıcaklıklar farklı sürelerde görülmekte ve bölgelere göre değişmektedir. Grafikte bu frekans olarak belirtilmiştir. Grafığe dikkatlice bakıldığında nominal verimlilik hesabında kullanılan sabit 35°C dış hava sıcaklığı, görülme süresi (frekans) açısından oldukça düşük bir yüzdeye sahiptir. Yani cihaz soğutma sezonu boyunca bu sıcaklığa çok az bir süre maruz kalmaktadır. Buna karşılık cihaz yaklaşık 16°C ile 25°C arasındaki sıcaklıklara soğutma sezonunun büyük bir bölümünde maruz kalmakta ve bu da yaklaşık % 70 civarındadır. Bu yüzden nominal verimlilik gerçek çalışma koşullarını yansıtmamaktadır. Aynı durum ısıtma sezonu için de geçerlidir.



Şekil 1.8. Sezonsal verimlilik tüm ısıtma veya tüm soğutma sezonunu dikkate alır

Bir diğer fark ise yüküdür. Nominal verimlilikte cihazın % 100 yükte çalıştığı koşul göz önüne alınırken sezonsal verimlilikte ise kısmi yükler de göz önüne alınmaktadır. Burada inverter teknolojisinin önemi ortaya çıkar. Kompresör çalışma frekansını yüke göre ayarlayarak enerji tasarrufu sağlar.

Son temel fark ise sezonsal verimliliğin yardımcı konumlardaki enerji tüketimini de dikkate almasıdır. Yardımcı konum derken burada, nominal verimlilik hesabında dikkate alınmayan, cihazın kapalı konumda veya bekleme konumunda tükettiği enerjiden bahsediyoruz. İlk başta bu miktar çok az gibi görünse de bütün bir soğutma veya ısıtma sezonu düşünüldüğünde bu miktar verim hesabında önemli ölçüde etkili olmaktadır. Sonuç olarak sezonsal verimlilik gerçek çalışma şartlarında daha doğru bir verim tanımı sağlar.

Sezonsal Enerji Verimliliği Oranı - SEER

Soğutmada nominal verimlilik yani EER, 35°C'deki soğutma kapasitesinin yine aynı sıcaklıktaki güç tüketimine bölünmesiyle elde edilir.

$$EER = \frac{\text{Soğutma Kapasitesi (35°C)}}{\text{Güç Tüketimi (35°C)}}$$

Soğutmada sezonsal verimlilik yani SEER ise yıllık soğutma ihtiyacının, yıllık soğutmada çekilen güç ile yardımcı konumlarda çekilen gücün toplamına bölünmesiyle elde edilir.

$$SEER = \frac{\text{Yıllık Soğutma İhtiyacı}}{\text{Yıllık Soğutmada Çekilen Güç + Yardımcı Konumlarda Çekilen Güç}}$$

EN 14825 standardında SEER hesabı için Strasburg şehrinin iklim verileri baz olarak alınmış ve tasarım sıcaklığı 35°C seçilmiştir. Standartta 4 tane test noktası tanımlanmıştır (Tablo 1.5). Bunlar 20, 25, 30, 35°C'dir. Değişik dış ortam sıcaklıklarında soğutma ihtiyacı farklı olduğundan cihaz kısmi yüklerde çalışabilir. Bu yüzden cihaz ayrıca farklı kısmi yüklerde de test edilmektedir (%100, %74, %47, %21 gibi). İnverter teknolojisi sayesinde cihaz kolaylıkla kapasitesini ihtiyaca göre ayarlayabilir. Bu 4 test noktasında hesaplanan EER değerlerinden yola çıkarak SEER değeri hesaplanır.

Tablo 1.5. SEER için test şartları

Nokta	Kısmi Yük Oranı (%)	Dış ortam kuru termometre sıcaklığı (°C)	İç ortam kuru termometre /yaş termometre sıcaklığı (°C)
A	100	35	27(19)
B	74	30	27(19)
C	47	25	27(19)
D	21	20	27(19)

Sezonsal Performans Katsayısı - SCOP

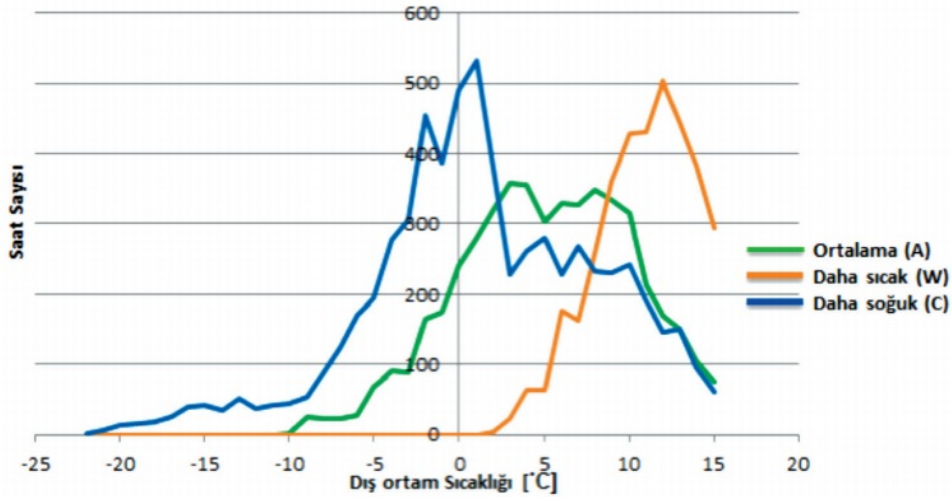
Isıtmada nominal verimlilik yani COP, 7°C deki ısıtma kapasitesinin aynı sıcaklıktaki güç tüketimine bölünmesiyle bulunur.

$$COP = \frac{\text{Isıtma Kapasitesi (7°C)}}{\text{Güç Tüketimi (7°C)}}$$

Isıtmada sezonsal verimlilik SCOP ise yıllık ısıtma ihtiyacının, yıllık ısıtmada çekilen güç ile yardımcı konumlarda çekilen gücün toplamına bölünmesiyle bulunur.

$$SCOP = \frac{\text{Yıllık Isıtma İhtiyacı}}{\text{Yıllık Isıtmada Çekilen Güç + Yardımcı Konumlarda Çekilen Güç}}$$

EN 14825 standardında SCOP hesabı için 3 farklı iklim bölgesi tanımlanmıştır. Bunlar ortalama iklim bölgesi, daha sıcak iklim bölgesi ve daha soğuk iklim bölgesidir. Ortalama iklim bölgesi için Strasburg şehri (A), daha sıcak iklim bölgesi için Atina şehri (W), daha soğuk iklim bölgesi için Helsinki şehri (C) baz alınmıştır. Şekil 1.9'da bu iklim bölgelerine ait sıcaklıkların bir yıl boyunca görülme süresi yani frekansı görülmektedir. SCOP hesabında bu verilerden yararlanılmaktadır. Ayrıca, Tablo 1.6'da ilgili standartta verilen her bir iklim bölgesine ait tasarım sıcaklıkları ve Tablo 1.7'de de farklı iklim bölgeleri için SCOP hesaplamalarında kullanılacak test şartları görülmektedir. Parantez içinde % olarak gösterilen değerler kısmı yük oranlarını ifade etmektedir.



Şekil 1.9. farklı iklim bölgesi için dış ortam sıcaklıklarının görülme süresi (frekans)

Tablo 1.6. Farklı iklim bölgeleri için tasarım sıcaklıkları

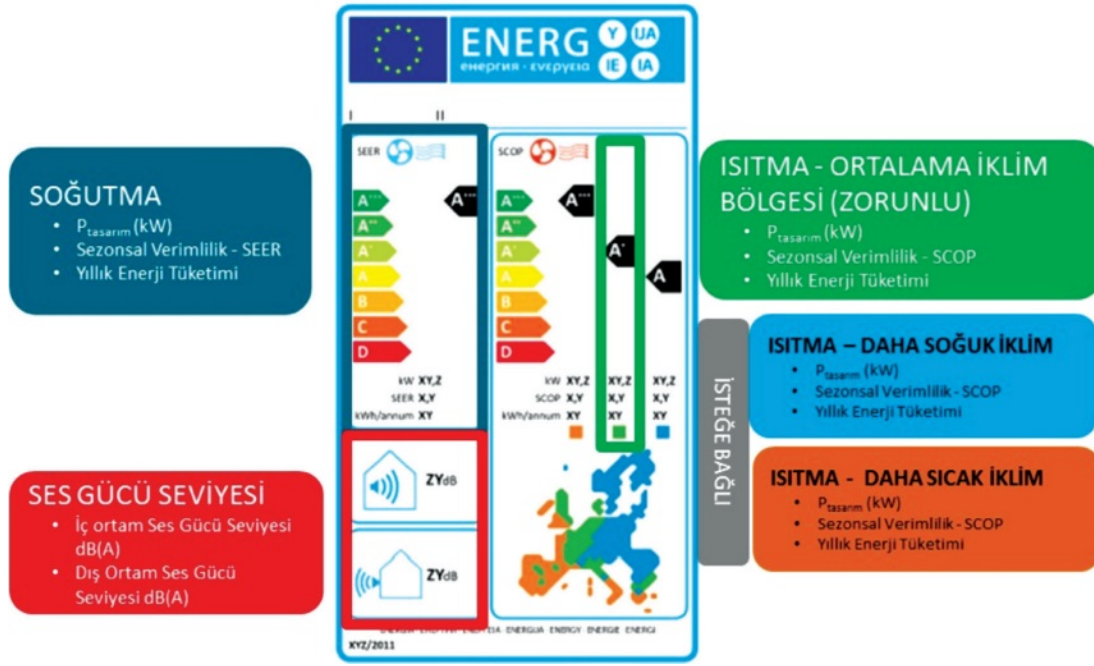
Ortalama İklim Bölgesi	Daha Sıcak Bölgeler	Daha Soğuk Bölgeler
-10°C	2°C	-22°C

Tablo 1.7. SCOP hesabı için test şartları

Nokta	Ortalama	Daha Sıcak	Daha Soğuk
			-15/20°C (82%)
A	-7/20°C (88%)		-7/20°C (61%)
B	2/20°C (54%)	2/20°C (100%)	2/20°C (37%)
C	7/20°C (35%)	7/20°C (20%)	7/20°C (24%)
D	12/20°C (15%)	12/20°C (29%)	12/20°C (11%)

1.3.3. Avrupa Birliği Yeni Enerji Etiketleri

Avrupa Birliği'nde 01.01.2013 tarihi itibarıyla Klimaların Enerji Etiketlemesi Regülasyonu yürürlüğe girmiştir. Şekil 1.10'da kapasitesi 12 kW'dan küçük olan klimalar için yeni enerji etiketi görülmektedir. Bu etikette sol üst köşe soğutma için ayrılmış olup sırasıyla cihaza ait $P_{tasarım}$ yani 35°C tasarım sıcaklığındaki cihazın kapasitesini, SEER değerini ve Yıllık Enerji Tüketimini göstermektedir. Sol alt köşede ise cihaza ait iç ve dış ortam ses gücü seviyeleri dB(A) cinsinden gösterilmektedir. Yeni etiketin sağ tarafı ise ısıtmaya ayrılmıştır. Ortada yeşil renkle belirtilen alan, ısıtmada ortalama iklim bölgesi için sırasıyla cihazın $P_{tasarım}$ yani -10°C tasarım sıcaklığındaki gerekli ısıtma kapasitesini, SCOP değerini ve yıllık enerji tüketimini göstermektedir. Yine aynı şekilde turuncu ve mavi ile gösterilen alanlar ise sırasıyla daha sıcak ve daha soğuk iklim bölgelerini belirtmektedir. İlgili yönetmeliğe göre klima üreticileri yeni enerji etiketinde ortalama iklim bölgesine göre gerekli değerleri hesaplayıp enerji etiketinde göstermek zorundadır. Diğer iki iklim bölgesi için ise böyle bir zorunluluk yoktur.



Şekil 1.10. Avrupa Birliği Yeni Enerji Etiketleri

Tablo 1.8'de ise ilgili regülasyonda sezonsal verimliliğe göre tanımlanan yeni enerji sınıfları görülmektedir. Görüldüğü üzere eskiden en verimli sınıf A iken, yeni enerji etiketiyle beraber A+, A++, A+++ gibi yeni enerji sınıfları tanımlanmaktadır.

Tablo 1.8. Yeni Enerji Sınıfları

Enerji Verimliliği Sınıfı	SEER	SCOP
A+++	SEER ≥ 8,50	SCOP ≥ 5,10
A++	6,10 ≤ SEER < 8,50	4,60 ≤ SCOP < 5,10
A+	5,60 ≤ SEER < 6,10	4,00 ≤ SCOP < 4,60
A	5,10 ≤ SEER < 5,60	3,40 ≤ SCOP < 4,00
B	4,60 ≤ SEER < 5,10	3,10 ≤ SCOP < 3,40
C	4,10 ≤ SEER < 4,60	2,80 ≤ SCOP < 3,10
D	3,60 ≤ SEER < 4,10	2,50 ≤ SCOP < 2,80
E	3,10 ≤ SEER < 3,60	2,20 ≤ SCOP < 2,50
F	2,60 ≤ SEER < 3,10	1,90 ≤ SCOP < 2,20
G	SEER < 2,60	SCOP < 1,90

1.3.4. Türkiye’de Yeni Enerji Etiketleri

Türkiye’de 19.07.2013 tarihinde Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı tarafından “Klimalar ve Vantilatörler ile İlgili Çevreye Duyarlı Tasarım Gerekliliklerine Dair Tebliğ” 28712 sayılı resmi gazetede yayınlanmıştır. Tablo 1.9, Tablo 1.10 ve Tablo 1.11’de Türkiye’de kapasitesi 12 kW’dan küçük olan klimalar için minimum enerji verimliliği gereklilikleri verilmektedir.

01.01.2014’ten itibaren;

Tablo 1.9. Tek kanallı ve çift kanallı klimaların haricindeki klimalar için asgari enerji verimliliğine dair gereklilikler

	SEER	SCOP (Ortalama İklim Bölgesi)
Soğutucu akışkanın GWP’si > 150	3,60	3,40
Soğutucu akışkanın GWP’si ≤ 150	3,24	3,06

Tablo 1.10. Tek kanallı ve çift kanallı klimaların haricindeki klimalar için azami ses gücü seviyesine dair gereklilikler

Anma kapasitesi ≤ 6 kW		6 kW < Anma Kapasitesi ≤ 12 kW	
dB(A) cinsinden iç ortam ses gücü seviyesi	dB(A) cinsinden dış ortam ses gücü seviyesi	dB(A) cinsinden iç ortam ses gücü seviyesi	dB(A) cinsinden dış ortam ses gücü seviyesi
60	65	65	70

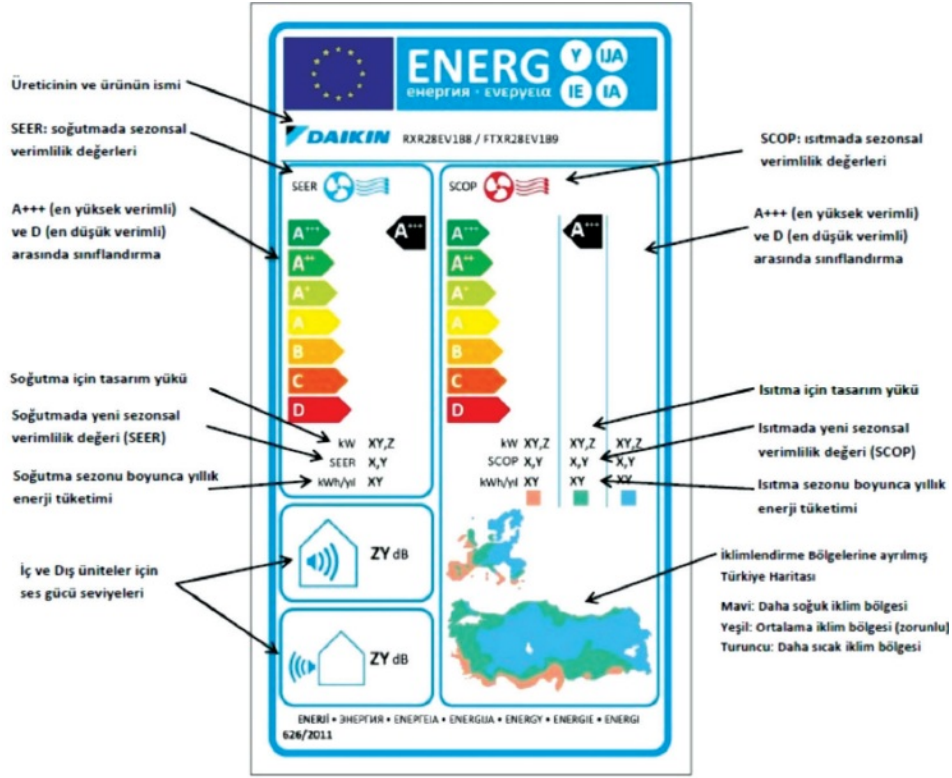
01.01.2015’ten itibaren;

Tablo 1.11. Tek kanallı ve çift kanallı klimaların haricindeki klimalar için asgari enerji verimliliğine dair gerekler

	SEER	SCOP (Ortalama İklim Bölgesi)
Soğutucu akışkanın GWP’si >150, < 6 kW için	4,60	3,80
Soğutucu akışkanın GWP’si ≤150, < 6 kW için	4,14	3,42
Soğutucu akışkanın GWP’si >150, 6-12 kW için	4,30	3,80
Soğutucu akışkanın GWP’si ≤150, 6-12 kW için	3,87	3,42

şeklinde olmak zorundadır. Belirtilen tarihlerde ilgili gereklilikleri sağlayamayan ürünler bu tebliğin geçerli olduğu ülkeler için (Avrupa Birliği ülkeleri ve Türkiye) üretilmeyecek ve ithal edilemeyecektir.

24.12.2013 tarihli ve 28861 sayılı resmi gazetede ise “Klimaların Enerji Etiketlemesine Dair Tebliğ” yayınlanmıştır. Bu tebliğde ısıtma sezonu için Türkiye’nin iklim haritası çıkarılarak Türkiye 3 farklı iklim bölgesine ayrılmıştır. Şekil 1.11’de görüldüğü üzere, Avrupa’da kullanılan enerji etiketiyle Türkiye’de yönetmeliğe göre 1 Ocak 2019’dan itibaren kullanılacak enerji etiketi Şekil 1.11’de verilmektedir. Enerji etiketi arasındaki tek fark ısıtma bölümünde Avrupa haritası ile birlikte iklim bölgelerine ayrılmış Türkiye haritasının da bulunmasıdır.



Şekil 1.11. Türkiye'de Yeni Enerji Etiketleri

Tablo 1.12'de, yayınlanan tebliğe göre yeni enerji sınıflarına geçiş tarihleri görülmektedir. Görüldüğü üzere belirlenmiş yıllara göre en düşük enerji sınıfı kaldırılıp buna karşılık yeni bir yüksek enerji sınıfı tanımlanmaktadır. Böylece düşük verimliliğe sahip ürünler piyasadan elenerek (örneğin sabit hızlı cihaz olarak tanımlanan inverter olmayan cihazlar) cihazların daha verimli olması sağlanmış olacaktır.

Tablo 1.12. Yeni enerji sınıflarına geçiş tarihleri

1 Ocak 2014 → A, B, C, D, E, F, G
1 Ocak 2015 → A+, A, B, C, D, E, F
1 Ocak 2017 → A++, A+, A, B, C, D, E
1 Ocak 2019 → A+++, A++, A+, A, B, C, D

Türkiye'de yayınlanan "Klimalar ve Vantilatörler ile İlgili Çevreye Duyarlı Tasarım Gerekliliklerine Dair Tebliğ" ve "Klimaların Enerji Etiketlemesine Dair Tebliğ"e göre 01.01.2014 tarihinden itibaren; bütün klima üreticileri;

- Türkiye pazarına sürülecek bütün ürünler için (SEER) ve (SCOP) değerlerini hesaplamak,
- SEER ve SCOP bazında minimum gereklilikleri ve ses gücü seviyesi bazında maksimum gereklilikleri karşılamak,
- Yeni enerji etiketinde, yeni enerji verimliliği değerlerini, enerji sınıflarını, soğutma ve ısıtmada yıllık enerji tüketimini ve iç ve dış ortamdaki ses gücü seviyelerini belirtmek,
- Ürün karşılaştırması için gerekli olan tüm verileri herkesin erişebileceği şekilde internet ortamında yayınlamak zorundadırlar.

1.4. ÖLÇÜM CİHAZLARI

Endüstriyel soğutma sistemlerinde sistem performansının ve dolayısıyla enerji verimliliğinin izlenmesi için sistemin hassas, kalibrasyonlu ölçüm cihazları ile doğru teknik kullanılarak ve doğru noktalardan ölçülmesi gerekmektedir. Soğutma sistemlerinde basınç, sıcaklık, akım, güç gibi parametrelerin ölçülmesi önemlidir. Ayrıca kızgınlık / aşırı soğuma değerlerinin hesaplanması ve kaçak tespitlerinin yapılması gerekmektedir. Bu ölçümlere dayanılarak hata analizi, arıza denetimleri ve bakım gereklilikleri tespit edilebilmektedir. Soğutma sisteminin durumu; sıcaklık, basınç ve elektriksel parametrelerin ölçülmesi ile yorumlanabilir. Sistem analizi için aşağıda verilen değerlerin ölçülmesi ve değerlendirilmesi gerekir.

- Basınç ölçümü,
- Sıcaklık ölçümü,
- Kızgınlık,
- Aşırı soğuma,
- Soğutucu akışkan tahliyesi,
- Vakumlama,
- Soğutucu akışkan şarjı,
- Sızdırmazlık testi,
- Soğutucu akışkan kaçak tespiti.

Basınç ölçümü

Sistemde emme ve basma hattı basınçları, pompalı yağlamalı kompresörlerde yağ basıncı, evaporatördeki karlanmayı ve kondenserlerdeki kirlenmeyi belirlemek için statik basınç farkları ölçülmelidir.

Basınç ölçümü analog manifoldlarla yapılmaktadır. Piyasada dijital ve analog manifold olarak iki farklı türde cihaz bulunabilir. Şekil 1.12'te analog ve dijital manifold verilmektedir. Analog manifold kullanılırken sistemdeki soğutucu akışkana uygun manifold kullanılmalıdır. Dijital manifold kullanılıyorsa ölçümden önce ilgili soğutucu akışkan tipi seçilmelidir. Manifoldlarda mavi taraf alçak basınç, kırmızı taraf ise yüksek basınç tarafını işaret etmektedir. Manifold kullanarak seçilen soğutucu akışkanın ölçülen basınçtaki doyma sıcaklıkları okunur veya tablolardan bakılır. Doyma sıcaklığı, akışkanın uygulanmış basınç altındaki buharlaşma/yoğuşma sıcaklığıdır.



Şekil 1.12. Analog ve dijital manifold

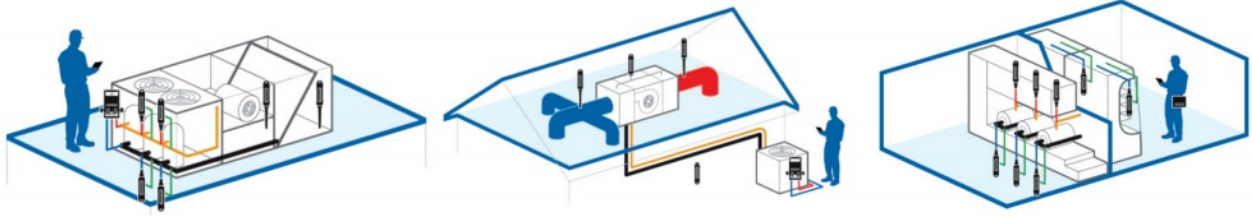
Yeni Nesil Manifoldlar

Özellikle 2014 yılından sonra saha elemanlarının kullanımına sunulan ölçüm cihazları, topladıkları verileri analiz edip raporlayabilme özelliklerine de sahiptirler. Değişik firmalar tarafından üretilen bu ölçüm-değerlendirme sistemleri, IOS ya da Android işletim sistemine sahip cep telefonu ya da tabletlere kurulacak yazılımlar vasıtasıyla bluetooth üzerinden haberleşebilmektedirler. Bünyelerinde 40'dan fazla soğutucu akışkanın basınç-sıcaklık değerlerine sahip cihazlar; basitçe superheat ve subcooling hesaplamaları yapıp, kablosuz gerçekleştirdikleri sıcaklık ölçümlerini de değerlendirmeye alarak arıza teşhisinde bulunabilmektedirler. Örnek yeni nesil bir manifold takımı Şekil 1.13'de gösterilmektedir.



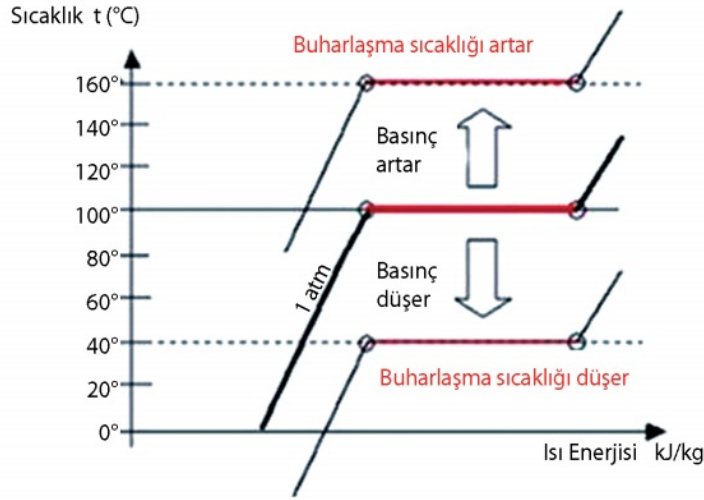
Şekil 1.13. Yeni nesil manifold

Bireysel ve ticari iklimlendirme ile soğutma sistemlerinde, gerçek zamanlı performans ve hava debisi hesaplamaları yapıp, sistem üzerinden kablosuz cihazlarla veri toplayıp, kızgınlık (superheat) ile aşırı soğuma (subcooling) değerlerini izleyip, eposta ile raporlama gerçekleştirebilmektedirler (Şekil 1.14).



Şekil 1.14. Yeni nesil manifold uygulamaları

Buharlaştırma sıcaklığı, ilgili soğutucu akışkana ait basınç-sıcaklık tablosundan elde edilebilir. CFC, HCFC ve R-134a gibi saf soğutucu akışkanların buharlaştırma sıcaklıkları, söz konusu basınçlarda buharlaştırma (doyma) süreci boyunca sabit kalır (Şekil 1.15).



Şekil 1.15. Suyun doyma basıncına göre kaynama noktasındaki değişiklik

Bununla beraber, yeni nesil soğutucu akışkan karışımlarının sıcaklıkları buharlaştırma fazı boyunca değişkenlik gösterirler. Bu değişkenlik 5°C ve üstüne çıkabilir ve sıcaklık kayması (glide) diye adlandırılır. O nedenle, bu tür soğutucu akışkanlarda doyma sıcaklığı yerine çığ nokta sıcaklığı kullanılır. Bu sıcaklık değeri, buharlaştırıcıda son sıvı soğutucu akışkanın buharlaştığı sıcaklığı ifade etmektedir. Çığ nokta sıcaklığının üzerindeki bir sıcaklık artışı kızgınlık (superheat) olarak adlandırılır.

Sıcaklık ölçümü

Soğutucu ünitelerde boru yüzeyinden sıcaklık ölçümü almak önemlidir. Bu işlemin sebebi boru içinden geçen akışkanın sıcaklık değerini görebilmesidir. Sıcaklık ölçümleri soğutma çevriminin emme, basma, sıvı ve genişleme hatlarından yapılmalıdır. Bu ölçüm temaslı veya temassız (infrared) termometrelerle yapılabilmektedir. Şekil 1.16'de temaslı ve temassız (infrared) sıcaklık ölçüm cihazları verilmektedir. Yüzey tipi temaslı termometrelerin ölçüm doğruluğu temassızlarla karşılaştırıldığında daha yüksektir. Temaslı ölçüm yaparken borunun şeklini alan esnek bantlı yüzey termometrelerinden veya boruya kenetlenen tarzda sensörlerden kullanmak ölçüm doğruluğunu artırır. Temassız termometrelerin ise avantajı çok hızlı ölçüm yapmalarıdır. Bu cihazlarda ise kullanma kılavuzlarında belirtilen optik orana dikkat ederek, cihazı borunun sıcaklığını ölçecek mesafeye getirerek ölçüm yapılmalıdır. Ayrıca temassız termometrelerle parlak yüzeylerden ölçüm alınmamalıdır. Mümkünse parlak yüzeyler mat hale getirilmelidir.



Şekil 1.16. Temaslı ve temassız (infrared) sıcaklık ölçüm cihazları

Kızgınlık (Superheat)

Kızgınlık (superheat) ve aşırı soğuma (subcooling) değerlerinin ölçülmesi, değişik noktalardan sıcaklık, akım ve basınç ölçümlerinin yapılması, sistemin çalışma durumu hakkında bize değerli bilgiler verir. Böylece, doğru ve hızlı müdahalelerde bulunmamız konusunda avantaj elde ederiz.

Kızgınlık direkt olarak ölçülemediğinden, birbirine paralel iki ölçüm ile hesaplanabilmektedir. Alçak basınç, yani evaporatörden aldığımız basınç değeri P_c ifade edilebilir. Sistemde bulunan akışkanın " P_c " basıncı altındaki kaynama noktası sıcaklığı " T_c " ile tanımlanabilir. " T_c " değeri sistemdeki soğutucu akışkana ait analog manifoldun dış çeperindeki bölüntülere, doymuş buhar tablosuna bakarak veya dijital manifold üzerinden akışkanı seçtiğinizde otomatik olarak hesaplanan değere bakarak bulunabilir. İdealde aşırı kızgınlık değeri 5-8 K civarında olması gerekirken, bu değer 4 ile 12 K arasında değişebilir. Kızgınlık değeri ölçülürken sistemin rejime girmesi beklenmelidir. Aynı zamanda buharlaştırıcı üzerinde normal bir hava debisinin sağlandığından da emin olunmalıdır. Sıcaklık ölçüm probunun ucu evaporatör çıkışına bağlanır. Eğer emiş hattının uzunluğu 4 metreden az ise, boru sıcaklığı kompresör girişinden ölçülebilir. Boruların üzerindeki oksit tabakasının temizlenmesi ölçüm hassasiyetini artıracaktır.

Aşırı Soğuma (Subcooling)

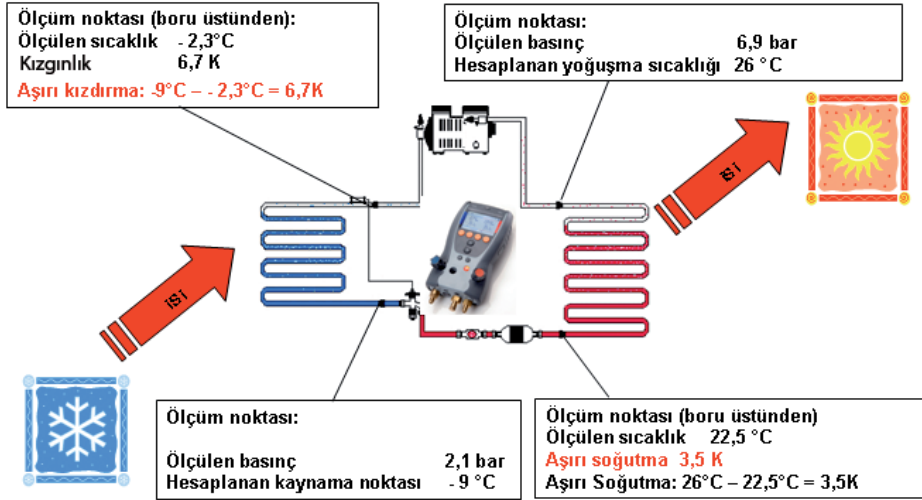
Aşırı soğuma değeri kondenser tarafında akışkanın tamamen sıvı fazına döndüğünün bir garantisidir. Eğer akışkan tamamen sıvı fazına geçmediyse ve genişleme valfine buhar fazında ulaştıysa oluşan baloncuklardan dolayı akışı bloke edebilir ve soğutma sisteminin kapasitesi düşer.

Aşırı soğuma direkt olarak ölçülemediğinden dolayı, birbirine paralel iki ölçüm ile hesaplanabilmektedir. Yüksek basınç, yani kondenserden aldığımız basınç değeri genelde P_c ile ifade edilmektedir. Sistemde bulunan akışkanın " P_c " basıncı altındaki yoğuşma sıcaklığı " T_c " olarak ifade edilebilir. " T_c " değeri sistemdeki soğutucu akışkana ait analog manifoldun dış çeperindeki bölüntülere ve doymuş sıcaklık tablosuna bakarak veya dijital manifold üzerinden akışkanı seçtiğinizde otomatik olarak hesaplanan değerdir.

Diğer sıcaklık değeri ise kondenser çıkışından ölçülür. Aşırı soğuma bu iki değer arasındaki farktır. İdealde aşırı soğuma değeri 2-3 K civarında olması gerekirken, sıvı hattındaki basınç kayıplarına bağlı olarak bu değer 10-15 K civarına kadar çıkarılabilir.

Aşırı soğuma/kızgınlık değerlerinin ölçümleri için artık ağırlıklı olarak sıcaklıkta ölçülebilen manifoldlar kullanılmaktadır. Basınç ve boru yüzeyinden sıcaklık ölçümünün aynı anda yapılabilmesi eş zamanlı olarak kızgınlık ve aşırı soğuma değerlerinin de görüntülenebiliyor olmasını sağlar. Bu da daha doğru bir ölçüm yapılmasına olanak sağlamaktadır. Şekil 1.17'de kızgınlık/aşırı soğuma ölçümü verilmektedir

Soğutma sistemindeki ölçüm noktaları (Kızgınlık/Aşırı Soğutma)



Şekil 1.17. Kızgınlık/aşırı soğuma ölçümü

Kızgınlık/aşırı soğuma ile tespit edilebilecek durumlar;

- Kompresöre sıvı yürümesinin önlenmesi,
- Genleşme elemanına tamamen sıvı olarak girmesi,
- Kompresör verimi,
- Genleşme elemanı arızaları,
- Evaporatörün kapasitesinin yetersizliği,
- Eksik/fazla soğutucu akışkan şarjı,
- Soğutma kapasitesinin izlenmesi

Elektriksel Verilerin Ölçülmesi

Arıza teşhisinde ve enerji verimliliğinin izlenmesinde akım, gerilim, frekans, güç katsayısı ölçümleri çok önemlidir. Bu ölçümlerden hareketle herhangi bir kompresörün sargı hasarları, mekanik hasarlar ve verim (COP, EER, SCOP, SEER vb.) değerleri belirlenebilir. Bu ölçümler zamana bağlı yapıldığında akım-zaman trendleri oluşturularak gözlemlenen bu anormal değişimler arıza oluşmadan önce müdahale edilmesine olanak sağlar.

Hava Hız / Debinin Ölçülmesi

Hava hızı ölçerler genelde pervaneli, sıcak telli ve pitot tüpü prensibi ile çalışırlar. Doğru değeri alabilmek için hava hızı ölçümlerinde mutlaka ortalama aldırarak gerekmektedir. Şekil 1.18'de pervaneli hız ölçer (anemometre) ve Şekil 1.19'de sıcak telli hız ölçer verilmektedir. Hava hızı ile debi arasındaki bağıntı aşağıdaki formülle ifade edilir.

$$Q = V \cdot A$$

Q = Debi (m³/s)

A = Kesit alanı (m²)

V = Hız (m/s)



Şekil 1.18. Pervaneli hız ölçer (anemometre)



Şekil 1.19. Sıcak telli hız ölçer

Sızdırmazlık testi (Basınç düşüm testi)

Öncelikle sistemin sızdırmazlık testi yapılmalıdır ve tüm parçalar ve valfler düzgün monte edilmiş mi, kontrol edilmelidir.

- Tüm sistemin basınca karşı dayanıklılıkları test edilmelidir.
- Sisteme kuru azot verilir.
- Tüpün iç basıncı ilk zamanda sisteme göre daha yüksek olduğundan sistem otomatik olarak tüpün içerisindeki akışkanı emer.
- İstenilen basınç değerine geldikten sonra sistem dengeye ulaşana kadar beklenir ve manifoldda okunan değer not edilir. Başlangıç ve bitiş zamanlarındaki ortam sıcaklıkları mutlaka not edilmelidir. Zira ortam sıcaklığındaki 2°C'lik düşüş basınç değerini de 0,2 bar düşürecektir ve yanlış algılamalara sebep olabilecektir.

Ortam sıcaklıklarındaki artış ve azalışın sızdırmazlık testine etki etmesinin önüne geçmek için ortam sıcaklığına göre basınç değerini düzeltebilen dijital manifoldlardan kullanmakta fayda vardır.

Vakum ve ölçümü

Nem ve soğutucu akışkan birleşimi sisteme fazlasıyla zarar verebilir. Sistem içindeki nemi atmak için sistem vakuma alınır. Vakum yapmanın asıl amacı sistemdeki akışkanın tahliyesi ile birlikte, sistemdeki nemi de tahliye etmektir. Basınç çok düşük seviyelere indiği için nemin (suyun) buharlaşma sıcaklığı da düşer. Sonuç olarak, sistem içindeki nem (su) buhar fazına dönüştürülerek sistemden tahliye edilir.

Örnek: Sistem basıncı 50 mbar'a inerse, suyun buharlaşma sıcaklığı yaklaşık 33°C'ye iner. Düzgün pompa ve ölçüm cihazı kullanıldığında 0,5 mbar'lara kadar vakuma inmek mümkündür.

Kaçak testi

Soğutma sistemindeki soğutucu akışkan miktarının normalden az veya fazla olması verimliliği dolaysız etkilemektedir. Bu nedenle Avrupa Birliği'nde 2014 yılında yürürlüğe giren ve ülkemizde de uyumlaştırılan F-Gaz yönetmeliğiyle, içerdikleri soğutucu akışkan miktarına bağlı olarak sistemlerin periyodik aralıklarla kaçak testine tabi tutulmaları zorunlu hale gelmiştir. Tüm bağlantı noktalarının titizlikle incelenmesi oldukça önemlidir. Tüm bu kontrol işlemlerini yerine getirirken soğutucu akışkanın havadan daha ağır olduğunu unutmamakta yarar vardır.

Gelişmiş elektronik kaçak dedektörleriyle tespit edildikten sonra dedektörün mevcut orandaki soğutucu akışkan kaçağında alarm vermeyecek duruma gelmesi, kaçağın daha fazla olduğu noktalarda alarm vermesine sebep olacaktır. Bu sayede kaçak noktasal olarak tespit edilebilecektir. Şekil 2.96'da elektronik kaçak dedektörü verilmektedir.



Şekil 1.20. Elektronik kaçak dedektörü

Kaynaklar

- [1] Onat, A., "Soğutma Tekniği Ders Notları" Marmara Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi, İstanbul.
- [2] Tomczyk, J., "Troubleshooting and Servicing Modern Air Conditioning & Refrigeration Systems", published by ESCO Press., 2004.
- [3] Acül, H., Canbaz H., Kasap F., Erbil S., "CO₂ soğutma sistemleri, CO₂ evaporatörler, CO₂ gaz soğutucular, Friterm A.Ş. Ar-Ge Bölümü.
- [4] Scroll Compressors High Efficiency Compression for Commercial and Industrial Applications, Carrier Corporation Syracuse, New York, October 2004.
- [5] Teknik katalog, Friterm A.Ş.
- [6] Onat, A., İmal, M., İnan, A.T., Soğutucu Akışkanların Ozon Tabakası Üzerine Etkilerinin Araştırılması ve Alternatif Soğutucu Akışkanlar, K.S.Ü. Fen ve Mühendislik Dergisi, 2004.
- [7] Termodinamik Dergisi, Sürtünmesiz Kompresör Teknolojisi, Haziran 2008
- [8] İsa, K., Florlu Gazlar Yönetmeliği, ISK Teknik, Mayıs-Haziran 2015
- [9] İsa, K., Florlu Gazlar Yönetmeliği ve Sertifikasyon, ISK Teknik, Ocak- Şubat 2008
- [10] Yakut, A., Sezonsal Verimlilik, Türkiye'de Klimalar için Eko-Tasarım Kriterleri ve Yeni Enerji Etiketleri, 2015.
- [11] TESTO, "Teknik Dokümanlar", 2010.
- [12] İsa, K., Bulgurcu H., Adaköy M., "Soğutma Sistemlerinde Ölçme ve Değerlendirmenin Enerji Verimliliği Açısından Önemi", X. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 13/16 Nisan 2011, İzmir.
- [13] www.imanifold.com (Ocak 2019'da erişildi)

BÖLÜM 2

SOĞUTUCU AKIŞKANLAR

Madde veya ortamdan ısı çekerek soğutma olayını gerçekleştiren maddelere veya akışkanlara soğutucu akışkanlar denir. Mekanik sıkıştırımlı soğutma sistemlerinde ısının taşınması görevini yapar. Bir soğutma sisteminde ısının bir ortamdan alınıp başka bir ortamda dışarı atılması işlevi, soğutucu akışkanlarla gerçekleştirilir. Soğutucu akışkanların evaporatörde ısıyı çekip, kondenserde dışarı atma işlemi faz değişimi ile gerçekleşir. Düşük basınçta akışkan evaporatörde buharlaşırken, yüksek basınçta kondenserde yoğunlaşmaktadır. Bu yüzden soğutucu akışkanların buharlaşma veya yoğunlaşma gizli ısı miktarları çok önemlidir.

Su ve buz ilk soğutucu akışkanlar olarak kullanılmasına rağmen, ticari anlamda ilk kullanılan soğutucu akışkan eterdir. 1850 yılında buharla çalıştırılan pompa vasıtasıyla eterin buharlaştırılması ile buz elde edilmiştir. 1931 yılı ve sonrasında CFC (Kloroflorokarbon), HCFC (Hidrokloroflorokarbon) ve HFC (Hidroflorokarbon) bazlı soğutucu akışkanların bulunmasına kadar amonyak, karbondioksit, sülfüdioksit, metil klorid, etil klorür, metilamin, azot oksit, bütan, propilen, karbon tetra klorür, etil bromür, nafta, pentan, izobütan ve benzin gibi zehirleyici, yanıcı, yakıcı, patlayıcı ve kötü koku özellikleri bulunan inorganik kimyasal bileşikler, soğutucu akışkan olarak kullanılmıştır.

Halokarbon (CFC, HCFC ve HFC) türü soğutucu akışkanlar, metan (CH_4) veya etan (C_2H_6) içerisindeki hidrojen atomlarından bir veya birkaçının yerine sentez yoluyla klor, flor veya brom atomları yerleştirmek suretiyle elde edilmektedir. Örneğin R-22 (CH_2ClF_2) soğutucu akışkanı, metan (CH_4) gazından üç hidrojenin sentez yoluyla bir klor ve iki flor gazı ile değiştirilmesi sonucu elde edilmiştir. Aynı şekilde HFC grubundan olan R-134a (CH_2FCF_3) soğutucu akışkanı, etan (C_2H_6) gazından birinci karbon bağında, bir hidrojen yerine bir flor ve ikinci karbon bağında üç hidrojen yerine üç flor atomunun sentez yoluyla değiştirilmesi sonucu elde edilmiştir.

1974 yılında soğutma sistemlerde kullanılan CFC ve HCFC'lerin ozonu tahrip ettiği ortaya konulunca 1978 yılında bu akışkanların üretimi ve kullanılması ile ilgili bazı önlemler alınmaya başlandı. Bazı soğutucu akışkanların yasaklanması ve kullanılmasının sınırlandırılması ile ilgili yasa ve yönetmelikler hazırlanmıştır. Bu yasa ve yönetmelikler halen uygulanmaktadır. Ülkemizde de Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından 12 Kasım 2008 tarih 27052 sayılı Resmi Gazetede yayımlanarak yürürlüğe giren "Ozon Tabakasını İncelten Maddelerin Azaltılması ile İlgili Yönetmelik"te bazı yaptırımlar zorunlu hale gelmiştir. Revize OTİM yönetmeliği 07 Nisan 2017 tarih ve 30031 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe girmiştir.

2.1. Soğutucu Akışkanların Özellikleri

Soğutucu akışkanların, uygulama ve çalışma şartlarının durumuna göre özelliklerinin değişeceği bilinmektedir. Uygulama şartlarına ve kullanılan sistemin amacına göre uygun soğutucu akışkan seçilmektedir. Soğutucu akışkanlarda olması gereken özelliklerin hepsini yerine getirebilen bir soğutucu akışkan mevcut değildir. Bir soğutucu akışkanda olması istenilen özellikler aşağıda verilmektedir:

- Çevre ile uyumlu olmalı,
- Zehirleyici, yanıcı, yakıcı ve patlayıcı olmamalı,

- Buharlaşma veya yoğuşma gizli ısısı yüksek olmalı,
- Çalıştığı sürece kimyasal kararlılığını sürdürmeli,
- Sistemde kullanılan diğer malzemelerle (filtre, yağ, boru vs.) reaksiyona girmemeli,
- Sistemde kullanılan yağ ile karışabilmeli ama reaksiyona girmemeli,
- Yoğuşma basıncı düşük olmalı,
- Viskozitesi düşük ve yüzey gerilimi (kılcallığı) az olmalı,
- Yüksek gerilim olduğu zaman bile elektriği iletmemeli,
- Nem oznrlğ az olmalı,
- Küçük kaçaklarda bile tespit edilebilmeli,
- Ucuz, kolayca taşınabilen ve yeniden kullanılmaya elverişli olmalı,
- Buharlaşma sıcaklığı düşük olmalı,
- abuk ve kolay temin edilebilmeli,
- Her yerde sisteme kolayca şarj edilebilmeli,
- Donma sıcaklığı düşük olmalı,
- Isı iletkenlik katsayısı yüksek olmalı,
- Özgül hacmi küçük olmalıdır.

Soğutucu akışkanların, yukarıda tarif edilen görevleri ekonomik ve güvenilir bir şekilde yerine getirebilmesi için bazı kimyasal, fiziksel ve termodinamiksel özelliklere sahip olması gerekmektedir. Bir soğutma sisteminde; uygulamadaki işletme şartları, çevresel etkiler ve enerji verimliliği gibi kavramlar göz önüne alınarak bu şartları sağlayan uygun soğutucu akışkan seçilerek kullanılmaktadır. Soğutucu akışkanların çevresel özellikleri ile ilgili iki temel kavram mevcuttur. ODP (Ozon Tktme Potansiyeli - Ozone Depletion Potential) - Bir gazın ozon tabakasına verebileceği zararını ifade eder. Bağlı bir değer olarak bulunur. GWP (Küresel Isınma Etkisi - Global Warming Potential) - CO₂'in GWP'si 1 kabul edilerek belli zaman sürecinde bir sera gazının çevreye küresel ısınma etkisini CO₂'e bağlı olarak veren değerdir.

2.2. Soğutucu Akışkanların Numaralandırılması

Halokarbonların (CFC, HCFC ve HFC) numaralandırma işlemi ilk olarak soğutucu akışkan üreticisi olan Dupont firması tarafından ortaya konmuş, daha sonra ASHRAE (American Society of Heating Refrigeration Air Conditioning Engineer) tarafından standart haline getirilmiştir. CFC, HCFC ve HFC gruplarındaki soğutucu akışkanlar aşağıda belirtilen sisteme göre numaralandırılır. Halokarbonların numaralandırılmasında genel kural R-XYZ şeklinde dir. Burada R İngilizce "refrigerant" soğutucu akışkan anlamındadır. X, birinci sayıyı, Y ikinci sayıyı ve Z ise nc sayıyı ifade etmektedir. Eğer atom sayıları eşit ve aynı ise karbon yörüngesindeki dizilişlerine ve bulunuş sırasına göre sonlarına a,b,c veya A,B,C gibi harf verilir (rneğin R-134, R-134a, R-134b).

1. sayı = X = Karbon-1 (eğer 0 ise yazılmaz)
2. sayı = Y = Hidrojen+1
3. sayı = Z = Flor sayısı

Karışım gazları ise üretim sırasına göre, inorganik soğutucu akışkanlar ise mol kütlesine göre numaralandırılırlar. Tablo 2.1'de soğutucu akışkanların numaralandırılması örneklerle gösterilmektedir.

rnek: Aşağıda kimyasal formülü verilen CH₂F₂ (Diflorometan) soğutucu akışkanı numaralandırınız.

1. sayı $\Rightarrow x = C-1 = 1-1 = 0$ (yazılmaz)
2. sayı $\Rightarrow y = H+1 = 2+1 = 3$
3. sayı $\Rightarrow F = 2 = 2 = 2$

Tablo 2.1. Soğutucu akışkanların numaralandırılması (R: refrigerant, soğutucu akışkan)

Numara	Anlamı	Örnek
R-XYZ	Halokarbonlar X=Karbon atom sayısı-1 (C -1) Y=Hidrojen atom sayısı+1 (H+1) Z= Flor atom sayısı (F)	Monoklorodiflorometan: CHCl F_2 (C -1) = 1- 1=0 (H+1) = 1+ 1=2 (F)= 2 R-022 (X=0 ise yazılmaz) R-22
		Pentafloraetan: $\text{C}_2\text{H F}_5$ (C -1) = 2- 1 =1 (H+1) = 1+ 1=2 (F)= 5 R-125
		Propan: C_3H_8 (C -1) = 3- 1=2 (H+1) =8+ 1=9 (F)= 0 R-290
R-4xx	Zeotropik karışım xx = üretim sırasına göre	R-404A: (R-125+R-143a+R-134a) (% 44-% 52-4) R-410A: (R-32+ R-125) (% 50-% 50) R-407C: (R-32+R-125+R-134a) (% 23+% 25+% 52)
R-5xx	Azeotropik karışım xx = üretim sırasına göre	R-502 : (R-22 + R-115) (% 51,2-% 48,8) R-507A: (R-125+R-143a) (% 50-% 50) R-508B: (R-23+R-116) (% 50-% 50)
R-7xx	İnorganik bileşimler xx = molar kütlelerine göre (yuvarlatılmış değerler)	R-717: Amonyak ($M_{\text{NH}_3}=17\text{g/mol}$), (N=14, H=1) R-744: Karbondioksit ($M_{\text{CO}_2}=44\text{g/mol}$), (C=12, O=16) R-764: Sülfirdioksit ($M_{\text{SO}_2}=64\text{g/mol}$), (S=32, O=16) R-718: Su ($M_{\text{H}_2\text{O}}=18\text{ g/mol}$), (H=1, O=16)
RxyzBt	Halonlar xyz CFC gibi ve t = bromine	R-13B1: 1 C, 0 H, 3 F, 1 Br, 1 CL
Halon xyzt	Halonlar X=C, y=F, z=CL, t=Br	Halon 1211= CF_2ClBr Halon 1301= CF_3Br

Son yıllarda ise mekanik sıkıştırılmalı soğutma sistemlerinde karışım gazlarının kullanılması yaygınlaşmıştır. Karışım gazları (R-404A, R-407C, R-410A R-438A, vb.) halen yoğun bir şekilde kullanılmasına rağmen küresel ısınma kaygıları yüzünden inorganik soğutucu akışkanlar (R-744, R-717, R-290, R-600, R-600a vb.) ön plana çıkmaya başlamıştır. Ayrıca son çalışmalarda bütün yağlarla (mineral yağ (MO), Alkilbenzen (AB) ve polyol ester (POE) uyum sağlayan yani dönüşümlerde yağ değişimi gerektirmeyen yeni alternatif karışım gazları (R-422D, R-437A, R-417A, R-422A vb.) elde edilmiş ve bu çalışmalar devam etmektedir. Günümüzde kullanılan soğutucu akışkanları altı grup altında incelemek mümkündür:

2.3. Kloroflorokarbon (CFC)

Karbon yörüngesindeki hidrojen atomları tamamen klor ve flor atomları ile değişen soğutucu akışkanlara, tam halojenli soğutucu akışkanlar denir. CFC'ler etan veya metan serisinden olabilirler. CFC'lerin kimyasal kararlılıkları çok fazla olduğu için uzun zaman yapıları bozulmadan atmosferde kalabilmektedirler. CFC'ler ozon tabakası üzerinde en fazla tahribat yapan soğutucu akışkanlardır. Ayrıca küresel ısınma potansiyelleri oldukça fazladır. Bunlardan dolayı CFC'lerin kullanımı için bazı yasaklar ve önlemler dünya çapında alınmıştır. Eski sistemler hariç yeni sistemlerde bu akışkanlar kullanılmamaktadır. Uygulamada en çok kullanılmış olanları R-11, R-12, R-13, R-114 ve R-115'dir.

2.4. Hidrokloroflorokarbon (HCFC)

Metan ve etan moleküllerinin yapısındaki hidrojen atomlarının bir kısmının klor veya flor atomları ile yer değiştirmesi sonucu oluşan moleküle kısmi halejenlenmiş adı verilir. Yani karbon yörüngelerinde hala bazı hidrojen atomları bulunmaktadır. Bütün hidrojen atomları klor ve flor atomları ile yer değiştirmemektedir. Bu oluşan moleküle HCFC adı verilir. HCFC'lerde klor atomu içerdiği için ozon tabakası ile reaksiyona girer. Buna rağmen HCFC'lerin yapılarında hidrojen atomu olduğu için kimyasal kararlılıkları çok zayıftır. Atmosferde uzun süre yapıları bozulmadan kalamaz. HCFC'ler atmosfere doğru yükselirken yapılarındaki hidrojen havadaki su molekülleri ile reaksiyona girerek yapıları bozulur. Bu yüzden HCFC'lerin çoğu, atmosferin stratosfer tabakasına ulaşmaz ve çoğu atmosferin alt tabakalarında çözünür. HCFC'lerin ozonu delme potansiyelleri azdır. Uygulamada en çok kullanılan HCFC'ler R-22, R-124, R-123'dir.

2.5. Hidroflorokarbon (HFC)

HFC'lerin temel molekülü yalnızca flor atomu ile halojenlenmiştir. Molekülün yapısında klor atomu yoktur. HFC'lerin yapısında flor, hidrojen ve karbon atomları bulunmaktadır. Yapılarında klor atomu bulunmadığı için HFC'lerin ozonu delme potansiyelleri sıfırdır. Yani ozon tabakası üzerinde hiçbir olumsuz etki yapmazlar. Buna rağmen küresel ısınmaya olumsuz etkileri vardır. En çok bilinen hidroflorokarbon R-134A'dır.

2.6. Karışım Bazlı Soğutucu Akışkanlar

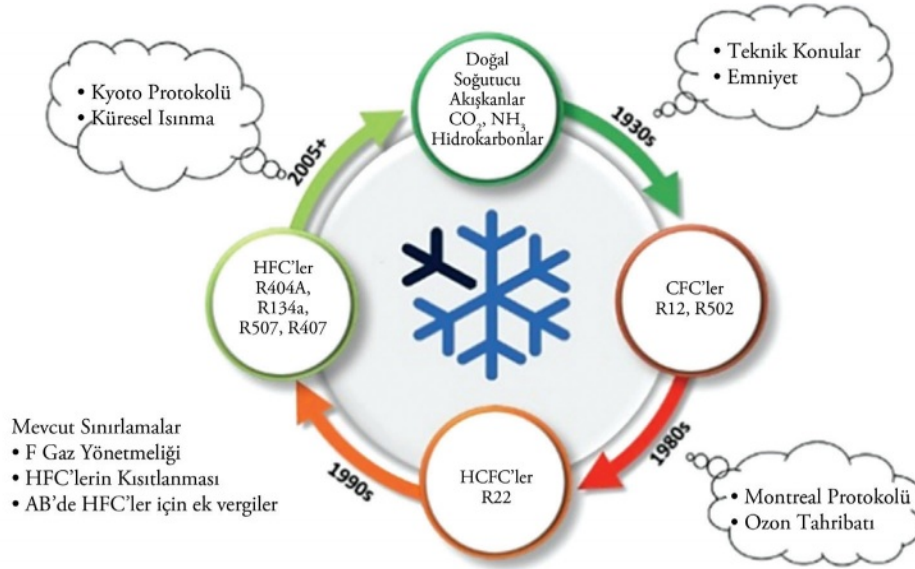
İki daha fazla soğutucu akışkanın belirli oranlarda karıştırılarak elde edilen yeni soğutucu akışkana, karışım bazlı akışkan adı verilir. Günümüzde en popüler karışımlar R-404A, R-407C, R-410A, R-507A ve R-508B'dir. Son zamanlarda yapılan çalışmalar sonucu bütün yağ grupları ile uyum sağlayan yeni karışım bazlı soğutucu akışkanlar (R-422D, R-437A, R-417A, R-422A vb.) geliştirilmiştir ve geliştirilmeye devam edilmektedir. Ozonu çok az veya hiç tahrip etmeyen karışım bazlı akışkanlar üzerindeki çalışmalar devam etmektedir. Fakat bu tür karışım bazlı akışkanların küresel ısınma üzerinde olumsuz etkileri vardır. İki tip karışım bazlı soğutucu akışkan vardır:

- **Zeotropik karışımlar:** Karışımında kendi karakteristik özelliklerini koruyan 400 serisi soğutucu akışkanlardan oluşmaktadırlar. Üretim sırasına göre numaralandırma işlemi yapılmaktadır. Termodinamik özellikleri iyi olan bu akışkanlar karışımında kendi özellikleri ile hareket ettikleri için akışkan kaçaklarında sorun olmaktadır. Karışımı oluşturan akışkanlardan hangi miktarda kaçak olduğu belli olmadığı için, akışkan tamamen boşaltılıp normal şarj işlemine göre akışkan şarjı yapılmalıdır. Uygulamada yaygın olarak kullanılanları R-404A, R-407C, R-410A'dır. Son yapılan çalışmalarda geliştirilen yeni alternatifler ise R-417A, R-422A, R-422D, R-423A, R-437A ve R-438A soğutucu akışkanlarından oluşmaktadırlar. Bu yeni alternatif soğutucu akışkanların en önemli özelliği ise çoğunun, soğutma sistemlerindeki kompresörlerde kullanılan her türlü yağlama yağı ile uyum sağlamalarıdır.
- **Azeotropik Karışımlar:** Karışımında özelliğini korumayıp yeni bir farklı akışkan gibi davranan 500 serisi akışkanlardır. Üretim sırasına göre numaralandırma işlemi yapılmaktadır. En çok bilinenleri R-507, R-508A, R-508B ve R-509A'dır.

2.7. Alternatif ve Doğal Soğutucu Akışkanlar

R744, R717 ve R290, mekanik soğutma sistemlerinde kullanılan en eski soğutucu akışkanlar arasındadır. CFC'ler ve HCFC'ler geliştirildiğinde R744 ve R290'ın kullanımı azalmıştır. R717, endüstriyel sistemlerde kullanılmaya devam edilmiştir. Ozon tabakasını zarar veren soğutucu akışkanların devre dışı bırakılmasıyla, R290 ve diğer hidrokarbonlar tekrar kullanılmaya başlanmıştır. Aynı zamanda HFC soğutucu akışkanlar piyasaya sürülmüş ve yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Ancak bazı uygulamalarda, yüksek sızıntı oranlarına ve küresel ısınma potansiyeline (GWP) sahip olmaları, bazı endüstrilerin daha düşük GWP alternatiflerini kullanmaya başlamasına neden olmuştur. Bunlar arasında, 2000 yılından beri perakende soğutma sistemlerinde kullanılan R744 ve daha düşük GWP'ye sahip HFC'ler sayılabilir.

Doğal ve Alternatif Soğutucu Akışkan Döngüsü



Temel Özellikler

Alternatif soğutucu akışkanların temel özellikleri Tablo 2.2.'de gösterilmektedir.

Tablo 2.2. Alternatif soğutucu akışkanların temel özellikleri

	Tipi	Ana unsurları	GWP	Doyma sıcaklığı	Tipik uygulamalar
R744	Karbondiyoksit, CO ₂	Yüksek basınçlar	1	-78°C	Perakende soğutma, ısı pompası ve vitrin soğutucular
R717	Amonyak, NH ₃	Zehirli ve düşük tutuşma sic.	0	-33°C	Endüstriyel
R32	Hidroflorokarbon, HFC	Düşük tutuşma sic.	675	-52°C	Split klima
R1234ze	Doymamış HFC (hidroflorolefin, HFO)	Düşük tutuşma sic.	7	-19°C	Chiller, split klima ve türevleri
R1234yf	Doymamış HFC (hidroflorolefin, HFO)	Düşük tutuşma sic.	4	-29,5°C	Chiller, iklimlendirme, ısı pompası
R600a	İzobütan, C ₄ H ₁₀ , hidrokarbon (HC)	Yüksek tutuşma sic.	3	-12°C	Ev tipi ve küçük ticari sistemler
R290	Propan, C ₃ H ₈ , hidrokarbon (HC)	Yüksek tutuşma sic.	3	-42°C	Chiller ve vitrin soğutucular
R1270	Propen (propilen, C ₃ H ₆ , hidrokarbon (HC)	Yüksek tutuşma sic.	3	-48°C	Chiller ve vitrin soğutucular

Alternatif Soğutucu Akışkanların Tadilatı Uygunluğu

Çoğu alternatif soğutucu akışkan normalde, geleneksel HFC veya HCFC soğutucu akışkanlar (tutuşucu olmayan) için tasarlanmış sistemlerin tadilatı için uygun değildir. Bununla birlikte, bazı HFO soğutucu akışkanlar tadilat için kullanılabilir.

2.7.1. R744 (CO₂ - Karbondiyoksit)

R744, yüksek çalışma basınçlarına, düşük kritik sıcaklık (31°C) ve yüksek üçlü noktaya sahiptir. Hacimsel soğutma kapasitesi HFC'lerden 5 ila 8 kat daha fazla olup, gerekli kompresör süpürme hacmi ve boru çapını azaltır. Fiziksel özelliklerinin, başta yüksek dış ortam sıcaklıklarında sistemin nasıl tasarlandığı ve işletildiği üzerinde etkileri vardır. Düşük sıcaklıklı sistemlerde iki kademeli sıkıştırılmayı zorunlu kılan yüksek basma sıcaklığına sahiptir.

R744, aşağıdaki sistem uygulamalarında kullanılır:

- **Pompalı ikincil sistemler-** burada R744, birincil bir sistem tarafından soğutulan sekonder akışkandır. R744, yüksek kapasite ve yoğunluk ile birleştiğinde, glikol gibi diğer ikincil sıvılarla karşılaştırıldığında gerekli pompa gücünü azaltan ve kolay buharlaşan bir sekonder akışkandır.
- **Kaskad sistemler-** yoğunlaşan R744 tarafından atılan ısının ayrı bir yüksek kademe sisteminde buharlaşan soğutucu akışkan tarafından absorbe edilmesi prensibine dayanır. Bu sistemlerde R744 kritik noktanın altında çalışır ve yüksek basınç genellikle 40 barg'nin altındadır. Yüksek kademeli sistem R744, HFC, HC, HFO veya R717 olabilir.
- **Transkritik sistemler-** R744 ısısını yaklaşık olarak 21°C'nin üzerindeki dış ortama vermek zorunda kalırsa, kritik noktanın (31°C) üstünde yani, transkritik çevrimde bulunacaktır. Bu durumda R744 yoğunlaşmaz. Basıncı kritik basıncın (72,8 barg) altına düşene dek süper kritik akışkan olarak kalır. Yüksek basınç, transkritik çevrimde tipik olarak 90 barg'dir.

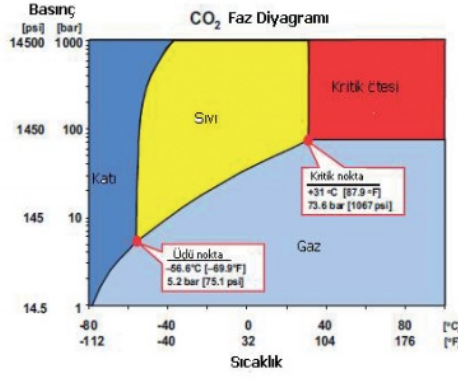
R744, Avrupa'da yaklaşık 1000 adet perakende soğutma sistemi ve endüstriyel sistemde kullanılmıştır. Isı pompalarında ve entegre sistemlerde de kullanılmaktadır.

R744 uygulaması, tasarım mühendisleri ve servis teknisyenleri için yeni becerilere ile yeni donanım ve ekipmana sahip olmayı gerektirmektedir.

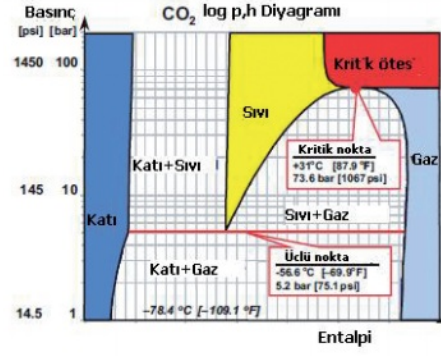
Karbondioksit, soğutma endüstrisinin gelişme dönemlerinde yaygın olarak kullanılmıştır. Ancak, kritik nokta civarında veya üzerindeki ısı atımı nedeniyle ortaya çıkan soğutma tesir katsayısındaki düşüş ve yüksek çalışma basınçları nedeniyle yerini halokarbon soğutucu akışkanlara bırakmıştır. Halokarbon soğutucu akışkanların çevre üzerindeki olumsuz etkileri nedeni ile alternatif, doğal soğutucu akışkan olarak yeniden kullanılmaya başlanmıştır. Güncel makine eşanjör teknolojisi, sistem kontrol elemanları sayesinde CO₂ verim yönünden transkritik çevrim ile özellikle kuzey ülkelerinde ve subkritik kaskad çevrim ile güney ülkelerinde rekabetçi seviyelere ulaşmıştır. Son zamanlarda soğuk içecek otomatlarında, süpermarketlerde, soğuk odalarda, gıda üretim ve işleme tesislerinde, endüstriyel dondurma üretim makinalarında, ısı pompalarında ve araç klimalarında CO₂'nin soğutucu akışkan olarak kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır. R-744 (CO₂), 31,06°C düşük kritik nokta sıcaklığı ve 73,8 bar yüksek kritik nokta basıncından dolayı diğer geleneksel soğutucu akışkanlara nazaran bir takım ek teknik gereksinimlere ihtiyaç duymaktadır.

Bir soğutma sistemi tasarlarırken soğutucu akışkan özellikleri büyük önem arz etmektedir. CO₂ özelliklerinin diğer geleneksel soğutucu akışkanlardan farklı olduğu bilinmektedir. Karşılaştırma yapıldığında CO₂'in en dikkat çekici özelliği düşük kritik nokta sıcaklığı (31,06°C) ve yüksek basıncıdır (73,8 bar). CO₂'yi uygulamadaki diğer bir sınırlayıcı etken -56,6°C ve buna karşılık gelen 5,1 bar basınçtaki yüksek üçlü noktasıdır. Ayrıca geleneksel akışkanlarla (CFC, HCFC, HFC, HC) karşılaştırıldığında buhar basıncı ve hacimsel ısı transferi kapasitesi (0°C'de 22545 kJ/m³) oldukça yüksektir.

CO₂ faz diyagramından da görüleceği gibi iki fazın denge halinde bulunduğu üç durum vardır: Katı-Gaz, Katı-Sıvı, Sıvı-Gaz denge durumları. Atmosfer basıncı altında CO₂ yalnızca katı veya gaz halde bulunabilir. Bu basınçta sıvı faz mümkün değildir. Bu sıcaklığın üzerinde CO₂ süblimleşerek gaz fazına geçer. 5,2 bar ve -56,6°C CO₂'in üç halinin dengede olduğu koşuldur. Bu şartlarda maddenin üç hali denge durumundadır. 31,1°C'de CO₂ kritik noktaya ulaşır. Bu noktada sıvı ve gaz fazının yoğunlukları eşittir ve iki faz arasındaki farklılık ortadan kalkar. Bunun sonucunda yeni bir fazın ortaya çıkması söz konusudur. Maddenin bu fazına süperkritik faz denir. Şekil 2.1'de CO₂ faz diyagramı, Şekil 2.2'de ise CO₂'nin lnP-h diyagramı verilmektedir. Tablo 2.3'de günümüzde en çok kullanılan soğutucu akışkanların bazı temel kimyasal ve fiziksel özellikleri verilmiştir. R-12 yeni sistemlerde kullanılmamasına rağmen karşılaştırma amaçlı olarak tabloda verilmiştir.



Şekil 2.1. CO₂ faz diyagramı [10]



Şekil 2.2. CO₂ lnP - h diyagramı [10]

Tablo 2.3. En Çok Kullanılan Soğutucu Akışkanlar ve Termofiziksel Özellikleri

	Kimyasal formülü	Karışım oranı	Buharlaşma sic. 1 atm. (°C)	Buharlaşma gizli ısı 1 atm (kJ/kg)	Kritik basınç (kPa)	Kritik sıcaklık (°C)	ODP (CFC-12=1)	GWP (CO ₂ =1) (GWP), C
R-12	CCl ₂ F ₂	-	-29,8	151,3 (0°C)	4116	112	1	8500
R-22	CHClF ₂	-	-40,8	233,5	4981	96,24	0,05	1500
R-134a	CH ₂ FCF ₃	-	-26,5	217,2	4060	101,1	0	1300
R-1234yf	C ₃ H ₂ F ₄	-	-29,5	180,2	3360	94,7	0	<4
R-1234ze	CF ₃ CH=CHF	-	-18,95	195,4	3636	109,4	0	<1
R-404A	CHF ₂ CF ₃ CH ₃ CF ₃ CH ₂ F CF ₃	R-125% 44 R-143a% 52 R-134a % 4	-46,5	201,5	3732	72,1	0	3260
R-407C	CH ₂ F ₂ CHF ₂ CF ₃ CH ₂ F CF ₃	R-32 % 23 R-125 % 25 R-134a% 52	-43,5	245,1	4619	86,74	0	1526
R-410A	CH ₂ F ₂ CHF ₂ CF ₃	R-32 % 50 R125 % 50	-51,5	276,2	4926,1	72,12	0	1725
R-32	CH ₂ F ₂	-	-51,7	381,8	5780	78,1	0	650
R-417A	CHF ₂ CF ₃ CH ₂ F CF ₃ CH ₃ CH ₂ CH ₂ CH ₃	R-125% 46,6 R-134a % 50 R-600 % 3,4	-39,12	197,9	4036	87,04	0	1950
R-422A	CH ₂ F CF ₃ CHF ₂ CF ₃ (CH ₃) ₃ CH	R-134a % 11,5 R-125 % 85,1 R-600a % 3,4	-46,5	175,8	3747	71,75	0	2530
R-422D	CH ₂ F CF ₃ CHF ₂ CF ₃ (CH ₃) ₃ CH	R-134a % 31,5 R-125% 65,1 R-600a % 3,4	-43,20	187	3903	79,56	0	-
R-508B	CHF ₃ CF ₃ CF ₃	R-23 % 46 R116 % 54	-88	128,7 (-40°C)	3926	14	0	10350
R-744	CO ₂	Karbondiyoksit	-78,4	-	7377	31	0	1
R-717	NH ₃	Amonyak	-33,3	-	11333	132,2	0	0
R-290	C ₃ H ₈	propan	-42,1	-	4248	96,7	0	11
R-600	CH ₃ CH ₂ CH ₂ CH ₃	bütan	-0,55	-	3796	152	0	3
R-600a	(CH ₃) ₃ CH	izobütan	-11,67	-	3640	135	0	3

2.7.2. R717 (NH₃ - Amonyak)

R717, atmosferik basınçta nispeten yüksek bir doyma sıcaklığına sahiptir ve çok zehirlidir. Daha düşük tutuşuculuğa ve keskin bir kokuya sahiptir. Sadece 3 mg/m³'lük konsantrasyonlarda dahi koktuğu için tehlike seviyesine (ATEL/ODL 350 mg/m³) ulaşmadan algılanabilir. Havadan daha hafif olan yegane soğutucu akışkan olup, sızıntı halinde soğutucu akışkanın ortam içindeki dağılımı hızlı bir şekilde gerçekleşir.

Nispeten yüksek doyma sıcaklığı, birçok düşük sıcaklık uygulamasında (örneğin, dondurulmuş gıda soğuk odalarında ve blast dondurucular) sistemin alçak basınç tarafı atmosfer basıncının altında çalışır.

R717 ayrıca çok yüksek basma sıcaklıklarında çalışır. Bu nedenle, tek kademeli sıkıştırma normal olarak -10°C buharlaşma sıcaklığının üzerinde kullanılabilir. Bu sıcaklığın altında, ara soğutmalı iki kademeli sıkıştırma gereklidir.

Yüksek zehirlilik, R717'nin çok düşük şarjlı sistemlerde veya endüstriyel sistemlerde (insanlar tarafından erişilemeyen alanlardaki sistemlerde) uygulanmasını sınırlar. Bu, genel olarak, R717'nin birincil soğutucu akışkan olduğu ve ikincil sistemleri kullanan dağıtım soğuk depolarını ile gıda işleme tesislerini içerir.

Amonyak bakırı korozyona uğratar, bu nedenle çelik boru ve açık tahrikli kompresörler kullanılır. Ayrıca geleneksel mineral yağlarla karışmadığından, yağ özelliklerinin iyileştirilmesi ile soğutma sisteminde ek bazı düzenlemelere ihtiyaç vardır. Çelik boru, açık tahrikli kompresör ve yağ iyileştirme işlemleri amonyaklı soğutma sisteminin ilk yatırım maliyetini arttırıcı unsurlardır.

2.7.3. R32

R32 düşük tutuşma özelliğine sahip bir HFC'dir. Performansı ve çalışma basınçları R410A'ya çok yakındır ve benzer uygulamalarda (ısı pompaları, split klima sistemleri ve chillerler) kullanılmaya başlanmıştır. Bu soğutucu akışkanın uygulanabilirliğine ilişkin daha fazla bilgi için daima ekipman tedarikçinize başvurunuz.

Düşük tutuşma özelliği soğutucu akışkan şarj miktarını sınırlar, ancak daha daha yüksek tutuşma potansiyeline sahip hidrokarbonlar kadar sınırlayıcı değildir. Elektrikli cihazlar etrafında tutuşmayı tetikleyecek konsantrasyonda bir sızıntı ihtimaline karşı, bu cihazların ark yapmayan tipte olması gerekmektedir.

Çalışma basınçları çoğu HFC'den daha yüksektir, ancak R410A'ya benzerdir. Genel olarak olarak yüksek basınç tarafı basıncı 35 barg'dir.

2.7.4. R1234ze ve Diğer HFO Soğutucu Akışkanlar

Ana HFO (hidrofloro olefin) soğutucu akışkanlar R1234ze ve R1234yf'dir. Bunlar, her ikisinde de hidrojen, florin ve doymamış karbon bulunan saf soğutucu akışkanlardır. İkisi de düşük tutuşuculuğa ve çok düşük GWP'ye sahiptirler.

HFO - hidrofloro olefin, hidrojen, florin ve doymamış karbon içeren bir halokarbondur.

Düşük tutuşma özelliği soğutucu akışkan şarj miktarını sınırlar, ancak daha daha yüksek tutuşma potansiyeline sahip hidrokarbonlar kadar sınırlayıcı değildir. Elektrikli cihazlar etrafında tutuşmayı tetikleyecek konsantrasyonda bir sızıntı ihtimaline karşı, bu cihazların ark yapmayan tipte olması gerekmektedir.

R1234ze'nin atmosfer basıncındaki doyma sıcaklığı diğer soğutucu akışkanlara kıyasla yüksektir, dolayısıyla düşük sıcaklık uygulamalarında sistemin alçak basınç tarafı vakumda (atmosfer basıncının altında) çalışacaktır. Bu nedenle chiller gibi orta ve yüksek sıcaklık uygulamalarında en uygun çözümdür. Diğer HFC'lere kıyasla soğutma kapasitesi düşüktür, bu da elektrik motoruna göre daha büyük bir bağıl süpürme hacmi gerektiren farklı kompresörlere ihtiyaç duyulduğu anlamına gelir.

R1234ze, temin edilebilen ve chillerler ile entegre cihazlarda kullanılan bir soğutucu akışkandır.

R1234yf, araç klimalarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Artık ticari chiller uygulamalarında da kullanılmaya başlandı. Düşük sıcaklık uygulamalarında R1234ze'ye benzer şekilde sistemin alçak basınç tarafı vakumda çalışır. Bu

durum, chiller gibi orta ve yüksek sıcaklık uygulamalarında kullanımını daha elverişli hale getirir. Bununla birlikte, aynı kompresörün kullanılabileceği anlamına da gelebilecek R134a'ya çok benzer bir kapasiteye sahiptir.

2.7.5. R290, R1270 ve R600a

R290 (propan), R1270 (propen, propilen) ve R600a (izobütan) hepsi hidrokarbondur. Çok tutuşucudurlar, bu nedenle soğutucu akışkan miktarı birçok uygulamada sınırlandırılmıştır. Bu, HC'lerin temel olarak entegre sistemler, chillerler ve bazı split klima sistemlerinde uygulanmasını sınırlar. Elektrikli cihazlar etrafında tutuşmayı tetikleyecek konsant-rasyonda bir sızıntı ihtimaline karşı, bu cihazların ark yapmayan tipte olması gerekmektedir.

R290 ve R1270, R404A'ya benzer performans ve çalışma basınçlarına sahiptir ve yüksek, orta ile düşük sıcaklık ticari uygulamalarında kullanılırlar. R600a, diğer soğutucu akışkanlara göre daha yüksek bir doyma sıcaklığına sahiptir ve çoğu uygulamada alçak basınç tarafı vakumda çalışır. Kullanımı, minimum sızıntıya sahip evsel ve çok küçük ticari soğutma sistemleriyle sınırlıdır böylece sızıntıya bağlı olarak sisteme hava ve su buharı girişi nadiren gerçekleşir.

Care 30 (propan ve izobuten) ve Care 50 (propan ve etan) gibi HC karışımları da mevcuttur. Kolay tutuşurlar ve kayda değer bir sıcaklık kaymasına (temperature glide) sahiptirler.

2.7.6. Emniyet

Bu kılavuz kapsamındaki tüm alternatif soğutucu akışkanlar, geleneksel HFC soğutucu akışkanlarla karşılaştırıldığında ek tehlikelere sahiptir. Bunlar:

- Tutuşuculuk
- Zehirlilik
- Yüksek basınçlar

Aşağıdaki tabloda, alternatif soğutucu akışkanların tehlikeleri özetlenmektedir. Trafik ışığı sistemi R404A ile kıyas-lanan tehlikenin büyüklüğüne işaret etmektedir.

Tablo 2.4. R404A ile kıyaslanan alternatif soğutucu akışkan kaynaklı tehlikeler

Soğutucu akışkan	Soluma	Tutuşuculuk	Basınç	Diğer
R744	Düşük Zehirlilik	Tutuşucu değil	Çok yüksek	Hapsolan sıvının/soğuk sıvının basıncının yükselmesi riski yüksek. Kuru buz oluşma ihtimali var.
R717	Yüksek zehirlilik	Düşük	Düşük	
R32	Boğucu	Düşük	Yüksek	Ayrışma ürünleri hayli toksik.
R1234ze	Boğucu	Düşük	Düşük	Ayrışma ürünleri hayli toksik.
R600a	Boğucu	Yüksek	Çok düşük	
R290	Boğucu	Yüksek	Benzer	
R1270	Boğucu	Yüksek	Benzer	

Mavi - R404A'ya benzer veya o kadar şiddetli değil;

Koyu Sarı - R404A'dan biraz şiddetli;

Kırmızı - R404A'dan oldukça şiddetli.

Tüm soğutucu akışkanlar için - sızıntı potansiyelini en aza indirgeyerek risk azaltılır.

2.7.6.1. Emniyet Sınıflandırması

Aşağıdaki emniyet ile ilgili sınıflandırma ISO817:2014 ve aynı zamanda EN378-1:2016 de tanımlanmıştır.

Sınıflandırma iki bölümden oluşur: **A** veya **B** sınıfları **1**, **2L**, **2** veya **3** ile eşleştirilir.

- **A** veya **B** zehirlilik derecesini temsil eder
 - **A** düşük zehirlilik (birçok soğutucu akışkan **A** sınıfıdır)
 - **B** yüksek zehirlilik (R717, **B** sınıfıdır)
- **1**, **2L**, **2** veya **3** tutuşuculu derecesini ifade eder.
 - **1**, tutuşucu değil
 - **2L**, düşük tutuşucu
 - **2**, tutuşucu
 - **3**, yüksek tutuşucu

Aşağıdaki tablo, yaygın kullanılan alternatif soğutucu akışkanların emniyet sınıflandırmalarını listeler.

Tablo 2.5. Emniyet bilgileri

Soğutucu Akışkan	Emniyet sınıfı ^a	LFL, kg/m ³ ^b	Otomatik ateşleme sıcaklığı,°C	PL, kg/m ³ ^c	ATEL / ODL ^d
CO ₂	A1	-	-	0,1	0,072
R744					
NH ₃	B2L	0,116	630	0,00035	0,00022
R717					
HFC	A2L	0,307	648	0,061	0,30
R32					
HFO	A2L	0,303	368	0,061	0,28
R1234ze					
HFO	A2L	0,289	405	0,058	0,47
R1234yf					
HC	A3	0,043	460	0,011	0,059
R600a					
HC	A3	0,038	470	0,008	0,09
R290					
HC	A3	0,047	455	0,008	0,0017
R1270					

- Emniyet sınıfı EN378-1'deki gibidir.
- LFL (kg/m³), Alt Tutuşma Sınırı (Lower Flammability Limit) EN378-1'de yer almaktadır.
- PL, Uygulama Sınırı (Practical Limit) EN378-1'de yer almaktadır. A1 soğutucu akışkanlar, insan bulunan bir mahalde hareketi engellemeyecek en yüksek konsantrasyona sahiptirler. Bu değer tutuşucu soğutucu akışkanlar için yaklaşık %20 LFL'dir.
- ATEL / ODL, Akut Zehirlilik Maruz Kalma Limiti / Oksijen Yoksunluğu Sınırı (Acute Toxicity Exposure Limit / Oxygen Deprivation Limit) EN378-1'de yer almaktadır. Bu, üzerinde kısa bir zaman aralığında (genellikle 24 saatten daha kısa bir sürede) tekli veya çoklu maruz kalmalardan kaynaklanan olumsuz bir etkinin söz konusu olabileceği düzeyin üstüdür.

Güvenlik Önlemleri

Hidrokarbonların yüksek yanıcılık ve patlayıcılık özellikleri, üreticileri kapsamlı güvenlik önlemleri almaya zorlamış ve soğutma sistemlerinde hidrokarbon kullanan birçok ülkede bu sistemlerin çalışma standartlarını belirlemek üzere kanun ve tebliğler yürürlüğe sokulmuştur. Avrupa Birliği ve Amerika'da belirlenen bazı standartlar ile hidrokarbonların soğutma

sistemlerindeki kullanım miktarı kısıtlanmıştır. Soğutucu akışkanların ASHRAE tarafından sınıflandırma şekli Tablo 2.6'da gösterilmiştir. Sınıflandırmada kullanılan harfler zehirlilik özelliğini, sayılar ise yanıcılık özelliğini göstermektedir.

Tablo 2.6. Soğutucu akışkanların emniyet yönünden sınıflandırılması

Yanıcılık sınıfı		Zehirlilik sınıfı	
		A	B
		Düşük zehirli	Yüksek zehirli
1	Tutuşma özelliği yok	A1	B1
2	Düşük tutuşma	A2	B2
		A2L	B2L
3	Yüksek tutuşma	A3	B3

Güvenli sistem tasarımı ve konstrüksiyonu için gerekli ön koşulların değerlendirilmesi yapıldıktan sonra sistem ekipmanların seçimi ön plana çıkar. HC'li sistemlerde var olan kompresör teknolojisi yalnızca yarı hermetik kompresörlerdir. Avrupa Birliği (AB)'nin basınçlı kaplarla ilgili tüzüğü (PED-Pressure Equipment Directive) nedeniyle hermetik, pistonlu ve sarmal (scroll) kompresörlerin bu sistemlerde kullanımı yasaktır. AB uyum süreci çerçevesinde Türkiye'de de bu yönetmelikler yürürlüğe girmeye başlamıştır.

Sonuç olarak; hidrokarbonlar, mevcut soğutma sistemlerinde kullanılan, ozonu tüketen ve küresel ısınmaya sebebiyet veren soğutucu akışkanlara çevre dostu bir alternatif olarak sunulmuşlardır. Çalışmalar sonucunda her ne kadar yüksek performans etkenliği değerleri elde edilse de, yüksek enerji tüketimi saf hidrokarbonları dezavantajlı alternatifler olarak göstermektedir. HFC/HC karışımları ve HC karışımları kısa ve uzun vadede saf HC'lere göre daha iyi alternatifler olarak görülmektedir.

Soğutma sistemi tasarımı yapılırken HC kullanımından kaynaklanabilecek yanıcılık ve patlayıcılık gibi riskler göz önünde bulundurulmalıdır. HC'lerin sistemde kullanım miktarı minimum seviyede tutulmalıdır. Sızıntı ve kaçakları belirleyecek donanımların sisteme dâhil edilmesi hayati önem taşımaktadır. Hidrokarbonlu soğutma sisteminin bulunduğu ortamlar havalandırılmalı, kapalı alan içerisindeki elektrikli ekipmanların kıvılcım ve kaçak gibi olasılıkları göz önünde bulundurularak önlem alınmalıdır. Soğutma sistemi içerisindeki bağlantı noktaları minimuma indirilmeli ve tam sızdırmazlık sağlanmalıdır.

Ülkemizde CFC'lerin üretimi ve kullanımı 2010 yılı başında durdurulmuştur. HFC'lerin kullanımı ve piyasaya arzı konusunda F-Gaz yönetmeliği ile kısıtlamalar gündeme gelmektedir. Çevre dostu hidrokarbonların soğutma sistemlerinde kullanımı üzerine ülkemizde daha kapsamlı çalışmalar yapılmalıdır. Farklı oranlarda HC karışımları, CFC ve HFC ile çalışan sistemlere uygunlukları, mevcut yağlama yağları ile uyumlulukları ve güvenlik önlemleri üzerine çalışmalar önem kazanacaktır.

2.7.6.2. Maksimum şarj miktarı ile ilgili kullanım kısıtlamaları

EN378, soğutma, iklimlendirme ve ısı pompası (RACHP) ekipmanı için şarj miktarı kısıtlamaları getirir:

- Tablo C.1, asıl tehlike olarak zehirliliğin ön planda olduğu soğutucu akışkanlar için, örneğin, R717 ve R744;
- Tablo C.2, asıl tehlike olarak tutuşuculuğun ön planda olduğu soğutucu akışkanlar için, örneğin, HC ve A2L sınıfı soğutucu akışkanlar.

Maksimum şarj miktarı aşağıdakilere bağlıdır:

- Ekipmanın yeri, örneğin, ekipmanın bir kısmı veya tamamının insan bulunan alanda olup olmadığı;
- Soğutulan alanın erişim kategorisi, örneğin, insanlar tarafından sınırsız erişim veya yalnızca yetkili erişim;
- Sistem tipi - konfor amaçlı soğutma / ısıtma veya diğer uygulamalar.

Tablo 2.7'de gösterildiği gibi üç erişim kategorisi vardır.

Tablo 2.7. Mahal sınıflandırması

Kategori	Yer Tanımı	Örnekler
A	İnsanlar uyuyabilir; Bulunan kişi sayısı kontrol altında değildir; Kişisel güvenlik önlemleri hakkında bilgi sahibi olmadan herhangi bir kişinin erişimi vardır.	Hastaneler ve bakım evleri Cezaevleri Tiyatrolar, seminer salonları Süpermarketler, restoranlar, oteller Ulaştırma terminali Buz pateni pisti
B	Sadece sınırlı sayıda insan toplanabilir, bazıları mutlaka genel emniyet önlemlerini bilmelidirler. Bir oda veya bir binanın parçası olabilir.	Laboratuvarlar Genel imalat yerleri Ofis binaları
C	Sadece yetkili kişilerin erişimi olan kamuoyuna açık olmayan yerler. Yetkili kişiler genel emniyet önlemleri hakkında bilgi sahibidir.	Soğuk depolama ve mezbaha Rafineriler Süpermarketlerde halka açık olmayan alanlar Üretim tesisleri (örneğin, kimyasallar, gıda maddeleri)

Dört ekipman yeri sınıflandırması vardır:

Sınıf I - mekanik ekipman yaşam mahalinde bulunur;

Sınıf II - kompresörler bir makine dairesinde veya açık havada bulunmaktadır;

Sınıf III - Tüm soğutma ekipmanı bir makina dairesinde veya açık havada bulunur;

Sınıf IV - tüm soğutma ekipmanı havalandırılan bir mahaldedir.

Şarj miktarı kısıtlamaları ile ilgili bazı yaygın örnekler aşağıda verilmiştir, ancak tam bilgi için EN 378'e başvurmalısınız.

Örnek 1 - Dış ortamda ayırık yoğunlaştırma ünitesi bulunan ve R290 kullanan zemin katta yer alan soğuk oda

Soğutucu akışkan emniyet sınıflandırması A3'tür, bu nedenle EN 378-1: 2016'daki C.2 tablosu geçerlidir.

Bu örnek için erişim kategorisi B'dir.

Uygulama "*diğer uygulamalar*" sınıfına girmektedir.

Sistem toprak seviyesinin üzerindedir.

Ekipman konum sınıflandırması II'dir, çünkü yoğunlaştırma ünitesi dışarıdadır.

Tablo C.2, maksimum şarjı aşağıdaki şekilde belirtir:

$\%20 \cdot LFL \cdot \text{oda hacmi}$ **2,5 kg**'dan fazla olmamalıdır.

Soğuk oda boyutları 3,5 m . 3 m ve yükseklik 2,4 m

Soğuk oda hacmi = 3,5 . 3 . 2,4 = 25,2 m³

R290 LFL = 0,038 kg/m³

Maksimum şarj = 0,2 . LFL . hacim

= 0,2 . 0,038 . 25,2 = 0,192 kg

Bu değer olması gereken **2,5 kg**'ın altındadır.



Örnek 2- Tavan tipi iç üniteye sahip R32 split klima

Soğutucu akışkan **A2L** emniyet sınıflandırmasına tabidir, bu nedenle EN 378-1: 2016'daki C.2 tablosu geçerlidir.

Bu örnek için erişim kategorisi **A**'dir.

Uygulama konfor soğutma/ısıtmasıdır.

Ekipman konum sınıflandırması II'dir, çünkü yoğuşurma ünitesi dışarıdadır.

Tablo C.2, maksimum şarjı aşağıdaki şekilde belirtir:

C2 denklemi kullanılır ve şarj, m_2 . 1,5 kg'dan fazla olmamalıdır.

Denklem C2:

$$M = 2,5 \cdot LFL^{1,25} \cdot h \cdot \sqrt{A}$$

M = maksimum şarj, kg

LFL = alt tutuşma sınırı, kg/m³

h = iç ünitenin yüksekliği, m (Zemine monte 0,6, pencere için 1,0, duvar için 1,8, tavana 2,2)

A = taban alanı, m²

$$m_2 = 26 \cdot LFL$$

$$LFL_{R32} = 0,307 \text{ kg/m}^3$$

$$A = 9 \text{ m} \cdot 5,5 \text{ m} = 49,5 \text{ m}^2$$

$$M = 2,5 \cdot 0,307^{1,25} \cdot 2,2 \cdot \sqrt{49,5}$$

$$M = 8,84 \text{ kg}$$

Bu, m_2 . 1,5'in altındadır = $26 \cdot 0,307 \cdot 1,5 = 12 \text{ kg}$

Not: EN 378, soğutucu akışkan algılama/alarm, kapatma valfleri ve havalandırma dahil olmak üzere alternatif emniyet önlemleri alınırsa daha fazla şarj miktarına izin verir.

Örnek 3- R744'lü merkezi sistem, dükkân zeminindeki soğutma kabinleri ve soğuk depoyu soğutma sağlıyor

Soğutucu akışkan **A1** güvenlik sınıfıdır, bu nedenle EN 378-1: 2016'daki C.1 tablosu geçerlidir. Erişim kategorisi **A** ve **B**'dir (dükkân **A**, sadece mağaza personeli tarafından erişilen soğuk odalar **B**'dir.) Paket ünite dışarıda olduğu için donanım yeri sınıflandırması II'dir.

Dükkân tabanı için (erişim kategorisi A) tablo C.1, maksimum şarjı aşağıdaki şekilde belirtir:

Zehirlilik limiti . oda hacmi

Dükkân zemini 25 m . 50 m ve yükseklik 5 m'dir.

R744 için ATEL 0,072 kg/m³tür.

$$M = 0,072 \cdot 25 \cdot 50 \cdot 5 = 450 \text{ kg}$$

Soğuk odalar (erişim kategorisi **B** olan) için herhangi bir şarj kısıtlaması yoktur. Bununla birlikte, EN 378-3: 2016 bölüm 9.1, konsantrasyonun pratik sınırı aşması durumunda bir alarmı etkinleştiren soğutucu akışkan detektörlerin kullanılması gerektiğini belirtmektedir. R744 için dedektör %50 ATEL/ODL'de (R744 için $0,5 \cdot 0,072 = 0,036 \text{ kg/m}^3$) alarm vermelidir. Not: R744 için pratik sınır 0,1 kg/m³tür, bu nedenle sızıntı durumunda küçük soğuk odalarda bu sınır aşılabacaktır.

Buna ek olarak, tablo C.1, dışarıda bulunan sistem için EN 378-3:2016 4.2'ye atıfta bulunmaktadır ve bir sızıntı durumunda soğutucu akışkanın binaya girmemesi gerektiğini belirtmektedir. Sızan soğutucu akışkanın, bir yerde toplanması ve hareketsiz kalması da dahil olmak üzere EN378 tarafından belirlenen emniyet sınırlarını aşabileceği herhangi bir risk varsa, bir gaz algılama ve alarm sistemi kurulması gerekecektir.

Örnek 4 - Dış ortamda bulunan R717 chiller

Soğutucu akışkan emniyet sınıfı B2L'dir, dolayısıyla tablo C.1 geçerlidir.

Dışarıda konumlanan chiller için donanım yeri sınıfı III'tür. Herhangi bir erişim kategorisi için şarj kısıtlaması yoktur.

Buna ek olarak, tablo C.1, dışarıda bulunan sistem için EN 378-3:2016 4.2'ye atıfta bulunmaktadır ve bir sızıntı durumunda soğutucu akışkanın binaya girmemesi gerektiğini belirtmektedir. Sızan soğutucu akışkanın, bir yerde toplanması ve hareketsiz kalması da dahil olmak üzere EN378 tarafından belirlenen emniyet sınırlarını aşabileceği herhangi bir risk varsa, bir gaz algılama ve alarm sistemi kurulması gerekecektir.

Örnek 5- 350 gr R1270 şarjlı şarküteri tezgâhı için asgari oda hacminin hesaplanması

Soğutucu akışkan güvenlik sınıfı A3'tür, bu nedenle EN 378-1: 2016'daki C.2 tablosu geçerlidir.

Bu örnek için erişim kategorisi A'dır.

Uygulama, *diğer uygulamalar* sınıfındadır.

Ekipman yer sınıflaması, entegre bir kabin için I'dir.

Tablo C.2, maksimum şarjı aşağıdaki şekilde hesaplar:

$$\%20 \cdot \text{LFL} \cdot \text{oda hacmi}, 1,5 \text{ kg'dan fazla olmamalıdır.}$$

$$\text{Dolayısıyla minimum oda hacmi} = \text{şarj} / 0,2 \cdot \text{LFL} = 0,35 / 0,2 \cdot 0,046 = 38 \text{ m}^3$$

2.7.7. İlgili standart ve mevzuata ilişkin özet

Tablo 2.8. alternatif soğutucu akışkan uygulamaları ile ilgili en faydalı standartları ve yönetmelikleri göstermektedir.

Tablo 2.8. Standart ve yönetmelikler

Doküman	Başlık	Kılavuz (tutuşucu soğutucu akışkanlarla ilgili)
ISO 817:2014	Soğutucu akışkanlar - Gösterim ve Emniyet Sınıflandırması	Soğutucu akışkanların numaralandırılması için kesin sistem. Emniyet sınıflandırmalarını (A1, A2, A3) içerir.
EN 378-1:2016	Soğutma sistemleri ve ısı pompaları - Emniyet ve çevresel gereksinimler, Temel gereksinimler, tanımlar, sınıflandırma ve seçim kriterleri	Uygulanabilir sınır değerleri Maksimum şarj miktarı
EN 378-2:2016	Soğutma sistemleri ve ısı pompaları - Emniyet ve çevresel gereksinimler, Tasarım, konstrüksiyon, test, işaretleme ve dokümantasyon	Yüksek basınç koruması Havalandırılan kapalı mahal Tutuşucu soğutucu akışkanlar için sızıntı simülasyon testi
EN 378-3:2016	Soğutma sistemleri ve ısı pompaları - Emniyet ve çevresel gereksinimler, montaj ve kişisel korunma tedbirleri	Makine daireleri Soğutucu akışkan sızıntı detektörleri
EN 378-4:2016	Soğutma sistemleri ve ısı pompaları - Emniyet ve çevresel gereksinimler, işletme, bakım, tamir ve geri kazanım	Tutuşucu soğutucu akışkanlı sistemlerin tamiri Tutuşucu soğutucu akışkanlı sistemlerde çalışan teknik personelin yeterliliği
EN 60079-0:2012+A1 2013	Patlayıcı ortamlar - Ekipman - genel gereksinimler	Tutuşucu gazların sınıflandırılması Ekipman sınıflandırması Mahaller (Zone)
EN 60079-10-1:2015	Patlayıcı ortamlar - Ortamların sınıflandırılması - patlayıcı gaz ortamları	Mahaller ve ekipmanın sınıflandırılması Sızıntı simülasyon testi Hava debisi gereksinimleri
EN 60079-14:2014	Patlayıcı ortamlar - Elektrik devrelerinin montaj planları, seçim ve kurulumu	Ateşleyici kaynakların yeri Kablolama
EN 60079-15:2010	Patlayıcı ortamlar - "n" tipi koruma ile ekipmanın korunması	Tutuşma potansiyeli olan alanlarda kullanılmak üzere elektrikli ekipman ve eklentileri Elektrikli cihazların etiketlenmesi
EN 60335-2-24:2010	Ev tipi soğutma cihazları ve benzeri elektrikli ev aletleri- Emniyet Bölüm 2-24: Soğutucu cihazlar, dondurma aletleri ve buz yapıcılar için özel şartlar	150 gramdan az tutuşucu soğutucu akışkan içeren sistemler.
EN 60335-2-40:2012	Ev tipi soğutma cihazları ve benzeri elektrikli ev aletleri- Elektrikli ısı pompaları, klima cihazları ve nem alıcılar için özel şartlar	Tutuşucu soğutucu akışkan içeren iklimlendirme sistemlerinin tasarım, uygulama ve servisi.
EN 60335-2-89:2010	Ev tipi soğutma cihazları ve benzeri elektrikli ev aletleri - Emniyet Bölüm 2-89: Entegre ya da uzak (remote) kondenser ünitesi/kompresöre sahip ticari soğutma sistemleri için özel şartlar	150 gramdan az tutuşucu soğutucu akışkan içeren sistemler, ilgili mahal gereksinimleri doğrultusunda sızıntı simülasyon testi.
ADR	Tehlikeli Maddelerin Karayoluyla Uluslararası Taşınması (International Carriage of Dangerous Goods by Road) Avrupa Sözleşmesi	Tutuşucu soğutucu akışkana sahip sistem veya ekipmanın karayoluyla taşınması
RID	Tehlikeli malların demiryolu ile uluslararası taşınmasıyla ilgili düzenlemeler	Tutuşucu soğutucu akışkana sahip sistem veya ekipmanın demiryolu ile taşınması
ATEX	Patlayıcı Ortamlarda Olası Tehlikede Bulunan Çalışanların Emniyet ve Sağlık Açısından Korunmasını Geliştirmek İçin Asgari Gereklikler için Avrupa Yönetmeliği	Tutuşucu soğutucu akışkanların kullanıldığı iş yerleri için geçerlidir.

2.8. Florlu Sera Gazları Yönetmeliği



Florlu Gazlar (F-Gaz) terimiyle, hidroflorokarbonlar (HFC), perflorokarbonlar (PFC) ve sülfürhegzafior (SF6) kastedilmekte olup, bu maddeler endüstriyel soğutma uygulamaları, iklimlendirme sistemleri, yalıtım ürünleri, yangın söndürücüler gibi değişik uygulamalarda yaygın olarak kullanılmaktadırlar. F-Gazlar 1990'larda CFC ve HCFC'lerin yerini alan, ozon tabakasına zararlı olmayan, düşük zehirlilik değerlerine sahip ve çoğu yanıcı olmayan maddeleri içermektedir. Bununla beraber, küresel ısınma potansiyelleri (GWP) bağıl olarak yüksektir.

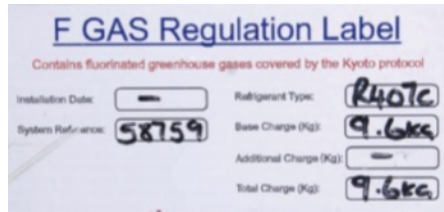
Avrupa Komisyonu; AB üyesi ülkeler, ilgili endüstriler ve sivil toplum kuruluşları ile yoğun müzakerelerden sonra, F-Gaz yönetmeliği (EC 842/2006) çalışmaları 2006 yılında sonuçlandırılmıştır. Bununla beraber, revize yönetmelik 20.05.2014 tarihinde 517/2014 sayılı ile yayımlanmış ve bu haliyle 01.01.2015 tarihi itibarıyla AB'de yürürlüğe girmiştir. Ülkemizde de söz konusu yönetmeliğin uyumlaştırma çalışmaları Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından sonuçlandırılmış ve 842/2006 sayılı AB yönetmeliğini esas alan taslak yönetmelik Ocak 2018'de Resmi Gazete'de yayımlanmıştır.

F-Gaz Yönetmeliğinin amacı, florlu sera gazlarından kaynaklanan emisyonları kontrol altına almak üzere, ülkemizin taraf olduğu Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'nin Kyoto Protokolü altında listelenmiş olan florlu sera gazlarının kullanımına dair usul ve esasları düzenlemektir.

Bu yönetmelik; Kyoto Protokolü altında listelenmiş olan florlu sera gazlarının ve diğer florlu maddelerin piyasaya arzına ilişkin yasaklarını, geri kazanımını, geri dönüşümünü, ıslahını ve imha edilmesini, florlu sera gazı içeren cihaz ve ürünlerin etiketlenmesi ve sızıntılarının önlenmesini ve bu faaliyetleri yürüten şirket ve personelin eğitim ve sertifikasyonunu ve bu maddelere ilişkin bilgilerin rapor edilmesini kapsar.

Etiketleme

Yönetmeliğe göre, florlu sera gazı içeren cihaz, ürün veya soğutucu akışkan silindirlere etiketlenmesi gerekmekte ve etiket üzerinde aşağıda belirtilen bilgiler yer almalıdır.



Şekil 2.3 Örnek etiketleme

Cihaz, ürün veya silindirin florlu sera gazı içerdiği veya işletilmesinde florlu sera gazlarının kullanıldığına dair ifade, Florlu sera gazlarının endüstriyel ya da kimyasal adını; 01 Ocak 2017'den itibaren; cihaz, ürün veya silindirde yer alan florlu sera gazlarının ağırlık ve Ton CO₂ eşdeğerini de içermelidir.

Sızıntı Kontrolleri

Taslak yönetmelikte, florlu sera gazı içeren cihaz ve ürünler,

- 3 kg ve üzeri florlu sera gazı içeriyorsa - 12 (on iki) ayda bir,
- 30 kg ve üzeri florlu sera gazı içeriyorsa - 6 (altı) ayda bir,
- 300 kg ve üzeri florlu sera gazı içeriyorsa - 3 (üç) ayda bir muhtemel bir sızıntı için sertifikalandırılmış teknik elemanlar tarafından denetlenecektir.
- 01 Ocak 2017'den itibaren, 300 kg ve üzeri florlu sera gazları içeren cihazlar için sabit sızıntı tespit sistemleri monte edilir ve bu sistem, 12 (on iki) ayda bir kontrol edilecektir, ifadesi yer almaktadır.

Not: AB'de 2006 yılında yayımlanan yönetmelikte sızıntı kontrolü konusunda tüm sorumluluğu işletmeciye (operatör) verirken, 2014 tarihli revizyonda işletmeci bu sorumluluğu, yönetmelik kapsamında sertifikalandırılmış servis şirketlerine yapılacak bir sözleşme dahilinde devredebiliyor.

Diğer bir farklılık ise, soğutucu akışkan miktarlarında göze çarpmaktadır. Eski AB yönetmeliğinde (842/2006) sızıntı kontrolü için alt sınır 3 kg soğutucu akışkan iken, yeni yönetmelikte (517/2014) sınır, Ton CO₂ cinsinden ifade edilmektedir.

Şahıs Sertifikasyonu

- Soğutma, iklimlendirme, ısı pompası, yangından koruma, elektrikli şalt cihazlarının kurulumunu, bakımını veya teknik servisini, onarımını veya hizmetten çıkarılmasını gerçekleştiren, bu cihazlarda sızıntı kontrolü yapan veya bu cihazlardan florlu sera gazları geri kazanımı yapan gerçek kişiler, faaliyetlerine uygun bir şahıs sertifikasına sahip olmak zorundadır.
- Florlu sera gazı içeren solvent içeren cihazlardan florlu sera gazlarının geri kazanımını yapan gerçek kişiler, bir şahıs sertifikasına sahip olmak zorundadır.

Şirket Sertifikasyonu

Soğutma, iklimlendirme, ısı pompası cihazı ve yangından koruma cihazlarının kurulumunu, bakımını veya teknik servisini, onarımını veya hizmetten çıkartılmasını gerçekleştiren tüzel kişilikler bir şirket sertifikasına sahip olmak zorunda olacaktır.

SORULAR VE CEVAPLAR

Florlu Gazlar (F-Gaz) yönetmeliği kapsamındaki eğitim ve sertifikasyon gereklilikleri nelerdir?

Eğitim ve sertifikasyon F-Gaz yönetmeliğinin en önemli maddesidir. Servis teknisyenlerinin montaj, bakım ve F-Gaz içeren ömrünü tamamlamış cihazlardaki emisyonları nasıl en aza indirecekleri konusunda teorik ve pratik yeterliliklere sahip olmasını amaçlamaktadır.

“Montaj” ne anlam ifade etmektedir?

Sahip olunması gereken minimum yeterliliklere yer veren EC/303/2008 sayılı AB tebliği bu ifadeyi, soğutma sisteminin değişik parçalarını sahada bir araya getirme faaliyetlerini içeren geniş bir aralıkta tanımlamıştır. Florlu sera gazları içermek üzere tasarlanmış sisteme ait iki veya daha fazla elemanın veya devrenin, işletileceği mekanda bir araya getirilmesi süreci olarak değerlendirmiştir.

Yönetmelikte yer alan “bakım ve servis” kelimeleri ne anlama gelmektedir?

EC/303/2008 sayılı tebliğ bakım ve servis işlemlerini; geri kazanım ve sızdırmazlık kontrolü dışında, florlu sera gazları içeren ve bu amaçla tasarlanmış soğutma sistemlerinin bir ya da birden fazla devre elemanlarının sökülmesi, yeniden montajı ve kaçaklarının onarılması şeklinde tanımlamıştır.

Eğitim ve sertifikasyon zorunluluğu hangi faaliyetleri kapsamaktadır?

Florlu soğutucu akışkan (özellikle HFC) içeren sabit iklimlendirme, soğutma ve ısı pompası sistemleri ile çalışan personelin aşağıdaki faaliyetleri kapsayan uygulamalar için sertifika alma zorunluluğu vardır.

- Montaj
- Sızdırmazlık kontrolü
- Bakım ve servis
- Soğutucu akışkan (soğutucu akışkan) geri kazanım
- Devreden çıkarma (ömrünü tamamlamış sistemlerin demontajı)



Not: AB 517/2014 sayılı yeni F-Gaz yönetmeliğinde, frigorifik kasalı kamyonlar ve soğutma sistemi ile donatılmış römorklar da kapsama alınmışlardır.

Yönetmelik kapsamında uygulanması muhtemel eğitim programında neler yer almaktadır?

Eğitim programlarının aşağıdaki başlıkları içermesi beklenmektedir.

- yönetmelik ve teknik standartlar hakkında bilgi
- emisyonun önlenmesi
- florlu sera gazlarının geri kazanımı
- verilecek olan sertifikanın kapsayacağı tip ve kapasitedeki cihazlarla güvenli çalışma ilkeleri

Not: 517/2014 tarihli yeni yönetmelikte, F-Gazların kullanımını azaltacak ya da alternatifi olabilecek teknolojiler ve emniyetli çalışma prensipleri hakkında da bilgi verilmesi zorunludur.

Herkes aynı kategoride sertifikaya mı sahip olacak?

Hayır. EC/303/2008 sayılı AB Tebliği, sabit iklimlendirme, soğutma ve ısı pompası sistemleri üzerinde çalışacak personel için düzenlenecek olan sertifikaları faaliyet alanlarını gözeterek dört kategoriye ayırmıştır. Kategori I, gerçekleştirilecek tüm faaliyetleri kapsarken, diğer kategorilerde bazı kısıtlamalar getirilmektedir. Kategoriler Tablo 2.9'da yer almaktadır.

Tablo 2.9. F-Gaz sertifikasyon sınıfları

Kategori	Kapasite	Müsaade edilen faaliyetler
I	Her kapasite	Sızdırmazlık kontrolü, soğutucu akışkan geri kazanım, montaj, bakım ve servis
II	< 3kg*	Soğutucu akışkan geri kazanım, montaj, bakım ve servis, sızdırmazlık kontrolü (sistemi atmosfere açık hale getirecek servis faaliyetlerini gerçekleştiremez)
III	< 3kg*	Soğutucu akışkan geri kazanım
IV	Her kapasite	Sızdırmazlık kontrolü (sistemi atmosfere açık hale getirecek servis faaliyetlerini gerçekleştiremez)

* < 6 kg - eğer üzerinde servis valfi vb. olmayan hermetik sızdırmaz bir sistem ise.

Servis şirketlerinin sertifika alma zorunluluğu var mıdır?

Sabit iklimlendirme, soğutma ve ısı pompası sistemlerine hizmet veren servis şirketlerinin sertifika alma zorunluluğu vardır. Yönetmelik kapsamındaki faaliyetleri 3. şahıslar adına gerçekleştiren şirketlerin sertifikalandırılması gerekmektedir. Bu kural, şahıs şirketleri ve limited şirketler için de geçerlidir.

Bu servis şirketlerinde çalışacak teknik elemanların da EC/303/2008'de belirtilen yeterliliklere dayanan sertifikaları olmak zorundadır. Aynı zamanda şirketin, yönetmelikte belirtilen faaliyetleri yürütmeye yeterli sayı ve nitelikte ekipmana sahip olması beklenmektedir.

Yönetmelik hükümlerine tabi olmayan faaliyetler ve personel tanımını yapar mısınız?

- Sertifikalı teknik elemanların gözetiminde çalışan stajyer iseniz,
 - İklimlendirme, soğutma ve ısı pompası sistemlerindeki lehim ve kaynak işlerini yapan kişiler bu alanda ulusal ya da uluslararası yeterliliklerini belgeleyen sertifikaya sahip iseler ve F-Gaz sertifikalı bir teknik elemanın gözetiminde çalışıyorlarsa,
 - WEEE Direktifi kapsamında 3kg'den daha az F-Gaz içeren hurda cihazlardan geri toplama işinde çalışıyorsanız,
 - İklimlendirme, soğutma, ısı pompası alanlarında üretim yapıyorsanız ve tüm onarım işlerini üretim alanında gerçekleştiriyorsanız,
- bireysel ya da şirket sertifikasına sahip olmanız beklenmeyecektir.

Kaynaklar

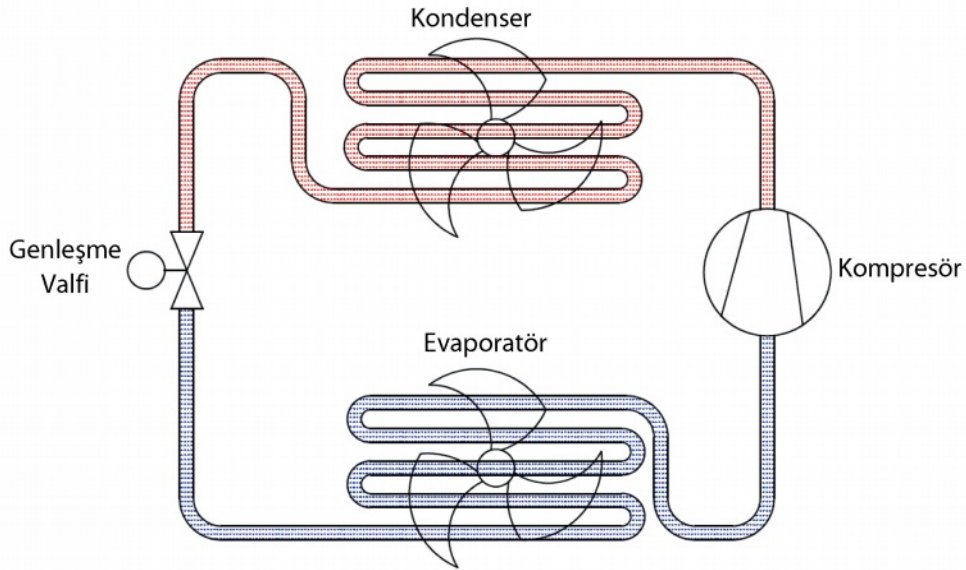
- [1] İSA, K., ONAT, A., İklimlendirme ve Soğutma Sistemlerinde Enerji Verimliliği, Genişletilmiş 2. Baskı, Friterm Yayınları, Eylül 2017, ISBN: 978-975-6263-33-4.
- [2] Real Alternatives 4 LIFE AB Projesi, <https://www.realalternatives.eu>, 21 Ocak 2019'da erişildi.
- [3] İSA, K., AB Florlu Sera Gazları Yönetmeliği, Friterm Yayınları, 2016.

BÖLÜM 3

BUHAR SIKIŞTIRMALI MEKANİK SOĞUTMA ÇEVİRİMİ VE ELEMANLARI

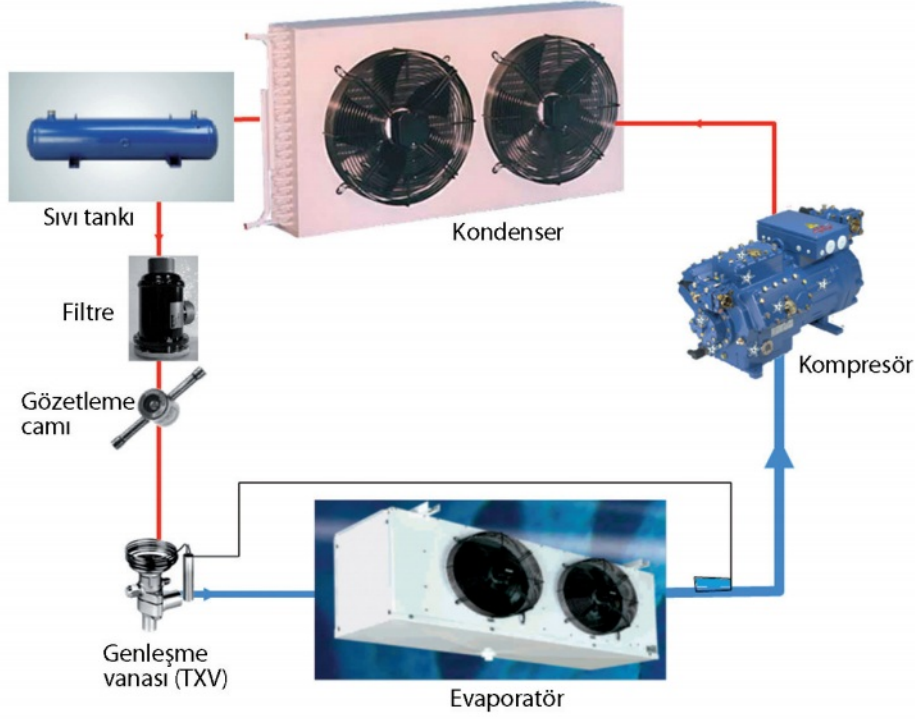
3.1. BUHAR SIKIŞTIRMALI MEKANİK SOĞUTMA ÇEVİRİMİ

Buhar sıkıştırırmalı mekanik soğutma sistemleri, dört temel elemandan (kompresör, kondenser, evaporatör, genişleme valfi) oluşan ve boru içerisinde soğutucu akışkan dolaştırılan kapalı bir çevrimdir. Şekil 3.1’de temel soğutma çevrimi şematik olarak gösterilmektedir.



Şekil 3.1. Temel soğutma çevrimi.

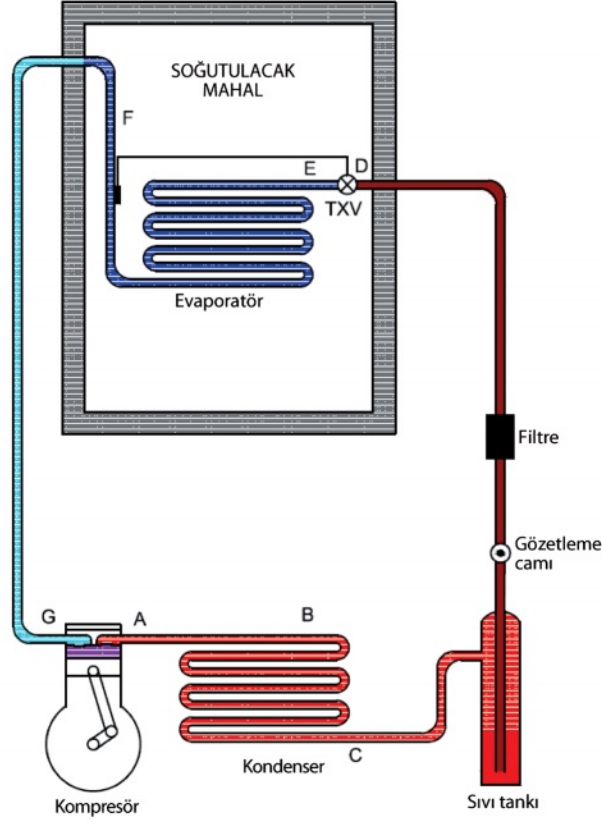
Mekanik sıkıştırırmalı soğutma sisteminde kullanılan yardımcı elemanlar (sıvı tankı, filtre, gözetleme camı, emiş akümülatörü, yağ ayırıcı, titreşim alıcı, servis vanaları, karter ısıtıcı vb.) soğutma sisteminin daha güvenli ve verimli çalışmasını sağlayan elemanlardır. Şekil 3.2’de buhar sıkıştırırmalı mekanik soğutma sistemi temel ve bazı yardımcı elemanları gösterilmektedir.



Şekil 3.2. Buhar sıkıştırımlı mekanik soğutma sistemi ve bazı yardımcı elemanları

Şekil 3.3’de mekanik sıkıştırımlı soğutma çevriminde kullanılan temel elemanlar, boru hatları, akışkanın faz durumları verilmektedir. Soğutma sistemlerinde buhar sıkıştırmaya göre tasarlanan kompresörler, evaporatörden alınan düşük basınç-sıcaklıktaki kızgın buhar halindeki soğutucu akışkanı, yüksek basınç-sıcaklıkta kondensere gönderen mekanik elemanlardır (G-A, sıkıştırma). Kompresör ile kondenser arası basma hattı olarak ifade edilir (A-B). Kompresörden gelen kızgın buhar halindeki soğutucu akışkanın yoğuşmasını sağlayarak sıvı hale dönüştüren elemana kondenser veya yoğuşturucu adı verilir (B-C, yoğuşturma). Kondenser girişinde kızgınlığı alınan akışkan, daha sonra yoğuşmaya başlar ve çıkışta tamamen sıvı hale gelmesi beklenir.

Kondenserde yoğuşan soğutucu akışkan ortama gizli ısı verir ve faz değiştirir. Bu esnada (borulardaki basınç kayıpları ihmal edilirse) akışkanın sıcaklığı sabit kalır. Kondenser çıkışı ile genleşme elemanı girişi sıvı hattı olarak ifade edilir (C-D). Sıvı deposundan gelen sıvı soğutucu akışkanın geçişini çeşitli metotlarla kısıtlayarak evaporatörde düşük basınç oluşmasını, dolayısıyla soğutucu akışkanın buharlaşma basınç ve sıcaklığını düşüren genleşme elemanıdır (D-E). Çok çeşitli tip ve kapasitelerde genleşme elemanı kullanılmaktadır. Genleşme elemanında basıncı düşürülen soğutucu akışkanın düşük sıcaklıklarda buharlaşarak ortamdaki ısı çektiği eleman buharlaştırıcı veya evaporatördür (E-F). Evaporatör çıkışı ile kompresör girişi emiş veya dönüş hattı olarak ifade edilmektedir (F-G).



Şekil 3.3. Buhar sıkıştırırmalı mekanik soğutma sistemi ve faz değişiklikleri

Burada;

- A-B arası; basma hattı veya gidiş hattı, yüksek basınç, kızgın buhar
- B-C arası; kondenser, yüksek basınç, kızgın buhar+doymuş buhar+doymuş sıvı +sıvı
- C-D arası; sıvı hattı, yüksek basınç, sıvı
- D-E arası; genleşme vanası, adyabatik basınç düşümü
- E-F arası; evaporatör, alçak basınç, sıvı+doymuş sıvı+doymuş buhar+kızgın buhar
- F-G arası; emiş veya dönüş hattı, alçak basınç, kızgın buhar
- G-A arası; kompresör, alçak basınç+yüksek basınç, kızgın buhar
- A-D arası; yüksek basınç
- E-G arası; alçak basınç

bölgelerini ifade etmektedir.

3.2. SOĞUTMA SİSTEMİNİN TEMEL ELEMANLARI

Buhar sıkıştırırmalı mekanik soğutma sistemleri kompresör, kondenser, evaporatör ve genleşme elemanı olmak üzere dört temel elemandan oluşmaktadır.

3.2.1. Kompresörler

Buhar sıkıştırırmalı mekanik soğutma sistemlerinin kalbi kompresörlerdir. Kompresörlerin iki temel fonksiyonu vardır;

- 1) Soğutma sisteminde akışkan dolaşımını sağlamak,
- 2) evaporatörden alçak basınçta ve kızgın buhar halinde çıkan soğutucu akışkanı emerek yüksek basınçta kondenserde yoğunlaşmasını sağlamak için sıkıştırma işlemi yapmaktır.

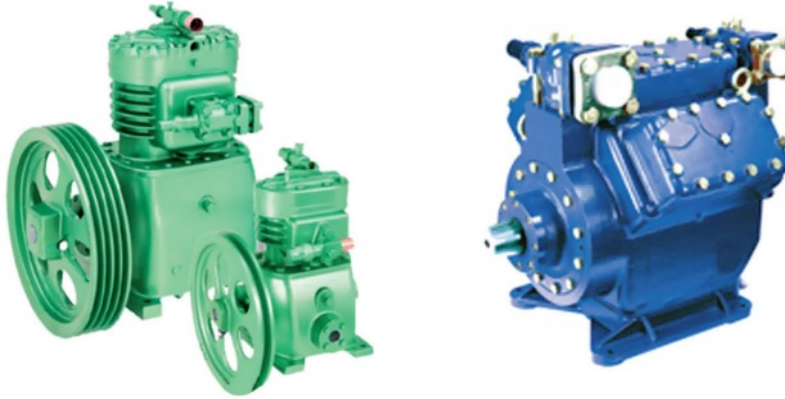
Soğutma kompresörleri buhar sıkıştırmaya göre tasarlanmıştır. Soğutma kompresörlerine akışkanın sıvı olarak gelmesi istenmez. Sıkıştırma işlemi esnasında kompresörlere sıvı yürümesinin önlenmesi için özel önlemler alınır. Buharlaştırmacıdan çıkan buharı yoğunlaşma basıncına çıkarmak için, farklı tiplerde kompresörler kullanılmaktadır. Soğutma sistem-

lerindeki kompresörler gövde yapılarına göre üç ve sıkıştırma mekanizmalarına göre ise beş grup altında incelenebilir.

3.2.1.1. Gövde yapılarına göre soğutma kompresörleri

- a) Açık tip kompresörler
- b) Hermetik kompresörler
- c) Yarı-hermetik kompresörler

a) Açık Tip Kompresörler: Dış tahrik, genellikle elektrik motoru veya bazen bir motor olabilir (örneğin dizel motor). Kompresör kayış tahrikli veya dişli tahrikli olabilir. Açık tip kompresörler normalde orta ve büyük kapasiteli soğutma sistemlerinde bütün soğutucu akışkanlar ve özellikle amonyak için tercih edilirler. Amonyak, hermetik kompresörlerin elektrik motorlarında kullanılan malzemeler uyumlu olmadığından dolayı açık tip kompresörlerde kullanılır. Açık tip kompresörlerin; verimi yüksek, yapıları esnek, kompresör başlıkları daha kolay soğutulur ve tamir-bakım hizmetleri daha kolay olmaktadır. Olumsuz yanı ise milin bağlantı yerindeki contadan akışkan kaçakları tamamen önlenememektedir. Bu nedenle, açık tip kompresör kullanılan soğutma sistemlerinde soğutucu akışkan sızıntısına karşı önlem alınmalı ve contaları değiştirmek için düzenli bakım gerçekleştirilmelidir. Şekil 3.4'de açık tip kompresörler gösterilmektedir.



Şekil 3.4. Açık tip kompresörler

b) Hermetik Kompresörler: Soğutucu akışkan kaçaklarını engellemek için motor ve kompresör aynı gövde içine yerleştirilmiştir. Soğutucu akışkan giriş-çıkış ve güç giriş noktaları için kaynaklı bağlantılar bulunmaktadır. Bu tür kompresörlerden soğutucu akışkanın kaçması söz konusu değildir. Bütün motorlarda endüksiyon akımı ve sürtünmeden dolayı güç kaybı oluşur. Benzer şekilde kompresörler de sürtünmeden ve aynı zamanda sıkıştırma esnasında sıcaklığının artmasından dolayı güç kaybına uğrar. Açık tip kompresörlerde, kompresörün ve elektrik motorunun verimli çalışması için hava ile soğutulması sağlanır. Hermetik kompresörlerde hem kompresör hem de motor tek bir gövde içinde olduğundan dolayı, ısıyı uzaklaştırma daha zordur. Bu nedenle, emiş gazı kompresöre girmeden önce motor ve kompresörün üzerinden geçirilerek etkin bir soğuma gerçekleştirilir. Bu işlem motorun fazla ısınmamasını sağlar. Motor sargıları soğutucu akışkanla doğrudan temas eder.

Bu yüzden hermetik kompresörlerde kullanılan soğutucu akışkanların elektriği iletme direncinin yüksek olması istenir. Soğutma kapasitesi soğutucu akışkanın debisine, sıcaklığına ve ısıl özelliklerine bağlıdır. Eğer debi yeterli değil ve/veya sıcaklık yeterince düşük değilse, motorun sarımının üzerindeki izolasyon yanabilir veya sargılarda kısa devre oluşabilir. Bu nedenle, hermetik kompresörler tasarım sıcaklığı şartlarında tatmin edici ve güvenli performans değerleri vermektedir. Ancak tasarım dışı koşullarda verimleri çok düşük olduğundan bu şartlarda çalıştırılmaları önerilmemektedir. Şekil 3.5'de hermetik tip kompresörler gösterilmektedir.



Şekil 3.5. Hermetik tip kompresörler

Soğutma etkisinin bir kısmı motor ve kompresörün soğutulmasında kullanıldığı için, hermetik kompresörlerin EER değerleri açık tip kompresöre göre daha düşüktür. Bununla birlikte, hermetik kompresörler neredeyse dünyanın her yerinde ev tipi soğutucular, su sebilleri, klimalar gibi küçük kapasiteli sistemlerde çok yaygın olarak kullanılmaktadır. Buna ilave olarak, genleşme elemanı olarak kılcal boru kullanılan ve kritik soğutucu akışkan şarjı yapılan (küçük kapasiteli) sistemlerde hermetik kompresörlerin kullanılması idealdir. Hermetik kompresörler tamir edilmezler, gerektiğinde yenisi ile değiştirilirler. Değiştirme yapılırken aynı özellik ve kapasitede kompresör kullanılması gereklidir.

c) Yarı-Hermetik Kompresörler: Genellikle hermetik kompresör uygulamalarına göre daha büyük kapasiteli soğutma sistemlerinde kullanılırlar. Yarı hermetik kompresörler, hermetik ve açık tip kompresörlerin arası bir sınıfı temsil etmektedirler. Silindir başlıkları çıkartılabilir ve tamir edilebilir tip soğutma kompresörleridir. Bu şekilde vanaların ve pistonların bakımı yapılmaktadır. Şekil 3.6'da yarı hermetik tip kompresörler verilmiştir.



Şekil 3.6. Yarı hermetik kompresörler

3.2.1.2. Sıkıştırma mekanizmalarına göre soğutma kompresörleri

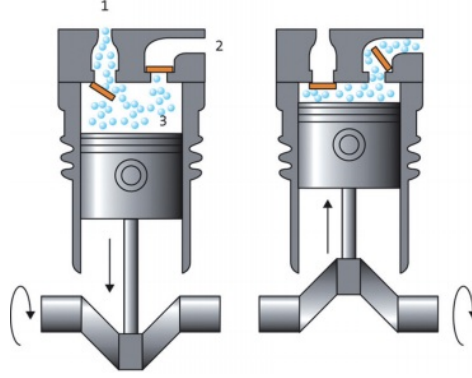
Buharı sıkıştırmak için çok farklı yöntemler vardır. Günümüze kadar sıkıştırma prensibine göre çok farklı tipte kompresörler geliştirilmiştir. Gerçek gruplandırmanın sıkıştırma veya çalışma prensiplerine göre yapılması daha uygundur. Örnek olarak pistonlu kompresörlerin hermetik, yarı hermetik ve açık tipleri bulunurken, sarmal kompresörlerin sadece hermetik ve yarı-hermetik tipleri mevcuttur. Uygulamada sıkıştırma veya çalışma sistemlerine göre kompresörlerin beş farklı tipi vardır.

- 1) Pistonlu kompresörler
- 2) Dönel (rotary) kompresörler
- 3) Vidalı kompresörler
- 4) Sarmal (scroll) kompresörler
- 5) Santrifüj kompresörler

1. Pistonlu kompresörler

Pistonlu kompresörler günümüze kadar klima ve soğutma uygulamalarında en yaygın olarak kullanılan sıkıştırma elemanlarıdır. Son yıllarda uygulama alanına göre diğer kompresörler de yaygın kullanım alanı bulmaya başlamıştır. Örneğin, su soğutma gruplarında belli bir kapasiteye kadar vidalı, daha yüksek kapasiteli uygulamalarda santrifüj kompresörler kullanılmaktadır.

Pistonlu kompresörlerde sıkıştırma işlemi silindir içerisindeki pistonun ileri-geri hareketi ile gerçekleşir. Tahrik motorunun oluşturduğu dairesel hareket krank-biyel mekanizması ile doğrusal harekete dönüştürülür. Pistonlu kompresörler piston ve silindir haricinde biyel kolu, krank mili, kompresör gövdesi, ana yataklar, silindir kapakları, emiş ve basma valfları, segman ve diğer küçük bağlantı ve sızdırmazlık elemanlarından oluşmaktadır. Dış yapılarına göre pistonlu kompresörlerde hermetik, yarı-hermetik ve açık tip yapılar bulunmaktadır. Şekil 3.7’de pistonlu kompresörlerin sıkıştırma işlemi verilmektedir.



Şekil 3.7. Pistonlu kompresörlerin sıkıştırma işlemi

Üst Ölü Nokta (ÜÖN) Pozisyonundaki Piston

Şekil 3.7’de görüldüğü gibi pistonun başlangıçta silindirin içinde üstte olduğunu düşünelim. Buna pistonun üst ölü nokta konumu denir. Bu konumda daha önce sıkıştırılmış olan soğutucu akışkan basma valfine gelir ve buradan sisteme gönderilir. Daha sonra piston, üst ölü nokta konumundan aşağı yönde hareket etmeye başlar. Bu aşamada basma vanası kapanır ve emiş vanası açılmış olur. Emiş borularından gelen soğutucu akışkan emiş valfinin açılması ile silindirin içine alınır. Piston aşağı doğru hareket ettikçe, silindirin içine alınan soğutucu akışkanın miktarı artar. Piston alt noktadaki konumuna ulaştığında, alt ölü nokta pozisyonunda olduğu söylenir. Bu konumda silindir veya kompresör tarafından maksimum miktarda soğutucu akışkan emilmiştir olur.

Alt Ölü Nokta (AÖN) Pozisyonundaki Piston

AÖN pozisyonunda, maksimum miktarda soğutucu akışkan soğutma sisteminin emiş hattından silindirin içine alınmıştır. Piston yukarı doğru hareket etmeye başlar ve bu da soğutucu akışkanın sıkıştırılması ve dolayısıyla basıncının artmaya başlamasına anlamına gelir. Silindirin içindeki soğutucu akışkanın basıncı yüksek olduğundan dolayı, emiş valfi kapanır. Krank milinin hareket etmesiyle, piston yukarı doğru hareket edip soğutucu akışkanı sıkıştırmaya devam eder. Sıkıştırma işleminin sonunda, basma valfi açılır ve soğutucu akışkan basma hattına veya kondensere gönderilir. Krank milinin dönme hareketinden dolayı, pistonun emme basma hareketi silindir içinde devam eder ve sonunda silindirin içindeki bütün soğutucu akışkanın basma hattına gönderildiği ÜÖN pozisyonuna ulaşır ve basma valfi kapanır. Bundan sonra piston tekrar AÖN pozisyonuna doğru hareket etmeye başlar ve bu şekilde kompresör çalışmaya devam eder.

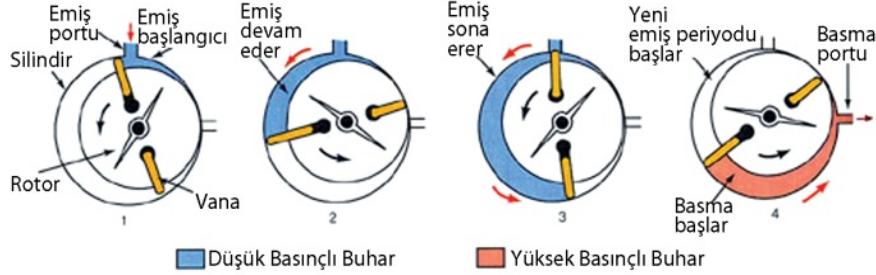
Pistonun ve silindirin üst konumları arasında biraz boşluk kalır. Bu hacme “boşluk hacmi” adı verilir. Bu hacim aynı zamanda alttaki AÖN pozisyonunda da mevcuttur. Böylece pistonun içinde iki tane piston darbesi olur. Bunlar emme darbesi ve basma darbesidir. Evaporatör ve kondenser basınçlarına göre pistonlu kompresörlerde verimi etkileyen temel parametreler aşağıda verilmektedir.

- Süpürme hacmine göre kompresörün kütleli debisi,
- Kompresörün harcadığı güç,
- Kompresörün çıkış sıcaklığı,
- Kısmi yüklerdeki çalışma performansı,
- Sıkıştırma oranı.

2. Dönel (paletli) kompresörler

Klima cihazlarında kullanılan kompresör modellerinden biridir. Az yer kaplaması, pistonlu kompresörlere oranla daha az enerji harcaması ve daha sessiz çalışmaları en büyük avantajları olmuştur. Dönel kompresörlerde, silindirin içindeki

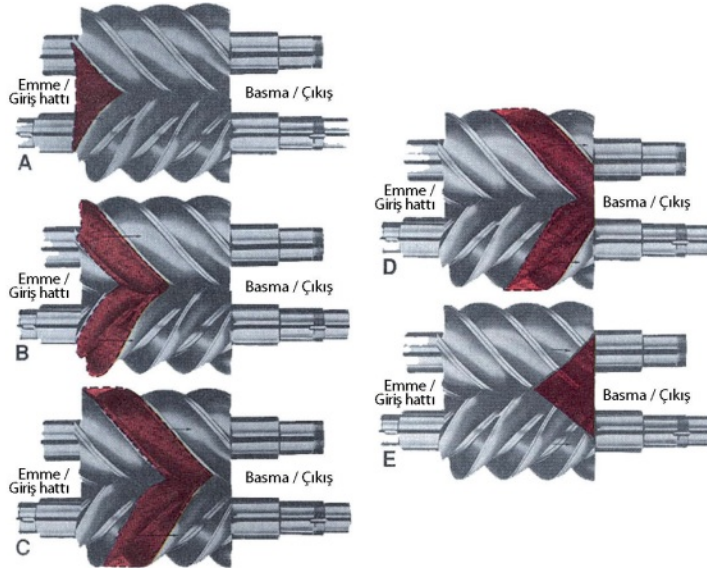
rotorun dönme hareketiyle soğutucu akışkanın sıkıştırma işlemi gerçekleşir. Rotor bir milin etrafında (merkezin dışında) merkezkaç hareketiyle döner. Böylece silindirin bu kısmı her zaman silindirin iç yüzeyine temas eder. Yayla çalışan kanatçık her zaman rotora sürtünür. İki tane temas noktası silindirin içinde sürekli hacmi değişen iki farklı bölme oluşturur. Rotor dönerken belli bir noktada giriş valfi açılır ve bir miktar soğutucu akışkan, silindir içinde oluşturulan bölmelerden birine emilerek alınır. Silindir dönmeye devam ettikçe, soğutucu akışkanın bulunduğu bölmenin hacmi azalır ve soğutucu akışkan sıkışır. Basma valfi açık hale geldiğinde, yüksek basınçlı soğutucu akışkan basma valfini açılmaya zorlar ve soğutucu akışkan sisteme gönderilir. Soğutucu akışkan emme ve sıkıştırma işlemi aynı anda olduğu için dönel veya rotary kompresörler çok verimlidir. Şekil 3.8’de dönel (paletli) kompresörlerin sıkıştırma işlemi verilmektedir.



Şekil 3.8. Dönel (paletli) kompresörlerin sıkıştırma işlemi

3. Vidalı kompresörler

Vidalı kompresörlerde bir çift sarmal rotor kullanılır. Rotorlar döndükçe uçlarındaki interlob boşlukları kapatılarak birbirine geçer. Giriş ucundaki bir interlob alan açıldıkça, soğutucu akışkan içeri doğru emilir. Rotorlar dönmeye devam ettikçe, interlob alan içine alınan soğutucu akışkan rotorların uzunluğu boyunca sıkıştırılır. Sonuçta interlob alanın hacmi azalır ve soğutucu akışkan sıkışır. İnterlob diğer uca (erkek ve dişi) ulaştığında soğutucu akışkan sıkıştırılmış olur. Şekil 3.9’da vidalı kompresörlerin soğutucu akışkanın sıkıştırma işlemi gösterilmektedir.

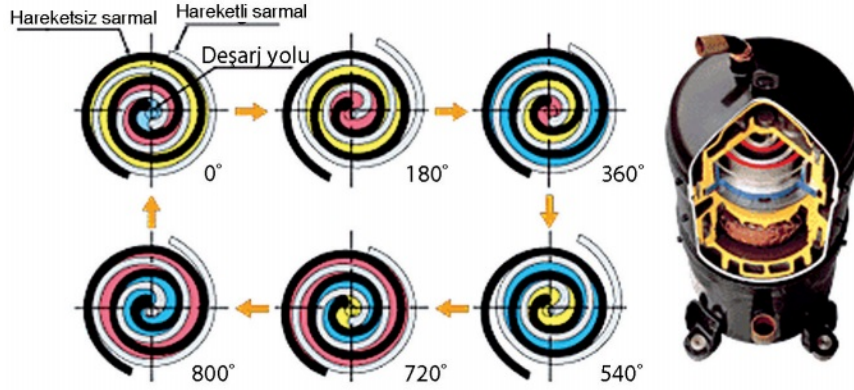


Şekil 3.9. Vidalı kompresörlerin sıkıştırma işlemi

4. Sarmal (Scroll) kompresörler

Son yıllarda klima cihazlarında çok sık rastladığımız kompresör modelidir. Sessiz çalışmalarını ve düşük enerji sarfiyatları en büyük özellikleridir. Daha çok küçük tip split klima cihazlarında kullanılır. Her biri spiral şeklinde olan iki metal levhadan oluşur. Levhanın biri sabit, diğeri ise dönme hareketi yapar. İki spiral, alın altına dönerken buhar spiralin merkezine doğru sıkıştırılır. Sarmal kompresörler tam ve yarı hermetiktir. Spiral seti, kavrama, motor ve yatakları, silindir şeklinde kaynaklı çelik bir gövde içine yerleştirilmiştir. İklimlendirme ve soğutmada kullanılan sarmal kompresörlerin çoğu dikey konumlandırılmış, spiral çark setleri motor milinin üst ucuna monte edilmiştir. Değişik üreticilerin sarmal kompresörleri arasında yapısal farklılıklar olmasına rağmen temel özellikleri farklı değildir. Sarmal kompresörlerin

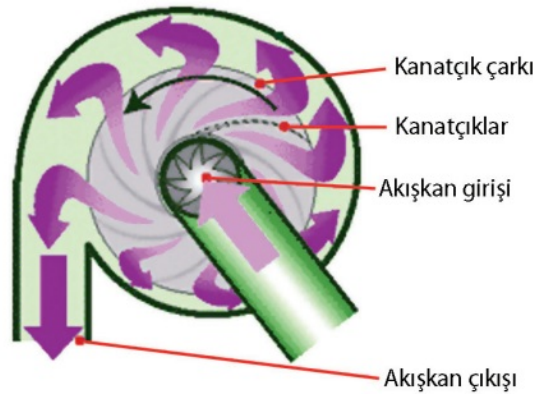
korunması basittir ve diğer kompresör tiplerindeki korumadan çok farklı değildir. Sarmal kompresörler; aşırı basınç, aşırı sıcaklık artışı, ters dönme ve kompresöre sıvı yürümesine karşı korunmalıdır. Tam ve kısmi yüklerde verimleri iyidir. Çok az sayıda hareketli parçaları nedeniyle sessiz çalışırlar. Titreşim seviyeleri oldukça düşüktür. Sızdırmazlıkları iyi hareketli parçalar arasında sürtünme seviyesi düşüktür. Hermetik yapıları olduğu için kompresör arızalarının sahada giderilmesi çok zordur. Şekil 3.10'da sarmal kompresörlerin sıkıştırma işlemi gösterilmektedir.



Şekil 3.10. Sarmal kompresörlerin sıkıştırma işlemi

5. Santrifüj kompresörler

Santrifüj kompresörler merkezkaç kuvvetini kullanarak sıkıştırma işlemi gerçekleştirir. Buhar, yüksek devirde dönen çarkın merkezinden emilir ve merkezkaç kuvveti ile çıkış tarafına gönderilir. Çarkın dışında salyangoz biçimindeki zarf yardımıyla buhar, basınçlı olarak basma tarafına yönlendirilir. Santrifüj kompresörler büyük debideki soğutucu akışkanları düşük basınçlara sıkıştırmaya çok uygundur. Bir çarkın ürettiği sıkıştırma kuvveti küçüktür. Böylece santrifüj kompresörlerde genellikle seri olarak dizilmiş birden fazla çark kullanılırlar. Santrifüj kompresörler basit tasarımı ve az sayıda hareketli parçasından dolayı tercih edilirler. Bu kompresörlerin sıkıştırma oranı yüksek değildir, ancak buhar debisi yüksektir. Şekil 3.11'de santrifüj kompresörün sıkıştırma işlemi gösterilmektedir.



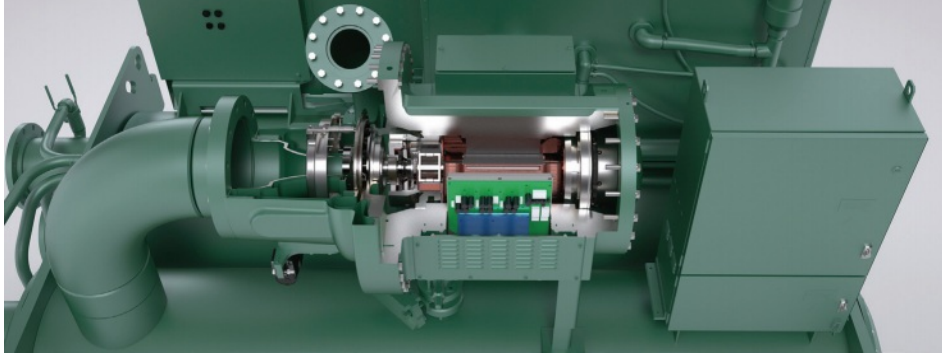
Şekil 3.11. Merkezkaç kompresörlerin sıkıştırma işlemi

3.2.1.3. Manyetik Yataklı Kompresörler

Geleneksel santrifüj kompresörler, belli bir enerji tüketen ve yağlama sistemine gereksinim duyan makaralı ya da hidrodinamik yataklar kullanmaktadır. Son zamanlarda yağ ile ilgili gereksinimleri ortadan kaldıran ve enerji tüketimini azaltan seramik makaralı yatakların HVAC endüstrisinde kullanılmasına başlanmıştır. Bu tür yataklarda, yağlama işlevini soğutucu akışkanın kendisi görmektedir.

Manyetik yatak teknolojisi ise oldukça farklıdır. Dijital olarak kontrol edilen, sürekli mıknatıstan ve elektrik mıknatısından oluşan manyetik yatak sistemi, geleneksel yağlı yatak sisteminin işlevini yerine getirmektedir. Sürtünmesiz

olarak hareket eden kompresör mili, kompresörün yegane hareketli parçasıdır. Mıknatıs etkisi ile oluşturulmuş manyetik bir yastık içinde havada dönen mil, aksenal ve radyal manyetik yataklar ile olması gereken pozisyonda tutulmaktadır. Şekil 3.12'de bir manyetik yataklı kompresör gösterilmektedir.



Şekil 3.12. Manyetik yataklı kompresör

Yataklara enerji verildiğinde, manyetik mille doğrudan bağlantılı olan motor ve çark yükselir. Bu işlem sırasında, sürekli mıknatıslar asıl işi yaparken, elektrikli mıknatıslar ile de hassas bir şekilde konumlama işlevi yerine getirilir. Her bir yataktan gelen dört adet konum sinyali vasıtası ile milin, motorun ve çarkın çok düşük bir tolerans ile istenilen konumda tutulması sağlanır. Bu konumdan bir sapma söz konusu olduğunda, elektrik mıknatıslarının şiddeti ayarlanarak gerekli düzeltme yapılır. Sistemin konumunu kontrol eden yazılım, söz konusu sistemin dengesini bozacak herhangi bir etkiyi telafi edecek şekilde tasarlanmıştır.

Kompresör çalışmaz iken; mil ve mile doğrudan bağlı olarak çalışan motor ve çarktan oluşan sistem grafit kaplı radyal olarak yerleştirilmiş olan yataklar üzerinde hareketsiz olarak durmaktadır. Rotor, normalde, manyetik yataklar vasıtası ile diğer metalik yüzeyler ile temas etmeyecek şekilde uygun bir pozisyonda tutulur. Manyetik yataklarda bir arıza oluşması durumunda, kompresörde herhangi bir hasarın oluşması yedek grafit yatakların kullanılması ile önlenmiş olur.

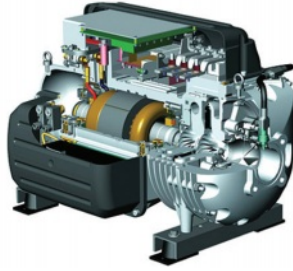
Motorun tahrik kısmında bulunan doğru akım hattındaki bağlantıda oluşabilecek dalgalanmaları önlemek amacıyla kondansatörler kullanılmaktadır. Herhangi bir güç kesintisinin hemen ardından, açılma momentumunu kullanarak elektrik enerjisi üretmeye başlayan motor (ters elektromotor kuvveti olarak da bilinir) bir jeneratör olarak çalışmaya başlar ve böylece kondansatörlerin yüklü şekilde kalmasını sağlar. Kondansatörler ise güç kesintisi süresince, sistemi havada tutan mıknatıslanma için gerekli olan gücü sağlayarak rotorun durmasına ve sistemin tekrar hareketsiz hale gelmesine yardımcı olur. Bu özellik sayesinde kompresör, herhangi bir güç kesintisini normal bir kapama işlemi gibi görmektedir. Şekil 3.13'te manyetik yataklı kompresör dış görünüşü yer almaktadır.



Şekil 3.13. Manyetik yataklı kompresör dış görünüşü (Kaynak: Danfoss)

Geleneksel kompresörlerin kullandığı soğutma sistemlerinde yağlama, soğutma sistemlerinin tasarımında önemli bir yere sahiptir. Kompresörlerde manyetik yatakların kullanılması ile az miktarda bir yağın sadece sızdırmazlık contası ile valflerde kullanılmasına gerek kalmakta; dolayısıyla, yağlama sistemi önemini yitirmektedir. Yağ pompalarının, yağ toplama haznelerinin, ısıtıcıların, soğutucu akışkanların, yağ ayırıcıların kullanılmaması ve bütün bu yağlama sisteminin varlığı nedeni ile gereken servise ve zamana olan ihtiyacın da ortadan kalkması anlamına gelmektedir.

Raporlara göre, birçok uygulamada kompresör bakım maliyetleri %50'den daha fazla azalma göstermektedir. Şekil 3.14'te manyetik yataklı kompresör kesiti gösterilmektedir.



Şekil 3.14. Manyetik yataklı kompresör kesiti (Kaynak: Danfoss)

Birçok hava soğutmalı ürün direkt genleşmeli (DX) buharlaştırıcılar kullanılmaktadır. Yağ, soğutma sistemi içinde dolaşmakta ve daha sonra kartere geri dönmektedir. Yağın kompresöre dönüşünü sağlayan tasarımda, özellikle mekanik parçaların yük altında olduğu ve soğutucu akışkan debisinin düştüğü durumlar için özen gösterilmelidir.

Su soğutmalı chillerlerde ise, az miktarda kompresör yağı bile buharlaştırıcı borularında ısı transferinin ve faydalı yüzey alanının azalmasına ve chiller performansının düşmesine sebep olmaktadır. Performans düşüşünün önlenmesi için, geleneksel sistemlerde yağ kontrol donanımına ihtiyaç vardır. Manyetik yataklar sayesinde bütün bu dezavantajlar bertaraf edilebilmektedir.

Manyetik yataklı kompresör; değişken frekans sürücülü (VFD), sürtünmesiz, doğru akım senkron motor içermektedir. Geleneksel indüksiyon motorlarında bulunan stator sarımlarının yerini sürekli mıknatis işlevi gören rotor almıştır. Redresörden gelen akım ile sarımlar enerji ile yüklenir. Bu sırada herhangi bir çevirici fırçasına gerek duyulmadan stator ve rotor yer değiştirir. Motor ve temel elektronik parçalar kendi içlerinden soğutulduğu için, VFD'nin ve motorun soğutulması için herhangi özel bir sisteme gerek duyulmaz.

Uzun bir geliştirme sürecinden sonra, manyetik yataklı kompresörler; ekonomi, çevre ve enerji verimliliği alanlarında avantajlar sunmaktadır. Bunlar arasında; enerji verimliliği artışı, yağ kullanım zorunluluğunun ortadan kalkması, kompresör ağırlığının, gürültü ile titreşimin önemli ölçüde azaltılmasıdır.

3.2.2. Kondenserler (Yoğuşturucu)

Soğutma sistemlerinde soğutucu akışkanın ortama ısı atarak kızgın buhar halindeki akışkanın sıvı hale geçmesini sağlayan elemanlara kondenser adı verilir. Teorik olarak kondenserden atılan ısı evaporatörden çekilen ve kompresörde harcanan enerjilerin toplamına eşittir.

$$Q_{\text{kondenser}} = Q_{\text{kompresör}} + Q_{\text{evaporatör}}$$

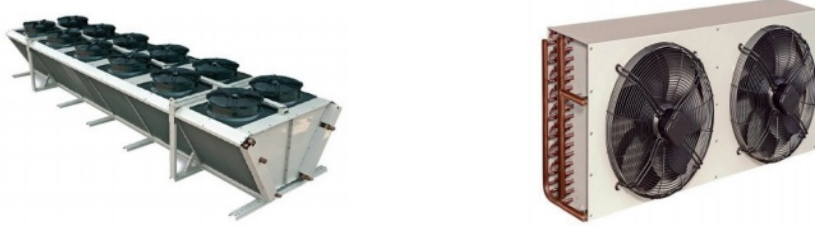
Yalnız soğutma amaçlı kullanılan sistemlerde kondenser kapasitesi evaporatörden daima büyüktür. Kondenser kapasite fazlalığı sistemde kullanılan akışkana, yoğuşma basıncına, evaporatör basıncına ve kompresör tipine göre değişmektedir. Buhar sıkıştırımlı mekanik soğutma sistemlerinde üç farklı tip kondenser kullanılmaktadır;

- 1) Yoğuşturma akışkanı olarak havanın kullanıldığı hava soğutmalı kondenserler
- 2) Yoğuşturma akışkanı olarak suyun kullanıldığı su soğutmalı kondenserler
- 3) Hava ve suyun bir arada kullanıldığı evaporatif kondenserler.

3.2.2.1. Hava soğutmalı kondenserler

Hava soğutmalı kondenserlerde ısı transferi üç safhadan oluşmaktadır. Bunlar soğutucu akışkanın kızgınlığının alınması, faz değişimi (yoğuşturma) ve sıcaklığın yoğuşma sıcaklığının altına düşürülmesi (subcooling) olarak ifade edilebilir. Kondenser yüzey alanının yaklaşık %85'i yoğuşturma (kondenserin asıl görevi) işlevine hizmet eder. Kızgınlığının alınması için yaklaşık %5 ve subcooling için ise harcanan yüzey alanı yaklaşık %10 olmaktadır. Hava soğutmalı

kondenserlerde yoğuşan soğutucu akışkanı kondenserden almak ve depolamak üzere özellikle basınç dūřürücü olarak termostatik genleşme valfi (TXV) ve elektronik genleşme valfi (EEV) kullanılan sistemlerde sıvı (likit) tankı ile kullanılması önerilir. Buradaki amaç, kondenser yoğuşma basıncını artırmamak ve kondenserin faydalı alanını sıvı depolaması için harcamamaktır. Őekil 3.15'te hava soğutmalı kondenserler yer almaktadır.



Şekil 3.15. Hava soğutmalı kondenserler (Friterm A.Ő.)

Halokarbon akışkanlar için genellikle alüminyum boru/alüminyum kanat, bakır boru/alüminyum kanat, bakır boru/bakır kanat ve bakır veya çelik boru/çelik kanat olmak üzere daha farklı tiplerde kondenserler imal edilirler. Alüminyum alaşımı boru/kanat imalatlara da rastlamak mümkündür. Kullanılan boru çapları 1/4" ile 3/4" arasında değişmektedir. 2,5 m/s hava geçiş hızında bu tip havalı kondenserlerin kanatçık yüzey alanı, 3,5 kW soğutma için 9 ila 14 m² arasında değişmektedir. Fan devirleri 900 ile 1400 devir/dak. arasında olmalıdır. Kondenser fanları genellikle aksiyal tiptir, sessiz olması istenen yerlerde radyal fanlar da kullanılabilir. Soğutucu akışkan yoğuşma sıcaklığı ile hava giriş sıcaklığı arasındaki fark ortalama 10-20°C aralığında olmalıdır.

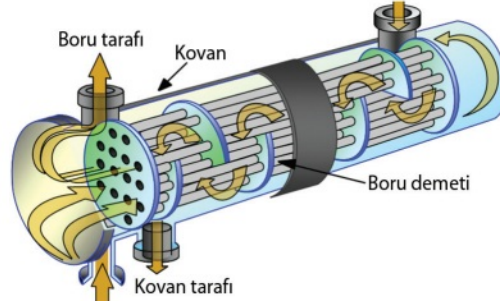
Bugünkü kondenser tasarım Őekli kızgın buhar akışkanın üstten bir kollektörle birkaç veya daha fazla müstakil devreye girmesi, yoğuştukça yer çekimi kuvveti ile aşağı doğru inmesi ve aşırı soğutma sağlanarak çıkışta bir kollektörden alınması Őeklinindedir. Hava soğutmalı kondenserler, grup tertip Őekline göre; kompresör ile birlikte gruplandırılmış ve kompresörden uzak bir mesafeye konulacak tarzda tertiplenmiş (split kondenser) olmak üzere iki grupta toplanmaktadır. Kondenserden hava geçişi dūřey ve yatay yönde olacak tarzda düzenlenebilir. Dięer yandan, kondenser fanı, havayı emici veya itici etkiyle hareketlendirecek Őekilde konulabilir. Bir soğutma sisteminin bekleneni verebilmesi, büyük ölçüde yoğuşma basınç ve sıcaklığının belirli sınırlar arasında tutulabilmesiyle mümkündür.

Isı transferi Őekline bağlı olarak kondenserdeki ısı geçirme katsayıları ile sıcaklık farkı değişik olmaktadır. Ancak kızgınlığın alınması esnasında ortalama sıcaklık farkının fazlalığına karşı daha dūřük bir ısı transferi katsayısı mevcut olmaktadır. Fakat aşırı soğuma sırasında bunun aksine sıcaklık aralığı daha az ve ısı geçirme katsayısı daha fazla olacaktır. Yoęuřma sırasında ise her iki değer de alt-üst seviyelerinin arasında bulunacaktır. Son yıllarda devir kontrollü fanların kullanılması ve yüksek ısı iletim katsayıları sağlayan lamellerin geliştirilmesiyle çok daha büyük kapasitelerde hava soğutmalı kondenserler kullanılmaktadır.

3.2.2.2. Su Soğutmalı Kondenserler

Su soğutmalı kondenserler bilhassa temiz suyun bol miktarda, ucuz ve dūřük sıcaklıklarda bulunabildiği yerlerde gerek kuruluş ve gerekse işletme masrafları yönünden en ekonomik kondenser tipi olarak kabul edilir. Büyük kapasitedeki soğutma sistemlerinde genellikle tek seçim olarak dūřünülür. Su soğutmalı kondenserlerin tasarımı ve uygulamasında boru malzemesinin ısıl geçirgenliği, kullanılan suyun kirlenme katsayısı, su devresinin basınç kaybı, soğutucu akışkanın aşırı soğuma değeri gibi hususlar göz önünde bulundurulmalıdır. Bakır boru kullanılan kondenserlerde halojen tipli soğutucu akışkanlar için genellikle borunun et kalınlığı azdır. Bakırın ısı geçirgenliği de yüksek olduğu için kondenserin tüm ısı geçirme katsayısına iletimin (kondüksiyonun) etkisi azdır ve bu katsayı daha ziyade dış (soğutucu akışkan tarafı) ve iç yüzeyindeki (su tarafı) taşınım katsayılarının değerine bağlı olur. Bazı durumlarda içten veya dıştan yivli borular kullanılır. Et kalınlığı daha fazla ve ısıl geçirgenliği daha az (demir boru gibi) olan borular kullanıldığında, (örneğin, amonyak kondenserlerinde) borudaki iletimli ısı geçişi de toplam ısı geçirme katsayısına oldukça etken olur.

Kirlenme katsayısı, kullanılan suyun zamanla su tarafındaki ısı geçiş yüzeylerinde meydana getireceği kalıntıların ısı geçişini azaltıcı etkisi dikkate almak gerekmektedir. Kirlenme katsayısını etkileyen faktörler kullanılan suyun, içindeki yabancı maddelerin fiziksel özellikleri, yoğunlaşma sıcaklığı, belli aralıklarla kondenser borularının temizlenmesi ve kullanılan temizleyici kimyasalların özelliklerine bağlıdır. Özellikle 50°C'nin üzerindeki yoğunlaşma sıcaklıkları için kirlenme katsayısı, uygulamanın gerektirdiğinden biraz daha yüksek alınmalıdır. 38°C'nin altındaki yoğunlaşma sıcaklıklarında ise bu değer normalin biraz altında alınabilir. Su geçiş hızının düşük olması kirlenmeyi hızlandırır ve 1 m/s'den daha düşük hızlara izin verilmemelidir. Yüzey kalıntıları periyodik olarak temizlenmediği zaman kirlenme olayı gittikçe hızlanacaktır, çünkü ısı geçirme katsayısı zamanla azalacak ve gerekli kondenser kapasitesi ancak daha yüksek yoğunlaşma sıcaklığında sağlanabilecektir. Bu ise kirlenme olayına sebebiyet verecektir. Artan kirlenme ile su tarafı direncinin artacağı ve bunun sonucu su debisinin azalarak yoğunlaşma sıcaklığını daha da artıracığı bilinmelidir. Şekil 3.16'da su soğutmalı Shell & Tube tip kondenser verilmektedir.



Şekil 3.16. Su soğutmalı shell & tube tip kondenser

Su soğutmalı kondenserler, genellikle Shell-Tube tip olarak imal edilirler. Bu tip kondenserlerde boruların içinden su geçerken, boruların dış tarafında (gövde içinde) soğutucu akışkan bulunur. Bu tip kondenserler iki aynalı olarak imal edilirler. Kapakların sökülmesiyle mekanik olarak veya kimyasal yıkama ile temizlenebilirler. Bu tip kondenserlerde genellikle içten yivli ve dıştan ise finli bakır borular kullanılır. Amonyak kondenserlerinde ise dikişsiz çelik çekme borular kullanılır. Bu kondenserlerde gövdenin üst tarafındaki bağlantı; kompresör basma hattından gelen buhar fazındaki soğutucu akışkan girişi, gövdenin alt tarafındaki bağlantı ise sıvı çıkış bağlantısıdır. Bu bağlantılar genellikle birbirlerine göre ters taraftadır. Bu tip kondenserlerde gövde içinde boru boyuna bağlı olarak bir veya iki adet perde bulunur. Shell-Tube kondenserlerde akışı yönlendiren ve borulara destek olan yönlendiriciler bulunur. Bu yönlendiriciler 25-30 cm aralıklar ile yerleştirilir.

Su soğutmalı kondenserler; boru içindeki su hızına bağlı olarak genellikle iki geçişli veya dört geçişli olarak imal edilirler. Su soğutmalı kondenserlerde boru içindeki su hızının 1 m/s ile 2,6 m/s arasında olması tavsiye edilir. Kullanılan soğutucu akışkanın cinsine bağlı olarak kondenserlerin soğutucu akışkan tarafı 30 ile 43 bar, su tarafı ise 10 bar basınç altında sızdırmazlık testine tabi tutulur.

3.2.2.3. Deniz Suyu Soğutmalı Kondenserler

Bu tip kondenserler deniz kenarında kurulu tesislerde veya gemilerin ihtiyacı olan (marine tip) soğutma tesislerinde kullanılırlar. Bu tip kondenserler tasarım şekli açısından su soğutmalı kondensere büyük benzerlik göstermekle beraber, kullanılan malzemeler, uygulamadaki farklılık ve marine uygulaması sebebiyle ihtiyaç duyulan bazı tasarım farklılıkları sebebiyle su soğutmalı kondenserlerden ayrılırlar. Bu tip kondenserlerde dikkat edilmesi gereken en önemli husus, deniz suyu sebebiyle meydana gelen elektroliz etkisini ortadan kaldırmaktır. Bu sebeple bu tip kondenserlerde, uygun malzemelerin kullanılması ve kondenserin anot ile teçhiz edilmesi gereklidir. Bu tip kondenserlerde genellikle üzeri koruyucu kaplı gemi sacından veya deniz suyuna dayanıklı paslanmaz çelik malzemeden aynalar ve kapaklar, bakır-nikel alaşımlı özel borular ve çinko anot kullanılır. Şekil 3.17'de deniz suyu soğutmalı kondenser ve yivli boruları verilmektedir.

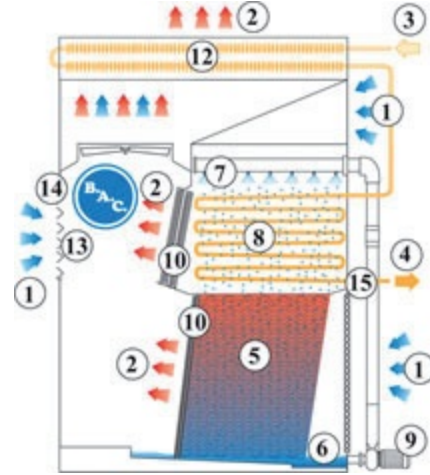


Şekil 3.17. Deniz suyu soğutmalı kondenser ve yivli boruları (Kaynak: Refkar)

Gemilerde kullanılan kondenserlerin (marine tip) tasarımı dikkat edilmesi gereken önemli bir husus vardır. O da, gemilerde seyir esnasındaki dalgalanmaları göz önüne alarak kondensere soğutucu akışkan girişinin üst kısmın orta tarafından yapılması ve bir tarafa likit yığılmasının önlenmesi için, alt taraftaki sıvı çıkış bağlantısının her iki uçta birer adet olmak üzere iki adet yapılması gerektiğidir. Daha sonra bu iki sıvı çıkışı, boru bağlantısı ile orta kısımda birleştirilerek, sıvı hattına devam edilir. Deniz suyu soğutmalı kondenserlerde boru içindeki su hızı 1 m/s ile 2,2 m/s arasındadır.

3.2.2.4. Evaporatif Kondenserler

Evaporatif kondenserler su ve havayı birlikte kullanarak akışkanın yoğuşmasını sağlayan elemanlardır. Evaporatif tip kondenserler endüstriyel soğutma tesislerinde yoğuşturucu olarak kullanılmaktadır. Evaporatif kondenserlerin kapasitesi, soğutma sistemindeki evaporatörün kapasitesi ve kompresör giriş gücü, kondenser yoğuşma sıcaklığı ve dış ortamın yaş termometre sıcaklığına bağlı olarak değişmektedir. Kompresörden gelen kızgın buhar halindeki akışkan (3) no'lu noktadan girer ve (4) no'lu noktadan sıvı olarak çıkması istenir. Kondenser serpantini üzerine su dağıtım nozulları vasıtasıyla su püskürtülür ve diğer taraftan fan yardımı ile alınan hava yine kondenser serpantini üzerinden geçirilir. Su buharlaşırken ısı çekerek akışkanın faz değiştirmesine yani sıvı hale geçmesine neden olur. Hava dışarı atılırken damla tutucu sayesinde hava içerisinde su damlacıkları tutulur ve fazla su kaybı önlenmiş olur. Şekil 3.18'da evaporatif kondenser ve elemanları gösterilmektedir.



Şekil 3.18. Evaporatif kondenser ve elemanları

- | | |
|------------------------|--------------------------------------|
| 1. Hava girişi | 8. Serpantin |
| 2. Hava çıkışı | 9. Su pompası |
| 3. Kızgın buhar girişi | 10. Damla tutucusu |
| 4. Sıvı çıkışı | 12. Kanatlı serpantin |
| 5. Islak yüzey | 13. Hava modülasyon giriş damperleri |
| 6. Soğuk su haznesi | 14. Servo motor |
| 7. Su dağıtım sistemi | 15. Basınç transmittleri |

3.2.3. Evaporatörler (Buharlaştırıcı)

Evaporatörler, genişleme elemanında basıncı düşürülen ve düşük sıcaklıklarda buharlaşan akışkanın, ısı çekerek soğutmayı gerçekleştirdiği elemandır. Diğer bir ifadeyle, evaporatör bir soğutucudur. Evaporatörler kullanım alanı ve uygulamasına göre çeşitli tiplerde dizayn edilmektedir. Kondenserden direkt olarak veya soğutucu akışkan deposundan geçerek genişleme valfinden adyabatik olarak genişletildikten sonra evaporatöre sıvı-buhar karışımı şeklinde giren soğutucu akışkanın girişte büyük bir kısmı sıvı halindedir. Evaporatör çıkışında ise akışkanın tamamen buhar fazında olması istenir. Soğutma işlemi, sıvı haldeki akışkanın evaporatörde buharlaşarak ortamdan ısı çekmesi ile gerçekleşmektedir.

3.2.3.1. Hava Soğutmalı Evaporatörler

Evaporatörleri, basitçe doğal ve zorlanmış taşınım olarak sınıflandırmak mümkündür. Doğal taşınımında soğutucu akışkan, sıcak ve soğuk akışkan arasındaki yoğunluk farkından dolayı hareket eder. Genellikle düşük kapasiteli soğutma sistemlerinde kullanılmaktadır. Uygulamada farklı tiplerde doğal taşınım evaporatörleri mevcuttur. Şekil 3.19'da standart ve tavan tipi oda soğutucuları gösterilmektedir.



Şekil 3.19. Standart ve tavan tipi oda soğutucuları

Zorlanmış taşınım evaporatörlerinde ise, soğutulan hava bir fan veya bir vantilatör vasıtasıyla soğutulacak ortama basılır. Cebri hava sirkülasyonu evaporatörler daha az ısı geçiş alanı ile daha yüksek kapasiteler sağlayabilmektedir. Uygulamanın durumuna uygun ise daima tercih edilirler. Hava hareketi çoğunlukla aksiyal/pervane tipi bazen de radyal/santrifuj tip (kanalla hava iletimi ve aşırı basınç kaybı mevcutsa) fanlarla sağlanmaktadır. Bu cihazlar soğutucu serpantin (evaporatör) fan ve damlama tavası ile sac dış muhafazadan meydana gelmektedir. Fan, üfleyici ve emici şekilde çalışacak tarzda yerleştirilebilir. Şekil 3.20'de aşırı bir buzlanma örneği yer almaktadır. Cebri hava hareketi evaporatörleri üç ana grupta toplamak mümkündür;

- Düşük hızlı soğutucular: Hava hızı 1-1,5 m/s arasında,
- Orta hızlı soğutucular: Hava hızı 2,5-4 m/s arasında,
- Yüksek hızlı soğutucular: Hava hızı 4-10 m/s arasında olmaktadır.



Şekil 3.20. Evaporatörlerde defrost

Bu ünitelerin içerisinde, HCFC, HFC ve karışımları, amonyak, propan, karbondioksit, su, su/glikol karışımı, vb. farklı soğutucu akışkanlar kullanılabilir. Kanatlarda karlanmanın önlenmesi için çeşitli defrost yöntemleri kullanılır. Düşük sıcaklık uygulamalarında evaporatör altındaki su toplama tavası ve tahliye boruları için de defrost uygulaması önerilmektedir. Evaporatörler gaz (genellikle hava), sıvı (su, salamura, antifriz, metilen glikol, kimyasal akışkanlar, vb.) ve

katı (buz, buz paten sahası, katı gıdalar, granül malzemeler, metaller, vb.) haldeki maddeleri soğutmak için kullanılırlar. Uygulamada yapılacak işleme göre çok farklı tipde evaporatör tasarımı yapılmaktadır. Endüstriyel oda soğutucularının bazı tipleri Şekil 3.21’de verilmektedir.



Şekil 3.21. Farklı tipdeki endüstriyel evaporatörler. (Friterm A.Ş.)

Endüstriyel soğutma gruplarında evaporatör buharlaşma sıcaklığı ile oda sıcaklığı ve bağıl nem değerlerine göre Eurovent ENV 328’de tanımlanan DT1 şartları Tablo 3.1’de verilmektedir.

Tablo 3.1. Eurovent ENV 328’de tanımlanan DT1 Şartları

	Oda bağıl nemi (%)	Oda sıcaklığı (°C)	Buharlaşma sıcaklığı (°C)	Sıcaklık Farkı (°C)
SC1	85	10	0	10
SC2	85	0	-8	8
SC3	95	-18	-25	7
SC4	95	-25	-31	6
SC5	95	-34	-40	6

3.2.3.2. Su Soğutmalı Evaporatörler

Sıvı soğutmalı evaporatörler; shell & tube ve plakalı tip evaporatörler olarak iki gruba ayırmak mümkündür. Diğer taraftan shell & tube tip evaporatörler de kendi içlerinde direkt genişlemeli (DX) ve taşmalı (flooded) olarak ikiye ayrılabilir.

a) Direkt Genleşmeli (DX) Evaporatörler

En yaygın olarak kullanılan evaporatör tipidir. Bu tip evaporatörlerde, gövde içinde bulunan bakır boruların içinden soğutucu akışkan geçerken, bakır boruların dış tarafından su veya salamura geçmektedir. Bu tip evaporatörler çift ve tek aynalı olup, genellikle tek aynalılar U-tip bakır boru firkete grubuna, çift aynalıları ise bakır düz boru tipine sahiptir. U-tip bakır boru firkete grupları sökülebilir yapıda oldukları için bakım ve temizlemeye imkan verirler. Gövde tarafı ile boru tarafı arasındaki sızdırmazlık; bakır boruların çelik ayna delikleri makinetto denilen özel işlem usulüyle sabitlenir. Bu tip evaporatörlerde bakır boru firkete grubu üzerinde su yönlendirme perdeleri mevcuttur. Bu perdelerin konulmasının amacı, evaporatör gövdesi içinde sirküle eden sıvının türbülanslı bir akış ile hareket etmesi ve maksimum ısı transferinin sağlanmasıdır. Bu tip evaporatörlerde genellikle içten yivli bakır borular kullanılır. Bu evaporatörlerin gövdeleri üzerinde su giriş/çıkış bağlantıları, hava tahliye ve su boşaltma bransmanları ile duyar eleman cepleri bulunur. Bu tip evaporatörler kapasiteye ve tasarıma bağlı olarak 1, 2, 3 ve 4 gaz devreli olarak imal edilmektedirler. Şekil 3.22’de shell ve tube evaporatörlerin yapısı gösterilmektedir.

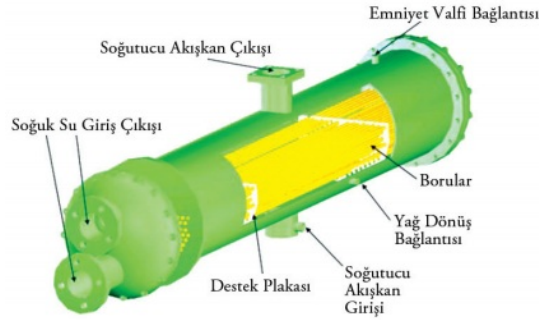


Şekil 3.22. Shell & tube evaporatörlerin yapısı

Kullanılan soğutucu akışkanın cinsine bağlı olarak evaporatörlerin soğutucu akışkan tarafı 30 ile 43 bar, su tarafı ise 10 bar basınç altında sızdırmazlık testine tabi tutulur. Evaporatörler ısı kayıplarına ve terlemeye karşı, çalışma şartlarına bağlı olarak uygun kalınlıkta ve özellikte izolasyon malzemesi ile izolasyonu yapılmalıdır.

b) Taşmalı (Flooded) Evaporatörler

Soğutma sistemlerinde kullanılan taşmalı evaporatörler daha ziyade yüksek kapasiteler için uygun bir tercihtir. Söz konusu evaporatörler shell & tube tipinde imal edilirler. Uygulamada genellikle sıvı haldeki soğutucu akışkan boruların dışında (yani gövde içersinde), soğutulan su veya salamura ise boruların içinde bulunmaktadır. Taşmalı evaporatörler ayrıca gayet büyük hacimli sıvı tutucu separatörlerle teçhiz edilmişlerdir. Bu suretle gövde içinde buharlaşan sıvının, bir şekilde kompresöre yürümesi engellenmiş olmaktadır. Bu işlem evaporatörlerde soğutucu akışkan ile birlikte gelen yağın kompresöre döndürülmesi problemini ön plana çıkarır. Bu nedenle çalışma esnasında bünyesinde yağı birlikte taşımayan akışkanlar için taşmalı evaporatörler tercih edilir. Bu sebeple özellikle amonyak uygulamalarında bu tip evaporatörler kullanılır. Şekil 3.23'de taşmalı tip (Flooded) evaporatörün iç yapısı gösterilmektedir.



Şekil 3.23. Taşmalı tip (Flooded) evaporatörün iç yapısı

Diğer taraftan özellikle büyük kapasitedeki soğutucu akışkanlı sistemlerde de taşmalı evaporatörler kullanılmaktadır. Ancak bu evaporatörlerde yağın kompresöre döndürülmesi problemi vardır. Zira soğutucu akışkan sıvılarının yoğunluğu yağdan daha fazla olduğu için, yağlar soğutucu akışkan sıvısının üstünde toplanır ve gittikçe boruların seviyesine doğru inerek soğutmayı yavaşlatır. Buna engel olmak için gerekli önlemler alınmalı ve yağın kompresöre dönüşü sağlanmalıdır.

Taşmalı evaporatörlerin üzerinde manometre, hava tahliye vanası, sıvı seviyesini belli eden seviye borusu, sıvı giriş bağlantısı, gaz emiş bağlantısı, yağ tahliye vanası, soğutucu akışkan seviye kontrol sistemi, sıvı emniyet seviyesi kontrol sistemi, donma termostatı ve su giriş-çıkış bağlantıları bulunur.

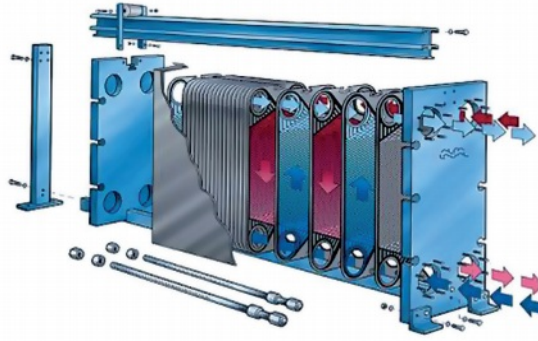
Amonyaklı tip evaporatörlerde normal olarak dikişsiz çelik çekme borular kullanılır. Bu borular çelik aynalara kaynak usulü ile monte edilirler. Halokarbon içeren akışkanlı evaporatörlerde bakır veya bakır alaşımlı borular kullanılır. Bu borular, aynalara makineto usulü ile tespit edilirler. Evaporatörlerde kullanılan bakır veya bakır alaşımlı borular genellikle dıştan yivli borulardır.

Kullanılan soğutucu akışkanın cinsine bağlı olarak evaporatörlerin soğutucu akışkan tarafı 30 ile 43 bar, su tarafı ise 10 bar basınç altında sızdırmazlık testine tabi tutulur. Evaporatörler ısı kayıplarına karşı ve daha da önemlisi terlemeye yönelik izolasyon yapılmalıdır.

c) Plakalı Tip Evaporatörler

Soğutma gruplarında kullanılan evaporatör tiplerinden biri de plakalı tip evaporatörlerdir. Bu tip evaporatörlerin en büyük avantajı eşdeğer kapasitedeki Shell & Tube evaporatörlere göre boyutlarının oldukça küçük olması dolayısıyla cihaz boyutlarının küçülmesi ve fiyat avantajı sağlayabilmesidir. Su-su, su-yağ gibi birçok uygulamada oldukça başarılı olan plakalı eşanjörlerin, soğutucu akışkan-su yani evaporatör uygulamalarında bazı zaafırları mevcuttur. Bu tip eşanjörler kaynaklı olarak imal edilirler. Bu sebeple bu eşanjörlerin sökülerek mekanik olarak temizlenmeleri mümkün değildir. Dolayısıyla kullanılacak suyun çok iyi filtre edilmiş ve çökelti oluşturmayacak karakterde olması

gereklidir. Ancak birçok tesiste bahsedilen özellikte suyun temin edilememesi sebebiyle çalışmaya başladıktan belli süre sonra kirlenme neticesinde donma olayı ile karşılaşmaktadır. Bunun neticesinde ise gaz devresine su karışarak kompresöre, kondensere su yürümekte ve büyük hasarlara sebep olabilmektedir. Şekil 3.24'de plakalı tip evaporatör gösterilmektedir.



Şekil 3.24. Plakalı tip evaporatör

3.2.4. Genleşme Elemanları

Genleşme elemanın temel görevi kondenserden gelen sıvı haldeki yüksek basınçtaki soğutucu akışkanın basıncını evaporatör basıncına düşürmektedir. Genleşme valfi, soğutma sisteminin yük gereksinimine göre, soğutucu akışkanın akışını başlatan, durduran ve modüle eden soğutma kontrol ekipmanlarıdır. Genleşme valflerinden verimli şekilde faydalanabilmek için, sistem yabancı maddelerden, aşırı nemden ve korozyondan korunmalıdır. Valfi bu gibi etkilerden korumak için sisteme, pislik tutucu, filtre veya kurutucu eklenmelidir. Uygulamada çok farklı tiplerde genleşme elemanları kullanılmaktadır.

3.2.4.1. Kılcal Boru

Evaporatör yük değişiminin olmadığı küçük kapasiteli soğutma sistemlerinde genleşme elemanı olarak kullanılırlar. Evaporatör yük değişimlerine cevap veremez ve kızgınlık ayarları yoktur. Kılcal boru ucuz, hareketli parçası olmadığı için arıza yapma riski çok az olan bir genleşme elemanıdır. Kılcal borulu sistemlerde kompresör durduğu zaman yüksek basınç bölgesinden alçak basınç bölgesine akış devam edeceği için sistemdeki basınç belli bir süre içerisinde aynı değerlere ulaşabilir. Bu da kompresörün ilk kalkış anında daha az enerji harcamasına neden olur. Durma ve kalma arasındaki zaman kısa ise bu işlem çok önemli bir avantaj sayılmaz.

Kondenser ve evaporatör arasına konan; iç çapı ve uzunluğu sistemin kapasitesi, kullanılan akışkan, kondenser yoğuşma sıcaklığı ve evaporatör buharlaşma sıcaklığına göre belirlenen çok küçük çaplı genellikle bakır bir borudur. Kılcal boru olarak ifade edilmesi boru çaplarının çok küçük olmasındandır. Kılcal borular için kritik (doğru şarj miktarı) şarj çok önemlidir. Kılcal borulu sistemlerde akışkan şarj miktarı iyi belirlenmelidir. Aşırı şarj kompresöre sıvı yürütmesine neden olur. Sıvı olarak kartere dönen akışkan yağ ile karışabilir ve yağlama yağının özelliğinin kaybolmasına neden olabilir. Bunun sonucu kompresörün zarar görme olasılığı artmış olur. Şekil 3.25'de kılcal boru gösterilmektedir.



Şekil 3.25. Kılcal boru

Basınç düşürücü olarak kılcal boru kullanılan soğutma sistemlerinde yardımcı eleman kullanılması en aza indirilmelidir. Özellikle sıvı tankı kullanılmamalıdır. Boru hatları mümkün olduğu kadar kısa olmalıdır. Kılcal borulu sistemlerde en iyi verim kondenser ile evaporatör bağlantılarının direkt yapıldığı uygulamalardır. Yani kılcal borulu sistemlerde sıvı hattı kullanılmamalıdır. Eğer iki eleman arası çok uzak, sıvı hattı kullanılması zorunluluğu varsa diğer basınç düşürücü elemanlar kullanılmalıdır.

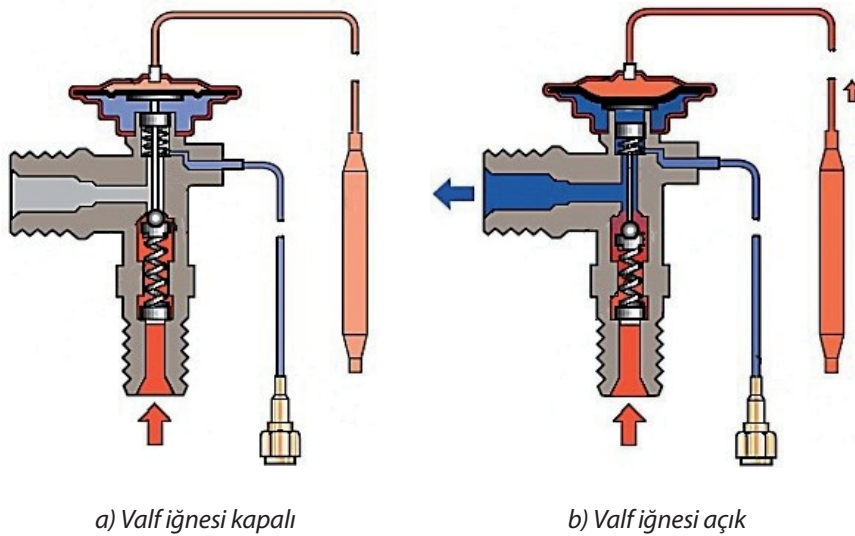
Kılcal borulu sistemlerde sistem denge noktasının oluşturulması çok kolay olmamaktadır. Bu kılcal borulu sistemlerde kompresörün pompaladığı akışkan debisi ile kılcal borunun taşıyacağı akışkan debisi eşit olmalıdır. Kompresörün gönderdiği akışkan miktarı ile kılcal borunun taşıyacağı akışkan miktarı birbirine eşit olmazsa, sistem çalışma şartları tasarım şartlarına göre oluşmayacaktır. Eğer kılcal boru normalden uzun veya dar seçilirse karşı direnç daha fazla oluşacağından kılcal borudan geçen akışkan miktarı kompresörün pompaladığı akışkan miktarından daha az olacaktır. Bunun sonucu evaporatöre giden akışkan miktarı azalacak ve evaporatör basıncı düşecektir. Aynı anda evaporatöre gönderilemeyen fazla akışkan kondenserin alt kısmında birikerek kondenser basıncının artmasına neden olacaktır. Bu işlem kondenser ile evaporatör arasındaki basınç farkının artmasına, dolayısıyla kılcal borudan geçen akışkan miktarının artmasına neden olacaktır.

Sonuçta, gerçek çalışma şartları tasarım şartlarında gerçekleşmeyecektir. Gerçek çalışma şartlarında, kondenser basıncı tasarım şartlarından fazla ve evaporatör basıncı da düşük olacaktır. Bu da sistemin istenilen değerlerde çalışmamasına ve sistem kapasitesinin düşmesine neden olacaktır. Diğer taraftan eğer kılcal boru boyu kısa veya çapı büyük seçilirse, kılcal boruda karşı direnç daha az oluşacağından evaporatöre aşırı miktarda akışkan girmesine neden olacaktır. Sonuç olarak, evaporatöre sıvı halinde akışkan girişi, kompresöre sıvı yürümesi riskine yol açarken, en olumsuzu ise evaporatörde tasarım basınç ve sıcaklık şartlarına ulaşamayacağından istenilen sıcaklık değerleri elde edilemeyecektir.

Kılcal boru girişleri, tıkanma ve donma ihtimali (eğer sistemde nem varsa) olan en hassas noktalardır. Bu yüzden genellikle kılcal borudan önce filtre kullanılır veya kılcal boru filtre ile imal edilir. Bu yüzden kılcal borunun iç çaplarının biraz büyük seçilerek kılcal borunun aynı basınç değerlerini karşılayacak şekilde uzatılması, tıkanma problemlerinin azaltılması açısından uygun sonuçlar vermektedir.

3.2.4.2. Termostatik Genleşme Valfi

Evaporatör yük değişimlerine göre evaporatöre soğutucu akışkan giriş miktarını hassas bir şekilde ayarlayan ve kontrol eden genleşme elemanlarıdır. Kızgınlık değerine göre evaporatöre gerekli miktarda akışkan beslemesi yaparlar. Bu yüzden evaporatörde yük azaldığı zaman genleşme vanası kapanma eğilimi göstereceğinden, geri kalan akışkan kondenserin alt kısmında birikerek kondenserin basıncını artıracak ve kullanım yüzey alanını düşürecektir. Sonuçta kondenser verimi düşecek ve soğutma kapasitesi azalacaktır. Bunun engellenmesi için özellikle TXV'li sistemlerde sıvı tankı kullanılması çok önemlidir. Duyarganın ortamdaki etkilenmemesi için iyi yalıtılmalı ve evaporatör çıkışında uygun yere bağlanmalıdır. Şekil 3.26'da termostatik genleşme valfinin açık ve kapalı konumu gösterilmektedir.



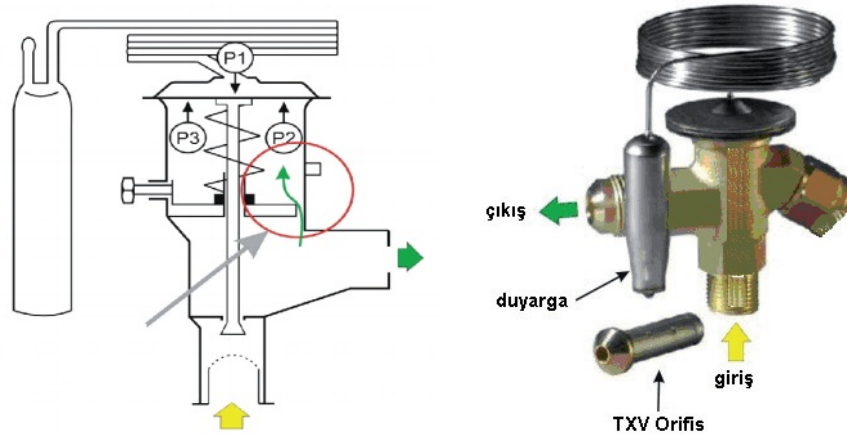
Şekil 3.26. TXV nin kapalı ve açık konumu

Termostatik genişleme valfleri; termostatik eleman, orifis ve valf gövdesi olmak üzere temelde üç ana kısımdan oluşur. Termostatik genişleme valfleri, termostatik elemanın şarjına göre aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir;

- **Aynı gaz şarjlı:** Bu tip termostatik eleman içindeki gaz şarjı, buhar fazındaki soğutucu akışkan miktarı ile sınırlıdır. Gaz şarjlı termostatik elemanlarda kullanılan akışkanın cinsi, soğutma sisteminde kullanılan soğutucu akışkan ile aynıdır.
- **Aynı sıvı şarjlı:** Duyargada kullanılan soğutucu akışkanın cinsi ile soğutma sisteminde kullanılan soğutucu akışkan aynı olmakla beraber, akışkan tüm çalışma sıcaklıklarında sıvı halde bulunur. Sıvı şarjlı duyargaların evaporatör buharlaşma sıcaklığı yüksek olan klima uygulamalarında kullanılmaları uygun olmakta, düşük sıcaklık uygulamalarında kullanılmaları önerilmemektedir.
- **Farklı sıvı şarjlı:** Bu tip termostatik elemanlarda kullanılan akışkan, soğutma sisteminde kullanılan soğutucu akışkan ile aynı değildir. Kızgınlık karakteristiği de, aynı gaz şarjlı ve sıvı şarjlı tip duyargalardan farklıdır. Genellikle 0°C'nin altındaki sıcaklıklarda kullanılmaktadır.
- **Farklı gaz şarjlı:** Duyargada kullanılan akışkan soğutma sisteminde kullanılan soğutucu akışkan ile aynı değildir. Farklı sıvı şarjlı valflerle aynı gaz şarjlı valflerin işlevini bir arada yapmaktadır.

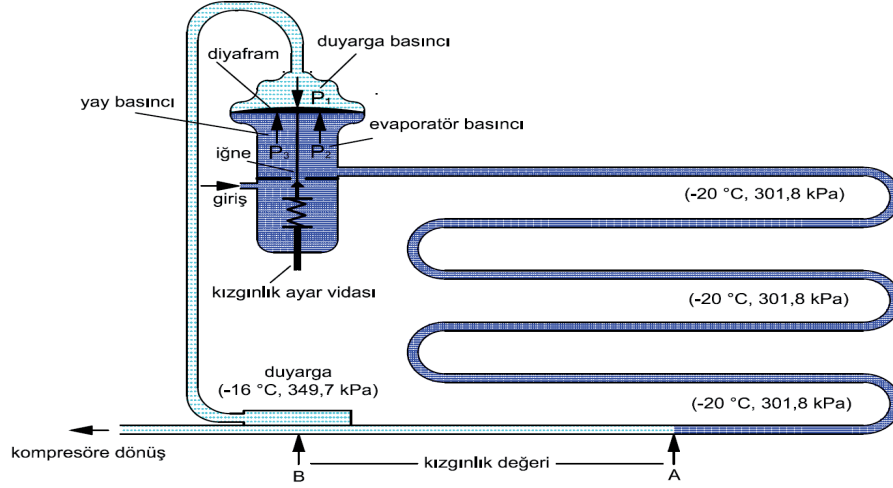
Temelde soğutma sistemlerinde sistemin kapasitesine göre iç dengelemeli ve dış dengelemeli olmak üzere iki farklı genişleme valfi kullanılır.

a) İçten Dengelemeli Termostatik Genişleme Valfi: Evaporatör yük değişiminin olduğu ve evaporatör basınç kayıplarının az olduğu soğutma uygulamalarında içten dengelemeli termostatik genişleme valfleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Şekil 3.27 içten dengelemeli termostatik genişleme valfi ve detay resmi gösterilmektedir.



Şekil 3.27. İçten dengelemeli termostatik genişleme valfi ve detay resmi

Şekil 3.28'de görülen R-404A kullanılan bir buhar sıkıştırma soğutma sistemindeki içten dengelemeli termostatik genişleme valfinde; duyarga basıncı (P_1), valfin açılması, evaporatör basıncı (P_2) ve yay basıncı (P_3), valfin kapanması yönünde basınç oluşturmaktadır. Evaporatör kızgınlık değeri duyarga sıcaklığından evaporatör buharlaşma sıcaklığının çıkarılması ile bulunur. Burada sistemde kullanılan akışkan ile duyarga içerisinde kullanılan akışkanın aynı olduğu kabul edilmiştir.



Şekil 3.28. R-404A kullanılan iç dengelemeli termostatik genişleme valfi ve çalışma değerleri

Evaporatör buharlaşma sıcaklığı ve basıncı -20°C ve $301,8\text{ kPa}$ ve duyarğa sıcaklığı ve basıncı -16°C ve $349,7\text{ kPa}$ ise evaporatör kızgınlığı $(-16)-(-20) = 4^{\circ}\text{C}$ bulunur. Bu durumda genişleme valfindeki basınç değerleri $P_1=P_2+P_3$ olması gerekir. $P_1=P_2+P_3$ eşitliğinden yay basıncı $P_3=47,9\text{ kPa}$ olacaktır. Normal çalışma şartlarında 4°C kızgınlık değerinin elde edilebilmesi için yay basıncı $47,9\text{ kPa}$ değerine ayarlanmalıdır. Bu durumda normal kızgınlık değeri için $349,7=301,8+47,9$ eşitliği sağlanmış olur. Soğutma sistemleri çevresel şartlara ve evaporatör yük değişimlerine göre dinamik bir yapıya sahip olduğu için sürekli 4°C kızgınlık değerini yakalamak mümkün değildir. Şekil 2.36'te kızgınlık değerlerinin karşılaştırılması verilmektedir.

KIZGINLIK NORMAL	KIZGINLIK FAZLA	KIZGINLIK AZ
Duyarğa Basıncı=Evaporatör Duyarğa Basıncı+Yay basıncı $P_1 = P_2 + P_3$	Duyarğa Basıncı>Evaporatör Duyarğa Basıncı+Yay basıncı $P_1 > P_2 + P_3$	Duyarğa Basıncı<Evaporatör Duyarğa Basıncı+Yay basıncı $P_1 < P_2 + P_3$

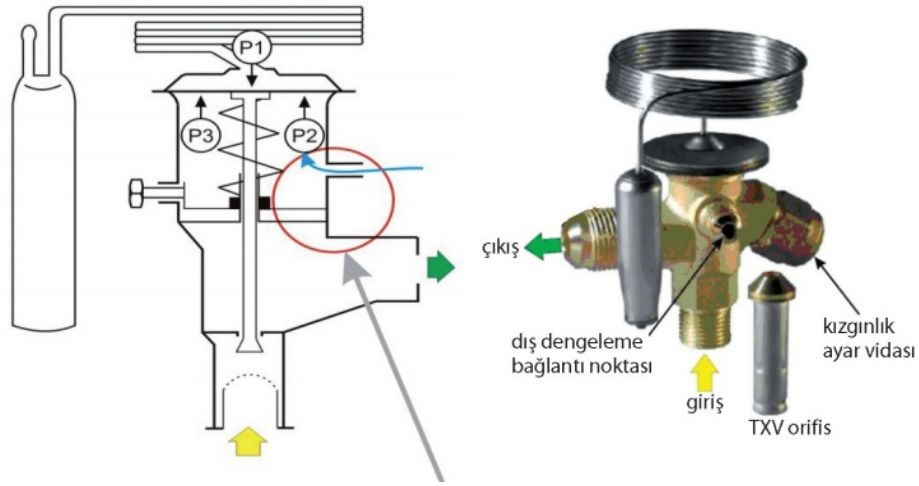
Şekil 3.29. Kızgınlık değerlerinin karşılaştırılması

Eğer evaporatörde yük artar ve buharlaşma (A) noktasından önce biter ise, kızgınlık değeri artacaktır. Bu durumda duyarğa basıncı, evaporatör basıncı ile yay basıncının toplamından daha büyük olacaktır ($P_1 > P_2 + P_3$). Bunun sonucu duyarğa diyaframa daha fazla basınç uygulayarak iğneyi aşağıya doğru itecek ve evaporatöre daha fazla akışkan girmesini sağlayacaktır.

Evaporatöre olması gerekenden fazla akışkan girince buharlaşma (A) noktasından sonra devam edecek ve kızgınlık değeri azalacaktır. Buna bağlı olarak duyarğanın sıcaklığı azalmış olacak ve diyaframa uyguladığı basınç düşecektir. Bu durumda duyarğa basıncı, evaporatör basıncı ile yay basıncının toplamından daha küçük olacaktır ($P_1 < P_2 + P_3$). Sonuçta iğne yukarı doğru kapama yönünde hareket ederek evaporatöre daha az akışkan girmesine neden olacaktır. Sistemin sürekli 4°C kızgınlık değerine yakın değerlerde çalışmasını sağlayarak hem kompresöre sıvı yürümesini önleyecek, hem de evaporatörün bütün yüzeyini kullanarak evaporatör veriminin düşmesini önleyecektir. Genellikle seri üretimlerde aynı uygulamalar için iç dengelemeli TXV'lerin kızgınlık ayarları imalat esnasında yapılır. Bu tür genişleme valfleri için yay basıncı sabit olduğundan ayrıca yay ayar vidaları yoktur. Evaporatör giriş ve çıkışı arasındaki fark çok fazla ise içten dengelemeli TXV yerine dıştan dengelemeli TXV kullanılması önerilir.

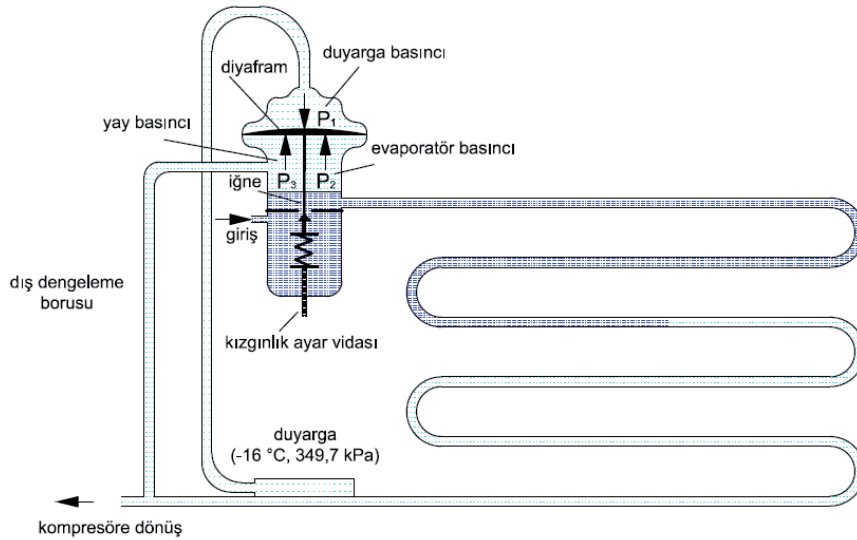
b) Dıştan Dengelemeli Genleşme Valfi: Büyük kapasiteli mekanik sıkıştırıcı soğutma çevrimlerinde evaporatör kapasitesi büyük olduğundan evaporatör giriş ve çıkışı arasındaki basınç kayıpları çok fazla olmaktadır. Evaporatördeki

basınç kayıplarının çok fazla olması, içten dengelemeli termostatik genişleme valfinin yetersiz kalmasına ve evaporatör kapasitesinin düşmesine neden olur. Uygulamada bu tür olumsuzlukların önlenmesi için dıştan dengelemeli termostatik genişleme valfleri kullanılır. Basınç kayıpları ortalama klima uygulamalarında $1,7^{\circ}\text{C}$, soğutma uygulamalarında $1,1^{\circ}\text{C}$, düşük sıcaklık uygulamalarında $0,6^{\circ}\text{C}$ ve çok daha düşük sıcaklık uygulamalarında ise bu değerler daha da düşmekte, dıştan dengelemeli TXV yerine daha farklı genişleme valfleri kullanılmaktadır. Genel olarak distribütör kullanılan ve basınç kaybı $13,8\text{ kPa}$ üzerinde olan evaporatörler için dıştan dengelemeli genişleme valfi kullanılması önerilmektedir. Dıştan dengelemeli termostatik genişleme valflerinde evaporatör basıncı, evaporatör çıkışından alınır. Şekil 2.37'da dıştan dengelemeli termostatik genişleme valfi ve detay resmi gösterilmektedir.



Şekil 3.30. Dıştan dengelemeli termostatik genişleme valfi ve detay resmi

Dıştan dengelemeli TXV'lerde ise evaporatör basıncı evaporatör çıkışında duyurga bağlantı noktasının yaklaşık 10-15 cm ilerisinden alınarak diyaframın alt noktasına boru bağlantısı ile ulaştırılır.



Şekil 3.31. Dıştan dengelemeli TXV ve dış dengeleme borusu bağlantısı

3.2.4.3. Elektronik Genişleme Valfi (EGV)

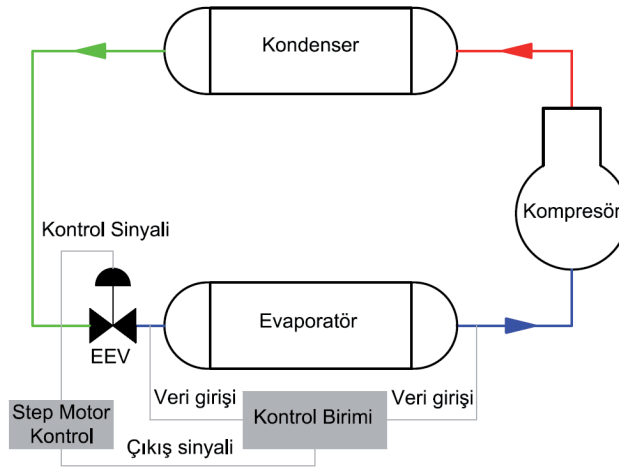
Elektronik genişleme valfleri; günümüzde yaygın olarak kullanılmaktadır. Su soğutma grupları ve soğutucu akışkan debisinin sürekli değiştiği; değişken debili (VRF/VRV) sistemlerde evaporatörün yeterli miktarda soğutucu akışkan ile beslenebilmesi açısından EGV çok önemlidir. Bu sistemlerde elektronik genişleme valfleri, termostatik genişleme valflerinden daha verimli çalışmaktadır. EGV'de kontrol, evaporatör çıkışındaki soğutucu akışkanın kızgınlık değerine göre yapılır. Elektronik genişleme valflerini ısı-motor kontrollü, elektromanyetik modülasyonlu, pulse (darbe) modu-

lasyonlu (on-off) ve step (adım) motor kontrollü olmak üzere dört grup altında sınıflandırabiliriz. Şekil 2.40'ta çeşitli tip elektronik genişleme valf gösterilmektedir.



Şekil 3.32. Elektronik genişleme valfleri

Bilindiği gibi uygulamalarda kızgınlık değeri hesabı için iki yöntem kullanılmaktadır. En çok bilineni evaporatör çıkışındaki soğutucu akışkan sıcaklığı ölçülerek, aynı bölgedeki soğutucu akışkan basıncına karşılık gelen doyma sıcaklığı farkı alınarak bulunur. Diğer yöntemde ise, evaporatördeki basınç düşümü ihmal edilerek akışkanın evaporatör giriş ve çıkışı arasındaki sıcaklık farkı kızgınlık olarak alınır. Şekil 3.33'de step (adım) motor kontrollü EGV valfinin çalışma prensibi devre şeması verilmektedir.



Şekil 3.33. Step (adım) motor kontrollü EGV valfinin çalışma prensibi

Uygulamada yaygın olarak kullanılan step motor kontrollü EGV'lerde, kızgınlık değerini ayarlanan değerde tutabilmek için kontrol biriminden gelen sinyal değerine göre motor mili aşağı veya yukarı doğru hareket ettirilir. Motor mili aşağı hareket ederse vanadan geçen soğutucu akışkan miktarı azaltılmakta (kızgınlık artar), yukarı hareketinde ise vanadan geçen soğutucu akışkan miktarı artmaktadır (kızgınlık azalır). Özetlenirse; ölçülen kızgınlık değerine göre step motora ilgili hareketi yapması için sinyal gönderilir. Kontrol birimi evaporatör çıkışındaki gerçek kızgınlık değeri ile istenen değer arasındaki farka göre step motora açılma ya da kapanma sinyali göndermektedir. Bilindiği gibi kızgınlık arttıkça genişleme vanasının açılarak daha fazla soğutucu akışkan göndermesi, kızgınlık azaldığı durumda ise genişleme elemanının kapanması gerekmektedir.

3.3. YARDIMCI ELEMANLAR

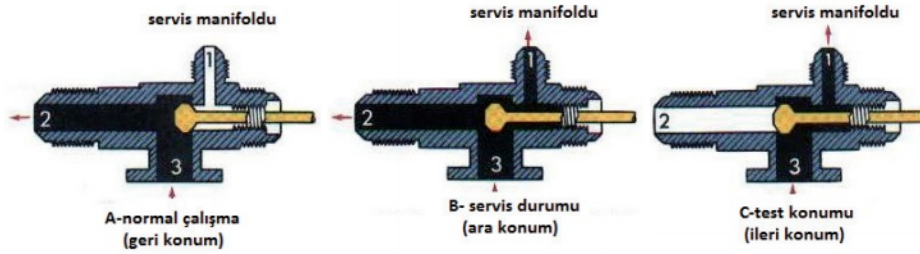
Soğutma sistemlerinde temel ana elemanların yanında farklı amaçlar için sistemin kapasitesi ve özelliklerine göre çok farklı sayıda yardımcı elemanlar kullanılmaktadır. Yardımcı elemanların temel görevleri aşağıda verilmektedir.

- Sistemin uzun ömürlü, emniyetli ve verimli çalışmasını sağlamak,
- Sistemin arıza yapmasını azaltmak veya önlemek,
- Servis-bakım-tamir esnasında kolaylık sağlamak,
- Normal çalışma esnasında oluşabilecek ses ve gürültü problemlerini azaltmak,
- Soğutucu akışkanın ve yağlama yağının temiz tutulmasını sağlamaktır.

Mekanik sıkıştırımlı soğutma çevriminde en çok karşılaşılabileceğimiz yardımcı elemanlar ve işlevleri kısaca verilmiştir.

3.3.1. Servis Valfleri

Soğutma sistemlerinde akış kontrol ve servis için gerekli önemli elemandır. Servis vanası kompresör giriş ve çıkışına ayrıca sıvı hattı veya sıvı tankı üzerine konabilir. Servis vanası geri konum, ara konum ve ileri konum olmak üzere üç farklı konumda olabilir. (A) konumu sistemin normal çalışma durumunu göstermektedir. (B) konumu ise sistem çalışırken servis vanasına şarj manifoldu bağlanabilir ve sistemden basınç ve sıcaklık gibi değerler okunabilir ve sistem şarj veya deşarj edilebilir. (C) konumunda ise sistem çalıştırılmamalıdır. Ancak test veya ayar için kullanılmalıdır. Mesela alçak ve yüksek basınç otomatiklerin istenilen değerde devreyi kesip kesmediği, servis vanası ileri konuma getirilerek kontrol edilebilir. Şekil 3.34'de servis vanalarının çalışma konumları gösterilmektedir.



Şekil 3.34. Servis valflerinin çalışma konumları

3.3.2. Titreşim Giderici

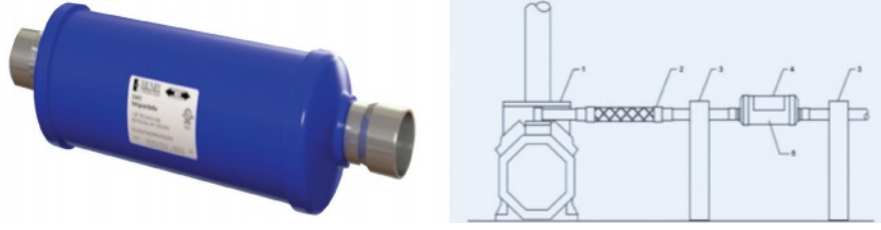
Soğutma sistemlerinde kompresörde sıkıştırma esnasında oluşan titreşimler, borulara ve borularla sistem elemanlarına taşınır. Kompresörde oluşan titreşimler; sistemdeki borular ve kullanılan sistem elemanları üzerinde aşırı gerilmeler oluşturmaktadır. Ayrıca boruların kaynaklı veya rakorlu bağlantı noktalarında zararlar oluşmasına neden olur. Bu titreşimlerin soğutma sistemlerindeki olumsuzluklarını önlemek için kompresör çıkış ve emişine titreşimi absorbe eden esnek elemanlar yerleştirilir. Şekil 3.35'de titreşim alıcılar verilmektedir.



Şekil 3.35. Titreşim gidericiler

3.3.3. Susturucu (Muffler)

Susturucu temel fonksiyonu, sıkıştırma esnasında kompresör çıkışında oluşabilecek basınç dalgalanmalarını (vuruntularını) azaltmaktır. Susturucu direkt olarak kompresörün çıkışına yerleştirilmelidir. Susturucuda kullanılan malzemenin sistemde kullanılan soğutucu akışkan, yağ ve diğer akışkanlarla uyumlu olması ve korozif etki oluşturmaması gerekir. Kompresörde sıkıştırma esnasında gaz akışından (salınlarından) oluşan ses (gürültü) seviyesi susturucunun içinde var olan odacık sayesinde hacim genişletilerek azaltılır. Susturucunun iç yapısında bulunan yönlendiriciler (baffles) kompresör çıkışında oluşan düşük ve yüksek frekanslı ses dalgalarını düzenlemek ve sönmek için tasarlanmıştır. Susturucu, gaz dalgalarından dolayı oluşan sesi sönmek mekanik titreşim için ayrıca mekanik titreşim alıcı kullanılmalıdır. Üretici firmalar maksimum çalışma basıncı ile ve minimum ve maksimum çalışma sıcaklıklarını belirtmelidir.



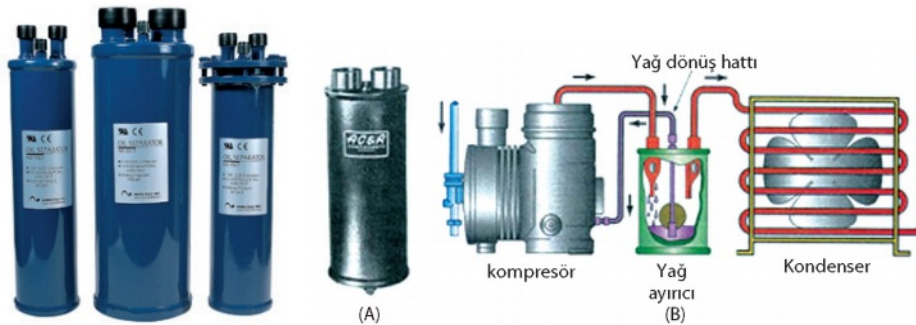
Şekil 3.36. Susturucu ve montajı

Susturucu montajında dikkat edilecek hususlar;

- Kompresör çıkışına (mümkün olduğu kadar kompresöre yakın) yağ ayırıcıdan önce yerleştirilmelidir.
- Yatay veya yatay eksenine paralel bir açı ile yerleştirildiği zaman içerisinde sıkıştırma esnasında kompresörden gelen yağın birikmemesi için yazı üste gelecek şekilde susturucu yerleştirilir. Susturucularda yağın birikmesini ve dolayısıyla kompresör karterinde yağın eksilmesini önlemiş olur. Dikey şekilde bağlanan susturucuda yağ birikme sorunu oluşmaz.
- Titreşim alıcı kompresör ile susturucu arasında yerleştirilmelidir. Susturucu mekanik titreşimlerin tesisata iletilmesini önlemek üzere ağırlığından dolayı meydana gelebilecek titreşim ve eğilmeleri önlemek için şekilde görüldüğü gibi her iki tarafından desteklenmelidir.
- Susturucu sadece gaz salınımlarında oluşan gürültüyü söndürdüğü için eğer ses mekanik titreşimlerden oluşuyorsa kompresörün emişine ve basma tarafına birer titreşim giderici konulmalıdır.
- Birden fazla kompresörün paralel olarak kullanıldığı soğutma uygulamalarında ortak basma hattı için uygun kapasite de susturucu montajı yapılır. Her kompresörün çıkışına bir susturucu yerleştirilir.

3.3.4. Yağ Ayırıcılar

Soğutma kompresörlerinde gürültü, sürtünme, aşınma ve ısınma problemlerini azaltmak için kompresörlerde yağlama yağı kullanılmaktadır. Kompresörlerin yağlanması; karterindeki yağın, kompresörün yağlanması gereken mekanizmalarında dolaştırılması ile gerçekleştirilir. Sıkıştırma esnasında akışkanla birlikte bir miktar yağ sisteme gönderilmektedir. Sisteme giden bu yağ çok fazla değilse olumsuzluk yaratmaz. Ancak fazla miktarda yağın akışkanla birlikte sisteme karışması, sistem elemanları (kondenser, evaporatör, filtre vb.) üzerinde olumsuz etki yapar. Bunların başında kompresörde yağ seviyesinin düşmesi, kompresörlerde gürültü, sürtünme, aşınma, ısınma problemlerine ve hatta arızalara neden olabilir. Ayrıca düşük sıcaklık ortamı olan evaporatörde film tabakası oluşturarak ısı alışverişini olumsuz yönde etkilenir. Özellikle düşük sıcaklık uygulamalarında bu durum çok daha fazla önem kazanmaktadır. Bu tür olumsuzlukların azaltılması için sistemde yağ ayırıcı kullanılmalıdır.



Şekil 3.37. Yağ ayırıcılar ve basit bir uygulaması

Kompresör tarafından sıkıştırılan kızgın buhar halindeki akışkan içerisinde az miktarda da olsa yağlama yağı bulunur. Bu yağ ve buhar karışımı basma hattından geçerek yağ ayırıcısına gelir. Yağ ayırıcısında bu karışımın hızı düşürülerek yağın akışkandan ayrışması sağlanır. Burada oluşan büyük yağ partikülleri yağ ayırıcısının alt kısmında

toplanır. Yağ ayırıcısının altında toplanan yağ belirli seviyeye ulaştınca şamandıralı valf açılır ve kompresöre geri döner. Yağ dönüşü basınç farkına bağlı olarak hızlı bir şekilde gerçekleşir. Çünkü yağ ayırıcısının basıncı (basma hattı basıncı) kompresör karter basıncından (emiş hattı basıncı) daha fazladır. Yağ ayırıcısındaki yağ seviyesi düştüğü zaman şamandıralı valf kapanır ve kızgın buhar halindeki akışkanın kompresöre geri dönmesi önlenmiş olur. Yağ ayırıcısından çıkan yağı alınmış akışkan yoluna devam eder ve kondensere gider. Şekil 2.44'te yağ ayırıcılar ve devreye bağlantısı gösterilmektedir.

3.3.5. Sıvı Tankı

Soğutma sistemlerinde kondenser çıkışına konan sıvı tankı; kondenserde yoğuşmayan soğutucu akışkanı yoğuşturarak, akışkanın genleşme vanasına sürekli sıvı olarak girmesinde yardımcı olur. Özellikle termostatik genleşme valflerinin kullanıldığı evaporatörlerde fazla akışkan için depolama görevi yapar. Ayrıca sıvı tankları kondenserde akışkanın birikmesini engelleyerek kondenser kapasitesinin düşmesini önler. Soğutma sistemlerinin uzun süreli kullanılmaması veya tamir-bakım esnasında akışkanın depolanmasını sağlarlar. Genellikle sıvı çıkış tarafına bazen de giriş tarafına konulan kapama valfleri servis-bakım esnasında ve uzun süreli akışkanın depolanmasında kolaylık sağlar. Basınç düşürücü olarak kılcal boru kullanılan sistemlerde sıvı tankının kullanılması önerilmez. Sıvı tankının hacmi, sistemdeki akışkan miktarının ortalama 40°C'de sıvı olarak kaplayabileceği hacimden ortalama % 20 daha büyük seçilmesi uygun olur. Yatık ve dikey tip olmak üzere iki şekilde imal edilirler. Yer sorunu olmadığı sürece dikey tip sıvı tankı kullanmak soğutucu akışkan şarjı ve sistemin çalışma şartlarının olumsuz etkilenmemesi için daha doğru bir seçim olacaktır. Şekil 3.38'de yatay ve dikey tip sıvı tankı gösterilmektedir.



Şekil 3.38. Yatay ve dikey tip sıvı tankları

3.3.6. Filtre/Kurutucular

Soğutma sistemlerinde filtre; nem/su, asit, tortu ve parçacıkları tutan ve bu parçacıkların sisteme zarar vermelerini önleyen bir elemandır. Filtre olmadan, buhar sıkıştırılmalı bir soğutma çevrimi çalışabilir olmasına rağmen, bütün buhar sıkıştırılmalı soğutma sistemlerinde mutlaka filtre kullanılmaktadır. Filtreler, hermetik ve değişebilir ürünleri kapsamaktadır. Hermetik filtre kurutucular; standart, çift yönlü (bi-flow), kombi ve burn-out tiplerini içermektedir. Değişebilir filtrelü ürünler ise standart filtreleri, burn-out filtreleri, mekanik filtreleri ve filtre gövdelerini içermektedir. Filtre kurutucular çok çeşitli bağlantı çaplarına, kurutma kapasitelerine, kaynaklı ve rakorlu tipte bağlantı seçeneklerine sahiptirler. Filtreler nemi ve asiti, kimyasal ve fiziksel olmak üzere iki farklı yöntemle tutabilmektedir. Günümüzde soğutma sistemlerindeki filtrelerde kimyasal yöntemler kullanılmamaktadır. Fiziksel yöntemlerin en çok kullanılanları; silikajel, aktif alümina, moleküler süzgeç, aktif karbon ve bunların moleküler süzgeçle birlikte kullanılan kombinasyonlarından meydana gelmektedir. Sıvı hattı filtrelerinin yanında emiş hattında da filtreler kullanılmaktadır. Emiş hattı filtreleri genellikle asit ve pislikleri tutmak için kullanılmaktadır. Şekil 3.39'da filtreler gösterilmektedir.



Şekil 3.39. Soğutma sistemlerinde kullanılan filtre/kurutucular

3.3.7. Gözetleme Camları

Soğutma sistemlerinde sıvı hattında filtreden önce konan gözetleme camlarının üç temel işlevi vardır. 1) sistemdeki akışkan şarjını 2) akışkan içerisindeki nemin varlığını 3) sıvı soğutucu akışkanın akışını göstermektedir.

Eğer gözetleme camında baloncuk yani köpürme oluşuyorsa, sistemdeki soğutucu akışkan miktarının yeterli olmadığı anlamına gelebilir. Gözetleme camında akışkan, dolu şekilde geçmeli köpürmeler oluşturmamalıdır. Ancak bu testin doğru olabilmesi için, birincisi sistemin belli bir süre çalıştırılıp kararlı hale gelmesi beklenmelidir. İkinci ise gözetleme camından önce fazla basınç kayıpları meydana gelmemelidir. Gözetleme camından önceki hatta, aşırı basınç kayıpları meydana gelirse, sistemdeki akışkan yeterli olsa bile gözetleme camında köpürme yani baloncuklar görülebilir ve sonuç yanıltıcı olabilir.



Şekil 3.40. Gözetleme camları

Gözetleme camında nemden etkilenerek rengi değişen, kimyasal bir tuz emdirilmiş eleman bulunur. Akışkan içerisinde nemin varlığı ise gözetleme camı içerisinde bulunan kimyasalın renk değiştirmesi ile belirlenir. Gözetleme camı, merkezinde bulunan kimyasalın rengi gözetleme camı üzerinde yazan ıslak (wet) rengi ile aynı ise sistemde nemin varlığını ifade eder. Kimyasalın rengi uyarı (caution) rengi ile aynı ise, sistemde bir miktar nem var, ama çok fazla değil uyarısını gösterir. Kimyasalın rengi kuru (dry) rengi ile aynı ise nem yoktur anlamına gelmektedir. Bazı gözetleme camlarında ıslak (wet) ve kuru (dry) olmak üzere iki renk vardır. Gözetleme camları borulara havşalı veya kaynaklı birleştirme ile bağlanır. Gözetleme camlarının gövde kısmı genellikle pirinçten, amonyaklı sistemlerde ise çelikten yapılır. Ayrıca soğutma sistemlerinde sıvı seviyesi, yağ seviyesi gibi seviye gösteren elemanlar da kullanılmaktadır.

3.3.8. Çekvalf

Tek yönde akış sağlayan elemanlardır. Soğutma sistemlerinde normal akış yönünün tersi yönünde akışın meydana gelmemesi için kullanılır. Çekvalfler basınç farkına göre açılıp kapanırlar. Birden fazla kompresör, çoklu hacim-çoklu evaporatör, paralel kondenserler, ısı pompası vb. uygulamalarda kullanılmaktadır. Şekil 3.41'de çekvalf verilmektedir.

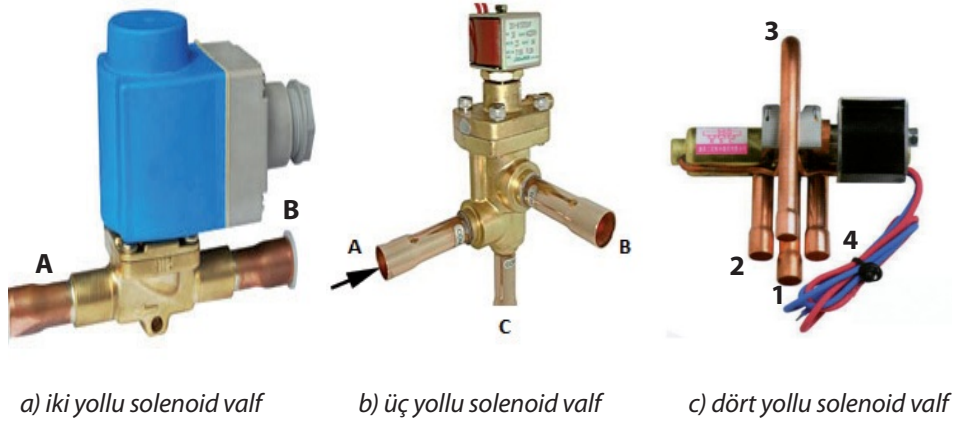


Şekil 3.41. Çekvalf

3.3.9. Solenoid Valfler

Soğutma sistemlerinde elektriksel olarak akış kontrol elemanı olarak kullanılmaktadır. Solenoid valfler oda veya madde sıcaklığını kontrol etmek için termostatlarla açık veya kapalı konuma getirilir. Soğutma sistemlerinde genellikle üç farklı solenoid valf kullanılır.

- Tek hatta akışı kontrol eden iki yönlü solenoid valfler
- Bir giriş, iki çıkışı olan, iki farklı hattı kontrol eden üç yönlü solenoid valfler
- Genellikle ısı pompası uygulamaları için kullanılan dört yönlü solenoid valfler



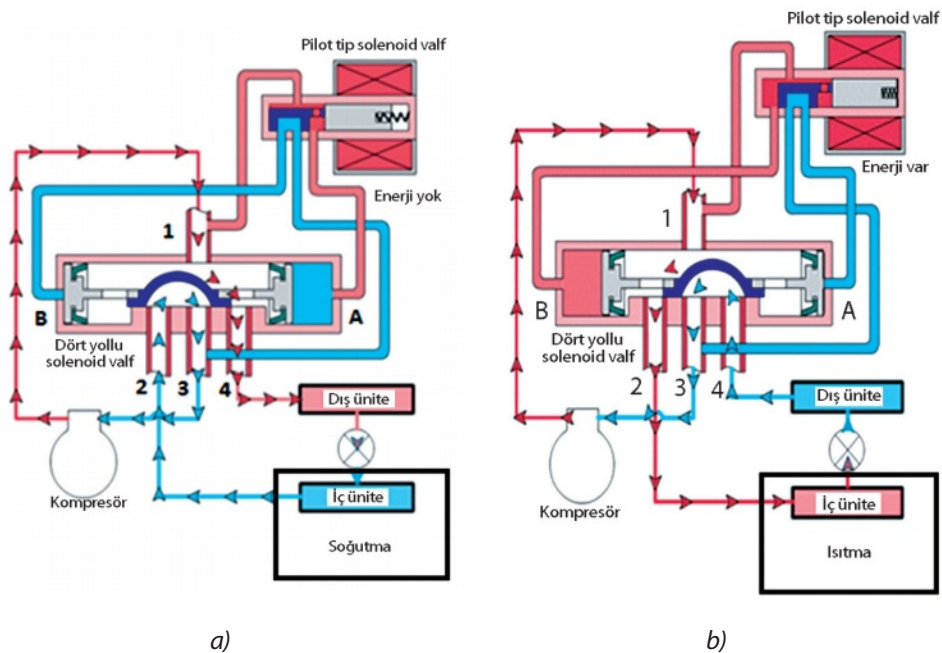
Şekil 3.42. Soğutma sistemlerinde kullanılan solenoid valfler

İki yollu solenoid valflerde tek yönlü akış vardır. Ters yönde akış gerçekleşmez. Şekil 3.43a'da görüleceği gibi (A) girişi, (B) ise valf çıkışını gösterir.

Üç yollu solenoid valfler genelde ticari tip soğutma sistemlerinde kullanılmaktadır. Sıcak gazlı defrost çoklu evaporatör, paralel kondenser vb. uygulamalarda üç yollu solenoid valfler sıklıkla görülmektedir. Üç yollu valfin girişi sürekli açık konumdadır.

Şekil 3.43b'de gösterilen üç yollu vananın girişi noktası (A) hep aynı ve her konumda açıktır. Diğer bir ifade ile hiç bir zaman kapalı tutulmaz. Eğer enerji kesilirse solenoid valfin iğnesi veya pistonu ağırlığından dolayı aşağı doğru hareket ederek (C) çıkışını kapatır ve (B) çıkışı açılmış olur. Akışkan (B) çıkışından istenilen yere gönderilir. İhtiyaca göre üç yollu solenoid valf enerjilendiğinde piston veya iğne ters yönde yani yukarı doğru hareket eder ve (B) no'lu çıkışı kapatarak (C) no'lu çıkışı açar. Sonuç olarak, sistem ihtiyaca göre iki farklı konumda çalışmaya devam eder.

Dört yollu vanalar genellikle akış yönünü ters yöne çeviren vanalardır. Bu vanalar genellikle ısı pompalarında kullanılır. İhtiyaca göre sistemin ısıtma ya da soğutma konumunda çalışmasını sağlar. Şekil 3.43c'de görüldüğü gibi dört yollu solenoid valflerde (1) no'lu nokta kompresör emişini, (3) no'lu nokta ise kompresör basma hattını gösterir. (2) ile (4) no'lu noktalar dönüşümlü olarak evaporatör ve kondenser giriş veya çıkışlarını ifade eder.



Şekil 3.43. Dört yollu solenoid valfin çalışma prensibi; a) soğutma konumu b) ısıtma konumu

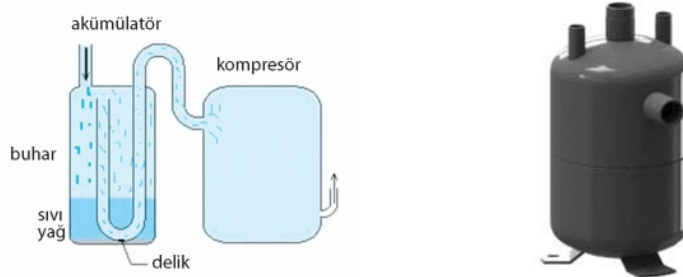
Şekil 3.43a'da görüldüğü gibi pilot tip solenoid valfde enerji olmadığı zaman (soğutma konumu) pilot tip solenoid valfin hareketli mekanizması ön konumdadır. Kompresörden gelen basıncı yüksek akışkan dört yollu solenoid valfin (1) no'lu giriş noktasına bağlı kılcal borudan pilot tip solenoid valfe gelir. Pilot tip solenoid valf ön konumda olduğu için yüksek basınçlı akışkan kılcal boru vasıtasıyla (A) noktasından dört yollu solenoid valfe girer ve valfin hareketli mekanizmasını ileri doğru iter. Dört yollu solenoid valfin (4) no'lu çıkışı açılır ve akışkan dış üniteye (kondenser) gelir. Diğer taraftan dış üniteden iç üniteye (evaporatör) geçen akışkan, buradan çıkarak dört yollu solenoid valfin (2) numaralı noktasından girer ve (3) numaralı noktadan çıkarak kompresöre döner ve böylece soğutma işlemi gerçekleşir. Şekil 3.43b'de ise (ısıtma konumu) pilot tip solenoid valfin bobinin enerji verilir ve hareketli mekanizması geri konuma gelir. Bu kez yüksek basınçlı akışkan (B) noktasından girer ve dört yollu solenoid valfin hareketli mekanizmasını ters yönde ileri doğru iter ve (2) no'lu boru çıkışı açılmış olur. Akışkan (2) no'lu noktadan geçerek iç üniteye (bu kez kondenser) gelir. İç üniteden dış üniteye (bu kez evaporatör) geçen akışkan buradan çıkarak dört yollu solenoid valfin (4) numaralı noktasından girer ve (3) numaralı noktadan çıkarak kompresöre döner ve böylece ısıtma işlemi gerçekleşmiş olur.

3.3.10. Emiş Akümülatörü

Soğutma sistemlerinde kullanılan kompresörler buhar sıkıştırmak üzere tasarlanmıştır. Soğutma kompresörlerinde buhar sıkıştırılırken oluşacak sıvı akışkan partikülleri emme ve basma valflerine zarar verebilir. Bundan daha da önemlisi kompresöre yağ dönüşümüyle birlikte gelen sıvı akışkanın ortaya çıkarabileceği zararlar daha da fazla olabilir. Uzun süreli çalışan soğutma sistemlerinde akışkanın tamamen buhar olarak kompresöre dönebilmesi için kızgınlık ayar değerinin en az 5-6°C olması gerekmektedir. Kompresör üreticilerine göre, soğutma sistemlerinde kullanılan emiş hattı akümülatörleri soğutma sistemlerinin temel ve en pahalı elemanı olan kompresörlerin korunması için çok önemli bir ara elemandır. Soğutma sistemlerinde emiş akümülatörleri kompresör emişinde mümkün olduğu kadar kompresöre yakın konmalıdır. Emiş hattı akümülatörleri aşağıda belirtilen nedenlerden dolayı meydana gelebilecek kompresöre sıvı yürümesini önler. Sıvı yürümesine neden olabilecek faktörler aşağıda verilmektedir.

- Soğutma sistemlerinde aşırı şarj,
- Yanlış TXV ayarı (kompresör kızgınlığı yok veya çok az)
- Evaporatör fanının çalışmaması,
- Evaporatör soğutma yükü azlığı,
- Akış kontrol elemanının yetersizliği,
- Kompresör kızgınlık ayarının düşük olması,
- Evaporatör dış yüzeyinde kirlenme veya aşırı karlanma,
- Boru iç cidarlarında oluşan yağlanma

Ayrıca yağ dönüşümünü kolaylaştırarak kompresörde meydana gelebilecek arızalara karşı koruyucu görevi yapar. Bu yüzden kompresör imalatçıları soğutma sistemlerinin emiş hatlarında emiş hattı akümülatörü kullanılmasına çok önem vermektedir. Emiş hattı akümülatörünün sıvı depolama kapasitesi en az sistemdeki akışkanın % 50'sini alabilecek kadar olmalıdır. Akümülatörler aşırı basınç kayıplarına neden olmamalıdır. Teorik olarak uygun bir seçim yapılsa bile, uygulamada ortaya çıkacak arızalara karşı istenilen sonuç elde edilmeyebilir. Ancak emiş hattı akümülatörleri soğutma sisteminde meydana gelebilecek bütün bu problemlere karşı sistemi koruyamazlar ve diğer önlemler de alınmalıdır. Şekil 3.44 emiş akümülatörü gösterilmektedir.



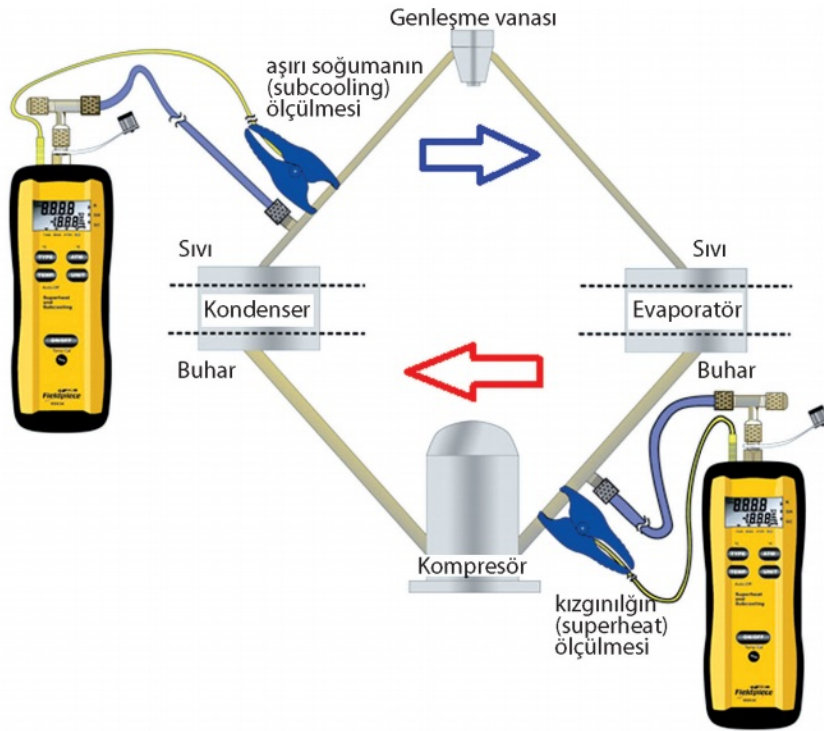
Şekil 3.44. Emiş Akümülatörü

Emiş akümülatörlerinin geleneksel sıvı tutucularından farkı, içine ilave olarak basma hattının bağlandığı bir serpantin boru yerleştirilmesidir. Bu sayede emiş hattında soğutucu akışkan ısıtılmakta ve buharlaşma oranı geleneksel olanlara

nazaran daha etkin olmaktadır. Sisteme montajı yapıldığı esnada içerisine imalatçının belirttiği miktarda kompresör yağı konularak devreye alınmasına dikkat edilmelidir.

3.4. KIZGINLIK (SUPERHEAT) VE AŞIRI SOĞUMA (SUBCOOLING) KAVRAMLARI

Mekanik buhar sıkıştırımlı soğutma çevrimlerinde kızgınlık (superheat) emiş hattında ve aşırı soğuma (subcooling) ise sıvı hattında meydana gelmektedir. İki değer de soğutma sistemleri için önemli kavramlardır. Sistem tasarımı yapılırken aşırı soğuma değerinin iyi belirlenerek soğutucu akışkanın genişleme valfine buharın, kızgınlık değerinin iyi belirlenerek kompresöre sıvı olarak girmesi önlenmelidir. Şekil 3.45'te kızgınlık ve aşırı soğuma bölgeleri ve ölçüm noktaları gösterilmektedir.



Şekil 3.45. Kızgınlık ve aşırı soğutma bölgeleri ve ölçüm noktaları

3.4.1. Aşırı Soğuma (Subcooling)

Soğutucu akışkanların kondenserde tamamen sıvı hale gelmesi istenir ve buna göre tasarım yapılır. Kondenserden çıkan sıvı akışkanın, sıvı hattında meydana gelen basınç kayıplarından dolayı doyma sıcaklığı düşmekte ve genişleme vanası girişinde buhar oluşabilmektedir. Oluşan buhar, genişleme vanasının çalışmasını ve verimini olumsuz yönde etkilemektedir. Aşırı soğuma; bu olumsuzları önlemek için sıvı hattındaki basınç kayıplarını karşılayacak şekilde akışkan sıcaklığının yoğuşma sıcaklığının altına düşürülme işlemidir. Sıvı hatlarında basınç kayıplarının az olması için akışkan hız değerleri düşük tutulmaktadır. Hız değerlerinin ortalama 1,5 m/s geçmesi istenmemektedir. Soğutma sistemlerde en büyük problemlerden birisi de sıkıştırma esnasında yağ ayırıcı kullanılsa bile sisteme yağ karışımının engellenememesidir. Sıvı hattında soğutucu akışkan hızının düşük olması, yağın kompresör karterine döndürülebilmesi için olumsuz bir etken olarak görülebilir. Ancak sıvı hattında akışkan yağ ile kolay karışabildiği için, yağ akışı veya dönüşünde çok büyük problemler oluşmamaktadır.

Subcooling değerinin ölçülmesi için kondenser yoğuşma basıncı ölçülür ve tablolar yardımı ile soğutucu akışkanın o basıncındaki yoğuşma sıcaklığı belirlenir ve aynı zamanda genişleme valfi giriş sıcaklığı ölçülür. Kondenser yoğuşma sıcaklığından genişleme elemanı (TXV) giriş sıcaklığı çıkarılarak aşırı soğuma değeri bulunur.

Subcooling = Kondenser yoğuşma sıcaklığı - genişleme valfi (TXV) giriş sıcaklığı

Sıvı hatlarında basınç kayıplarının fazla olmaması için gereksiz yere yardımcı elemanlar kullanılmamalı, boru uzunluğu mümkün olduğu kadar kısa tutulmalı, dikey yükselen borulardan kaçınılmalı ve boru çapları uygun değerlerde seçilmelidir. Ayrıca boru işçiliği iyi yapılmalı, gereksiz yere dönüş ve kıvrımlardan kaçınılmalıdır. Boru bağlantıları standartlara uygun olmalı ve borular ezilmemelidir. Sıvı hattında buhar oluşması genleşme ve solenoid valflerinin kapasitelerinin düşmesine, genleşme valfi iğnesinde aşınmalara, evaporatöre giren sıvı akışkan miktarının dengesizleşmesine ve soğutma sisteminin kapasitesinin düşmesine neden olmaktadır. Bu olumsuzlukların önlenmesi için sıvı akışkanın sıvı hattındaki basınç kayıplarını karşılayacak şekilde akışkan sıcaklığının yoğuşma sıcaklığının altına düşürülmesi ve genleşme vanasına giren akışkanın tamamen sıvı olacak şekilde tasarım yapılmalıdır. Tasarım esnasında aşırı soğuma değerinin hesaplanabilmesi için sıvı hattında meydana gelebilecek basınç kayıplarının hesaplanması gerekmektedir.

Örnek: Soğutucu akışkan olarak R-404A kullanılan bir soğutma sisteminde;

- Yoğuşma basıncı ve sıcaklığı: 1958,3 kPa, 45°C
- Dikey borulardaki basınç kaybı (P_h): 145 kPa
- Borulardaki toplam sürtünme basınç kaybı (P_b): 45,5 kPa
- Sıvı hattı elemanlarında meydana gelen basınç kaybı (P_e): 82 kPa

Çözüm:

- Sıvı hattında meydana gelen toplam basınç kaybı $P_t = P_h + P_b + P_e$
 $P_t = 145 + 45,5 + 82$
 $P_t = 272,5$ kPa

- 45°C'deki yoğuşma basıncı = 1958,3 kPa (manometrik basınç)
 Genleşme valfi giriş basıncı (P_{TXV}) = Kondenser yoğuşma basıncı - Sıvı hattı basınç kaybı
 $= 1958,3 - 272,5$
 $= 1685,8$ kPa (manometrik basınç)

$$P_{TXV} = P_{\text{kondenser}} - \Delta P_{\text{sıvı hattı}}$$

$$P_{TXV} = 1958,3 - 272,5 \Rightarrow P_{TXV} = 1685,8 \text{ kPa}$$

- 1685,8 kPa'daki doyma sıcaklığı = 39°C (manometrik basınç)
- Aşırı soğuma = Yoğuşma sıcaklığı - Genleşme valfi giriş sıcaklığı

$$T_{\text{aşırı soğuma}} = T_{\text{kondenser}} - T_{TXVg}$$

$$\text{Aşırı soğuma} = 45^\circ\text{C} - 39^\circ\text{C} = 6^\circ\text{C}$$

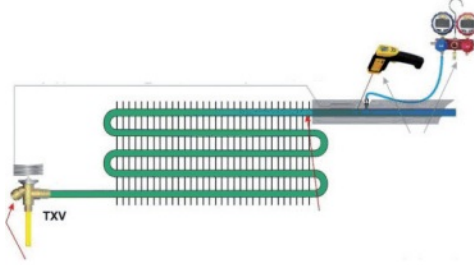
Bu sistemde kabul edilen basınç kayıplarına göre genleşme vanası girişinde buhar oluşmaması için aşırı soğuma değerinin en az 6°C veya genleşme valfi giriş sıcaklığının en az 39°C olması gerekmektedir.

3.4.2. Kızgınlık (Superheat)

Akışkanın doyma basıncına karşılık gelen sıcaklıktan daha yüksek sıcaklıkta bulunma haline kızgın buhar adı verilir. Mekanik sıkıştırımlı soğutma çevrimlerinde evaporatörde ısı çekerek tamamen doymuş buhar haline gelen akışkanın daha fazla ısı alarak sıcaklığının artması kızgınlık olarak ifade edilir. Kızgınlık; evaporatörün çıkışı, emiş hattı ve kızgınlığı meydana getirmek için uygulanan özel işlemler sonucu oluşur. Kızgın buhar halindeki soğutucu akışkan içerisinde sıvı akışkan bulunmaz. Kızgınlığın temel amacı kompresöre sıvı akışkan girişini önlemektir. Ayrıca, evaporatörün tüm yüzeyinin kullanılmasına yardımcı olur. Oto klimalarında 3-5°C kızgınlık, yeterli olurken 10°C'ye kadar çıkan kızgınlık değeri olan uygulamalar da vardır. Esas olan evaporatör kızgınlığı olmakla birlikte, buhar sıkıştırımlı soğutma sistemlerinde kompresör kızgınlığı ifadesi de kullanılmaktadır.

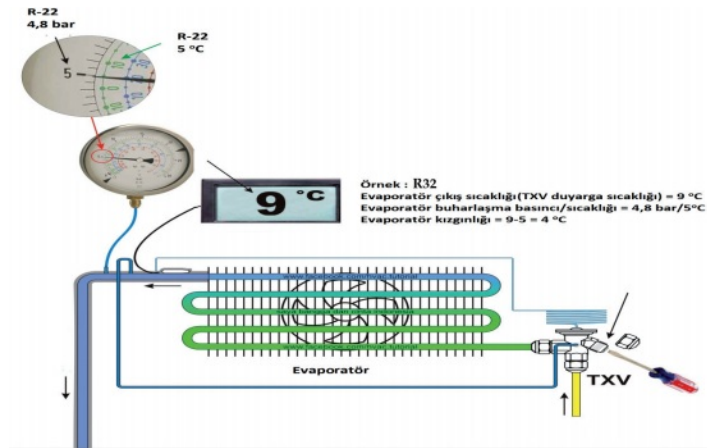
1. Evaporatör Kızgınlığı

Evaporatör kızgınlığının hesaplanabilmesi akışkanın evaporatördeki buharlaşma basıncı ölçülerek kullanılan soğutucu akışkana göre tablolarından yararlanılarak evaporatör buharlaşma sıcaklığı bulunur. Evaporatör çıkış sıcaklığının (TXV kuyruk sıcaklığı) termometre veya diğer sıcaklık ölçerleri ile ölçülmesi gerekmektedir. Evaporatör kızgınlığı; evaporatör çıkış sıcaklığından evaporatör buharlaşma sıcaklığının çıkarılması ile elde edilir. Şekil 3.47’de evaporatör kızgınlığının hesaplanması gösterilmektedir. Şekil 3.48’de de ise örnek bir uygulama verilmektedir.



$$\text{Evaporatör Kızgınlığı} = \text{Evaporatör çıkış sıcaklığı} - \text{Evaporatör buharlaşma sıcaklığı}$$

Şekil 3.46. Evaporatör kızgınlığının ölçülmesi

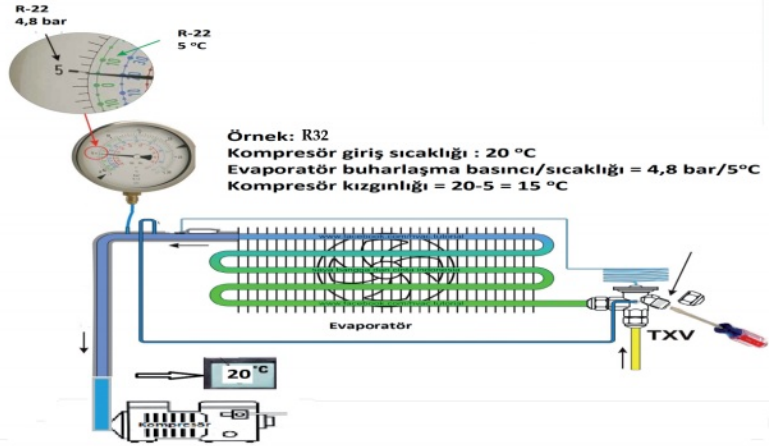


Şekil 3.47. Evaporatör kızgınlığının hesaplanması

2. Kompresör Kızgınlığı

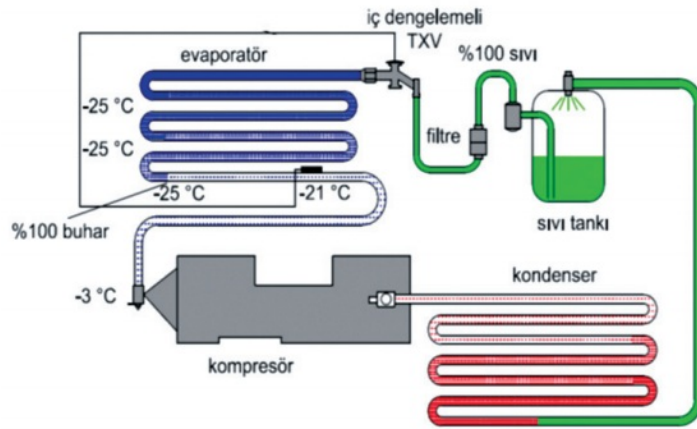
Kompresör kızgınlığının hesaplanabilmesi akışkanın evaporatördeki buharlaşma sıcaklığı ile kompresör giriş sıcaklığının ölçülmesi gerekmektedir. Kompresör kızgınlığı; kompresör giriş sıcaklığından evaporatör buharlaşma sıcaklığının çıkarılması ile elde edilir. Şekil 3.48’de kompresör kızgınlığının hesaplanması gösterilmektedir.

$$\text{Kompresör Kızgınlığı} = \text{Kompresör giriş sıcaklığı} - \text{Evaporatör buharlaşma sıcaklığı}$$



Şekil 3.48. Kompresör kızgınlığının hesaplanması

Şekil 2.59'da soğutma sisteminde evaporatör ve kompresör kızgınlığının hesaplanması örnek olarak gösterilmektedir. R134a kullanılan bu sistemde evaporatör buharlaşma sıcaklığı -25°C, evaporatör çıkış sıcaklığı -21°C ve kompresör giriş sıcaklığı -3°C olarak ölçülmüştür.



Şekil 3.49. Buhar sıkıştırmalı mekanik soğutma çevriminde evaporatör ve kompresör kızgınlığının gösterilmesi.
(Evaporatör kızgınlığı= [(-21)-(-25)]=4°C, kompresör kızgınlığı = [(-3)-(-25)]=22°C)

Evaporatör Kızgınlığı

-21°C (evaporatör çıkış sıcaklığı)
-25°C (evaporatör buharlaşma sıcaklığı)

4°C (evaporatör kızgınlığı)

Kompresör Kızgınlığı

-3°C (kompresör giriş sıcaklığı)
-25°C (evaporatör buharlaşma sıcaklığı)

22°C (kompresör kızgınlığı)

Çoğu servis elemanı emiş hattı ve kompresör girişinde aşırı derecede karlanma olduğu zaman, bu olayın soğutma sistemine özellikle kompresöre zarar vereceğini düşünürler. Aslında bu düşünce yüksek sıcaklık - özellikle- klima uygulamalarında doğrudur. Fakat düşük sıcaklık uygulaması olan soğutma işlemlerinde bu düşünce doğru değildir. Özellikle kompresör giriş sıcaklığı 0°C altında olan soğutma uygulamalarında emiş borusu eğer yalıtılmamış ise, emiş hattı borusu yüzeyindeki havanın sıcaklığı çığ noktası sıcaklığının altına düşeceğinden emiş hattı boru yüzeyinde veya kompresör girişinde yoğuşma meydana gelir. Yoğuşan su; emiş hattı boru yüzey sıcaklığı veya kompresör giriş sıcaklığı 0°C altında ise donar ve karlanma meydana gelir. Bu normal bir durumdur ve kompresör için herhangi bir tehlike arz etmez.

Örnek: Ürün muhafaza (oda) sıcaklığı -25°C ve bağıl nem değeri % 95 olan bir soğuk odanın evaporatör kızgınlığı 5°C ve kompresör kızgınlığı 20°C olduğuna göre;

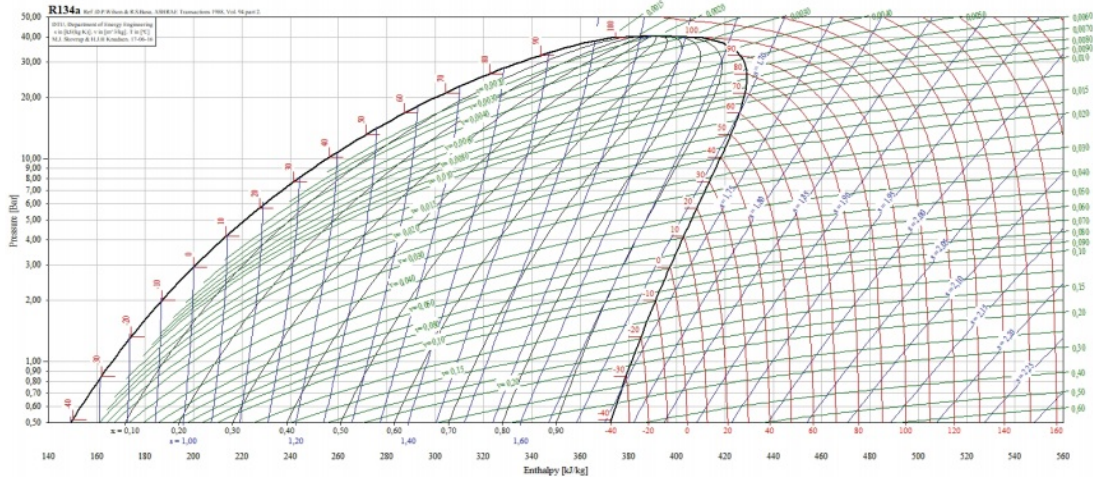
- buharlaştırma sıcaklığını,
- evaporatör çıkış sıcaklığını (TXV kuyruk sıcaklığı),
- kompresör giriş sıcaklığını bulunuz.
- kompresör; çığ noktası sıcaklığı 15°C olan bir ortamda ve emiş hattı yalıtılmamış ise kompresör girişinde karlanma olur mu? Bu olay kompresör için normal bir durum mudur?

Çözüm:

- Tablo 3.1'deki Eurovent ENV 328'e göre oda bağıl nemi % 95 ve muhafaza sıcaklığı -25°C ise evaporatör buharlaştırma sıcaklığı -31°C seçilmelidir.
- Evaporatör çıkış sıcaklığı: $-31 + 5 = -26^\circ\text{C}$
- Kompresör giriş sıcaklığı: $-31 + 20 = -11^\circ\text{C}$
- Kompresör giriş sıcaklığı $-11 < 15$ çığ noktası sıcaklığı olduğu için kompresör girişinde dış ortamdaki hava içerisindeki su buharı yoğunlaşır. Giriş sıcaklığı -11°C olduğu için yoğunlaşan su karlanmaya neden olabilir. Bu nedenden dolayı meydana gelen karlanma, kompresör için normal bir durumdur. Çünkü, karlanma dış yüzeyde olmakta, kompresöre zarar vermemektedir.

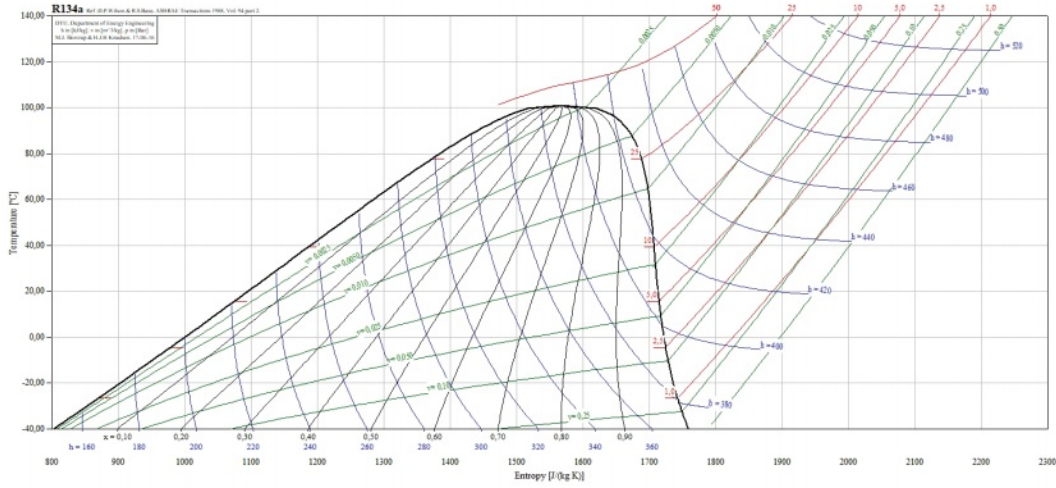
3.5. BASINÇ-ENTALPİ (P-h) VE SICAKLIK-ENTROPİ (T-s) DİYAGRAMLARI

Buhar sıkıştırmalı soğutma çevrimlerinin analizinde P-h ve T-s diyagramları kullanılır. Uygulamada en yaygın olarak kullanılanı ise P-h diyagramıdır. Her bir akışkan için farklı P-h ve T-s diyagramları mevcuttur. Şekil 3.50'de R-134A soğutucu akışkanı için P-h diyagramı gösterilmektedir. P-h diyagramında çanağın sol tarafında akışkan sıvı, çanak içerisinde sıvı+buhar karışımı ve çanağın sağ tarafında ise kızgın buhar halindedir. Soğutma çevrimleri çoğunlukla kritik sıcaklık veya kritik basınç değerlerinin altında gerçekleşir. Çanağın sol tarafındaki eğri doymuş sıvı eğrisi, sağ tarafındaki eğri ise doymuş buhar eğrisidir. Çanağın tepe noktası kritik sıcaklık veya kritik basınç noktası olarak ifade edilir. P-h diyagramında yatay noktali çizgiler basınç, dikey noktali çizgiler entalpi, mavi çizgiler entropi, kırmızı çizgiler özgül hacim, sürekli siyah çizgiler sıcaklık (sıvı bölgesinde yaklaşık entalpi eğrilerine paralel, çanak içerisinde sabit, kızgın buhar bölgesinde ise eğimli bir şekilde devam etmektedir) ve çanak içerisindeki kesik çizgiler ise yüzde olarak sıvı+buhar oranlarını göstermektedir.



Şekil 3.50. R-134A için basınç-entalpi (P-h) diyagramı

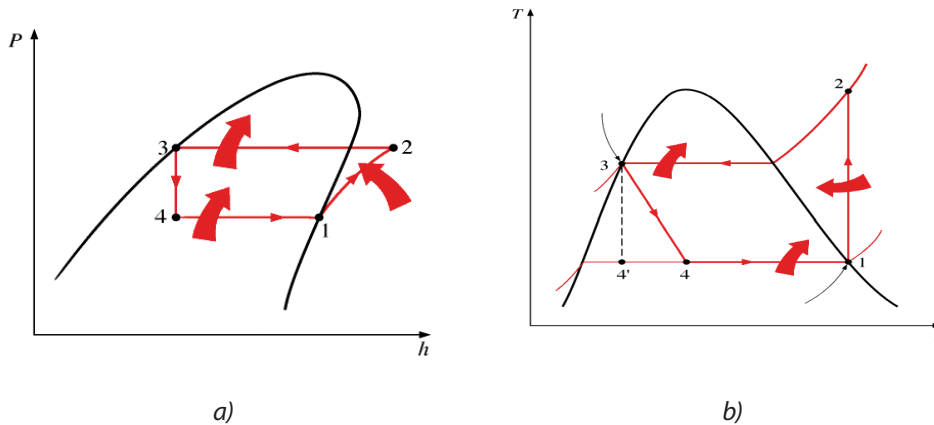
Şekil 3.51'de ise T-s diyagramı gösterilmektedir. Diyagramda çanağın sol tarafındaki eğri doymuş sıvı eğrisi, sağ tarafındaki eğri ise doymuş buhar eğrisidir. Çanağın tepe noktası, kritik sıcaklık veya kritik basınç noktası olarak ifade edilir. T-s diyagramında yatay noktali çizgiler sıcaklık, dikey noktali çizgiler entropi, mavi çizgiler entalpi, kırmızı çizgiler özgül hacim, sürekli siyah çizgiler basınç ve çanak içerisindeki kesik çizgiler ise yüzde olarak sıvı + buhar oranlarını göstermektedir.



Şekil 3.51. R-134A için sıcaklık-entropi (T-s) diyagramı

Teorik soğutma çevrimlerinde sistemdeki evaporatör ve kondenserdeki basınç kayıpları, emiş hattı, basma hattı ve sıvı hattındaki basınç kayıpları ve ısı alışverişleri, kızgınlık (superheat), aşırı soğuma (subcooling) değerleri ihmal edilmektedir. Sistemdeki akışkanın evaporatörden doymuş buhar olarak çıktığı ve aynı şartlarda kompresöre girdiği kabul edilir. Kompresörde sıkıştırma sırasında entropinin sabit kaldığı (izentropik verim=1) kompresör çıkışı şartları ile kondenser giriş şartlarının aynı kaldığı kabul edilmektedir. Aynı şekilde kondenser çıkışı ile genişleme valfi giriş değerlerinin aynı olduğu varsayılmaktadır. Şekil 3.52'de teorik buhar sıkıştırımlı mekanik soğutma sistemleri için P-h ve T-s çevrimleri gösterilmektedir.

Bu çevrimlerde 1-2 arası kompresörde sıkıştırma (entropi sabit) işlemini, 2-3 arası kondenserde yoğuşturma işlemini, 3-4 arası genişleme vanasında basınç düşümü işlemini (entalpi sabit) ve 4-1 arası ise evaporatörde ısı çekme işlemi gösterilmektedir.



Şekil 3.52. Teorik soğutma çevrimin a) P-h b) T-s diyagramlarında gösterilmesi

Teorik P-h soğutma çevriminde kinetik ve potansiyel enerjiler ihmal edilirse;

1-2 arası kompresörde izentropik sıkıştırma işlemi;

$$Q_{\text{komp}} = m (h_2 - h_1)$$

2-3 arası kondenserde sabit basınçta ısı atma ile yoğuşturma işlemi;

$$Q_{\text{kond}} = m (h_2 - h_3)$$

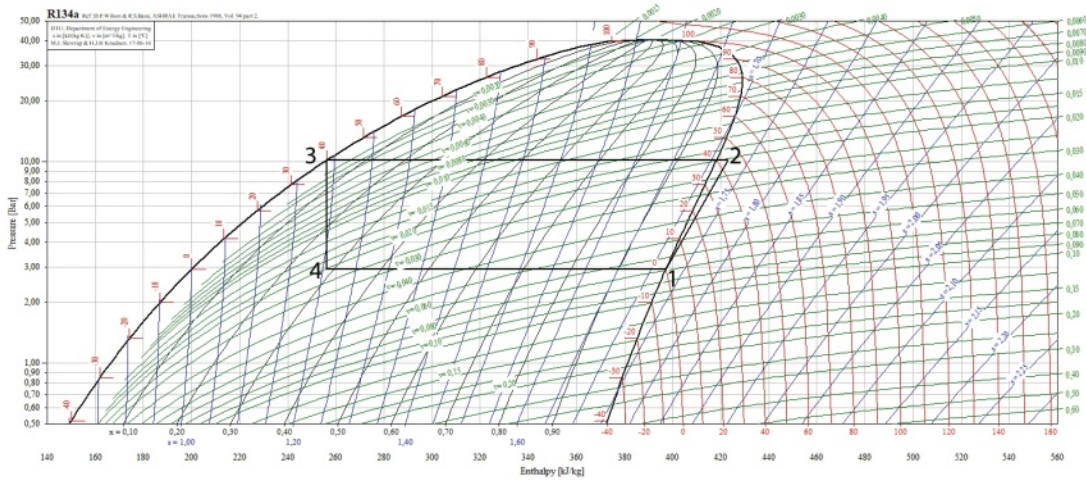
3-4 arası genleşme elemanında adyabatik (entalpi sabit) basınç düşürme işlemi;

$$Q_{\text{txv}} = m (h_3 - h_4) = 0 \quad h_3 = h_4$$

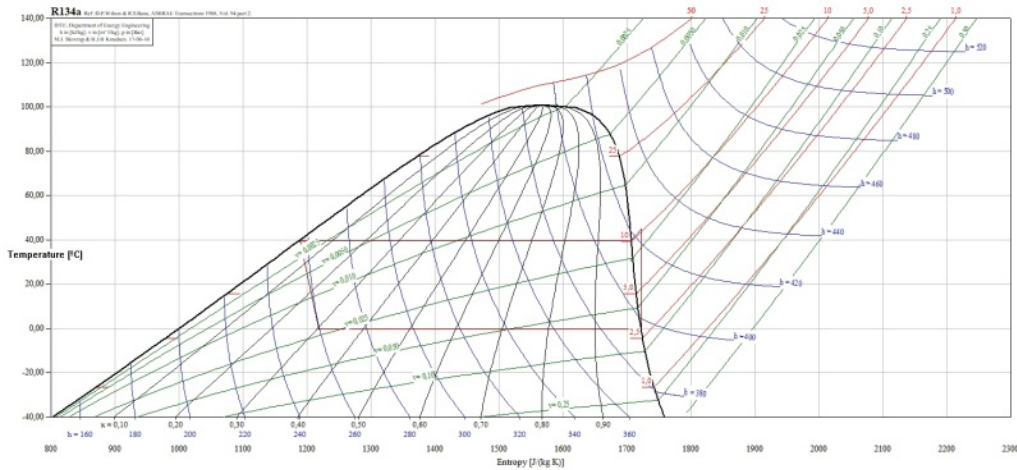
4-1 arası evaporatörde sabit basınçta ısı çekme ile buharlaşma işlemi

$$Q_{\text{evap}} = m (h_1 - h_4)$$

Örnek: Şekil 3.53'de R-134a soğutucu akışkan kullanılan teorik bir soğutma çevriminin evaporatör buharlaşma sıcaklığı 0°C (293 kPa veya 2,93 bar), ve kondenser yoğuşma sıcaklığı 40°C (1020 kPa veya 10,2 bar) ölçülmüştür. Bu teorik çevrimin P-h ve T-s diyagramlarında gösterimi Şekil 3.53 ve Şekil 3.34'de verilmiştir.

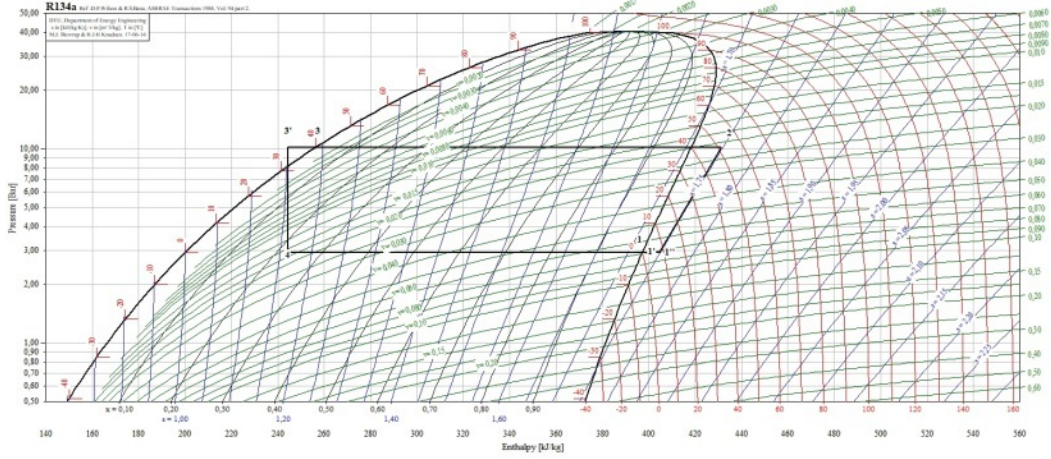


Şekil 3.53. R-134a akışkanlı teorik soğutma çevriminin P-h diyagramında gösterilmesi



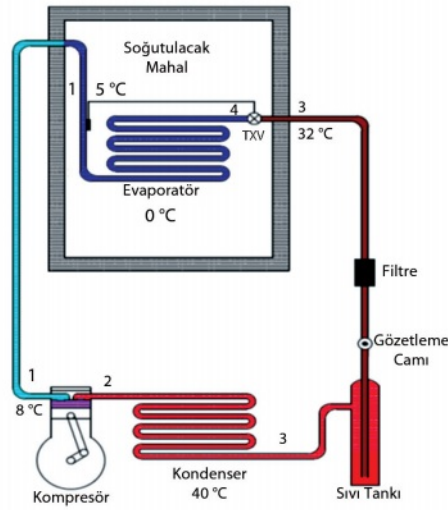
Şekil 3.54. R-134a akışkanlı teorik soğutma çevriminin T-s diyagramında gösterilmesi

Eğer sistemde kızgınlık ve aşırı soğuma varsa (gerçekte istenen ve gerçekleşen bir durumdur) Şekil 3.55'de P-h diyagramında aşırı soğuma ve kızgınlığın olduğu çevrimler gösterilmektedir. Çevrimlerde 3-3' aşırı soğuma değerini ve 1-1' ise kızgınlık değerini göstermektedir.



Şekil 3.55. P-h diyagramında kızgınlık ve aşırı soğumanın gösterilmesi

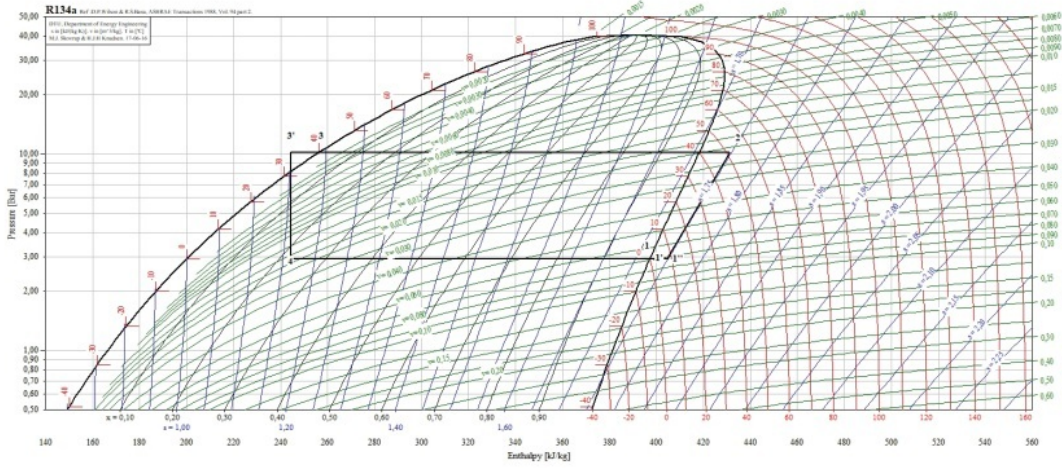
Örnek: Şekil 3.56'da sıcaklık ve değişim noktaları verilen soğutma çevriminde R-134A soğutucu akışkanı kullanılmaktadır. Yoğuşma sıcaklığı 40°C ve buharlaşma sıcaklığı 0°C olmaktadır. Evaporatör çıkış sıcaklığı (1') 4°C ve kompresör giriş sıcaklığı (1'') 8°C ölçülmüştür. Sıkıştırma işlemi izentropik olarak gerçekleşmekte, sıkıştırma işlemi esnasında entropi sabit kalmaktadır. P-h diyagramı üzerinde çevrim gösterilmektedir. Basınç kayıpları ihmal edilmektedir.



Şekil 3.56. R-134A Soğutma çevrimi

Çözüm:

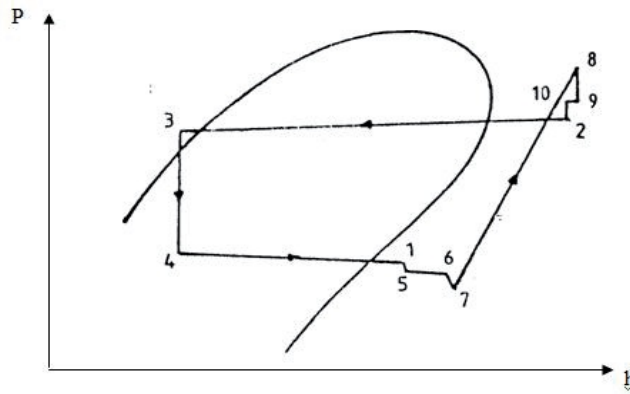
- Aşırı Soğuma = $(40 - 32) = 8^{\circ}\text{C}$
- Evaporatör kızgınlığı = $[(5) - (0)] = 5^{\circ}\text{C}$
- Kompresör kızgınlığı = $[(8) - (0)] = 8^{\circ}\text{C}$



Şekil 3.57. Çevrimin P-h diyagramında gösterilmesi

3.5.1. Gerçek Çevrimin P-h Diyagramında Gösterilmesi

Uygulamada P-h ve T-s çevrimleri daha farklı boyut kazanırlar. Bunun nedeni olarak, çevrim esnasında meydana gelen basınç kayıpları ve ısı alışverişleri gösterilebilir. Gerçek çevrimde; evaporatörü (1) noktasında terk eden soğutucu akışkanın (1-5) arasında emme hattındaki yük kaybından dolayı basıncı düşer. Soğutucu akışkana ortamdan ısı geçişi neticesinde (5-6) arasında sıcaklık artar ve (6-7) arasında ise emme valfindeki basınç kaybı yüzünden basınç düşer. Kompresöre (7) noktasında giren soğutucu akışkanın, (8) noktasında (8 noktası, kompresörün izentropik verim değerine göre değişir. Genelde eski ve verimsiz çalışan kompresörlerde bu değer sağa doğru kayar ve kompresörün harcadığı enerji artar) kompresörü terk ettikten sonra, (8-9) arasında çıkış valfinde basınç düşer, (9-10) arasında ortama ısı kaybı nedeniyle sıcaklığı azalır, (10-2) arasında basma hattındaki borularda yük kayıplarından dolayı basıncı düşer. Soğutucu akışkan yoğunlaştırıcıya (2) noktasında girer ve yoğunlaştırıcıdaki borularda sürtünmeler sebebiyle basınç bir miktar düşer. Soğutucu akışkan (3) noktasında yoğunlaştırıcıyı terk eder ve kısılma vanasına girer. (3-4) arasında kısılma işlemi soğutucu akışkan genişlerken basıncı ve sıcaklığı düşer. Kısılma işlemi, gerçek çevrimde sabit entalpide olmaz. Soğutucu akışkan (4) noktasında buharlaştırıcıya girer, ortamdan ısı çekerek buharlaştırıcıyı kızgın buhar olarak (1) noktasında terk eder. Yoğuşturucuda olduğu gibi borulardaki sürtünmeler sebebiyle evaporatörde buharlaşma esnasında basınç kaybı meydana gelir. Şekil 3.58'de gerçek buhar sıkıştırma soğutma çevrimin P-h diyagramı verilmektedir.

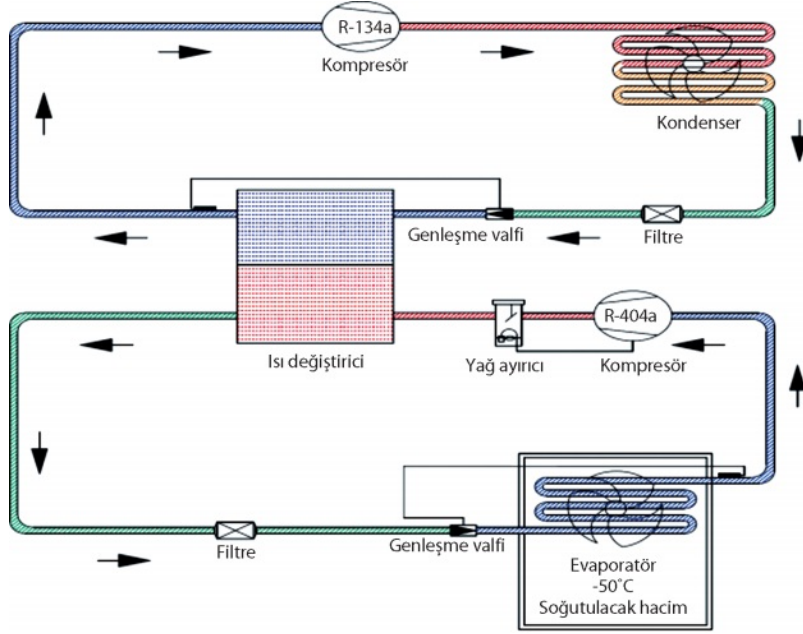


Şekil 3.58. Gerçek buhar sıkıştırma soğutma çevrimin P-h diyagramında gösterilmesi

3.6. KASKAD SOĞUTMA SİSTEMLERİ

Bazı özel endüstriyel ve laboratuvar uygulamalarında çok düşük sıcaklıklara ihtiyaç duyulur. Tek bir buhar sıkıştırma mekanik çevrim ile bu sıcaklığı elde etmek oldukça zor ve ekonomik açıdan avantajlı değildir. İki kademeli soğutma sistemlerinde kompresörlerde harcanan enerji az ve kompresör çıkış sıcaklığı daha düşüktür. EER değeri tek kademeli sistemlere göre daha fazla, fakat ilk kuruluş maliyetleri yüksektir. Kondenserdeki yoğuşma basıncı ile evaporatördeki buharlaşma basıncı arasındaki fark büyük olduğu için bu tür sistemlerde kullanılan kompresörlerin sıkıştırma oranları da çok yüksek olmaktadır. Sıkıştırma oranı arttıkça kompresörlerin verimi çok düşmekte ve enerji harcamaları aşırı derecede artmaktadır. Ayrıca kompresör maliyetleri yükselmektedir.

Şekil 3.59’da soğutucu akışkan olarak R-134a ve R-404A kullanılan iki kademeli soğutma çevrimi gösterilmektedir. İki kademeli soğutma sistemi iki ayrı buhar sıkıştırmalı mekanik soğutma sistemlerinden oluşmaktadır. Birinci kademedeki soğutma sisteminin (R-134a) evaporatörü, ikinci kademe sistemin (R-404A) kondenseri olmaktadır (ısı değiştirici). Dolayısıyla ikinci kademe sistemin kondenser yoğuşma sıcaklığı dūřürölmekte, sonuğta ikinci kademe soğutma sisteminin evaporatöründe -50°C sıcaklığına daha kolay ulaşılmaktadır.

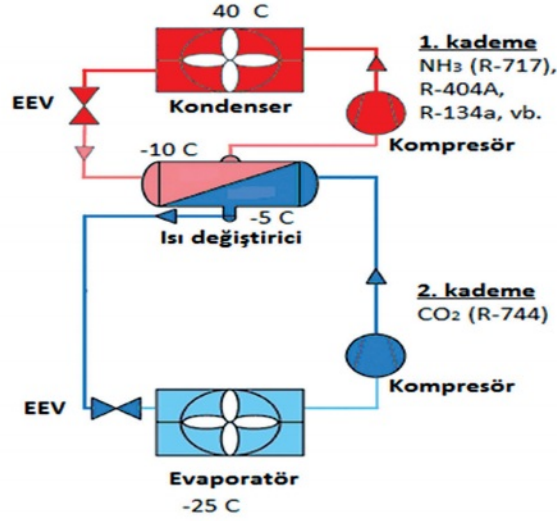


Şekil 3.59. İki kademeli kaskad soğutma sistemi (R-134a/R-404A)

Yukarıda verilen iki kademeli kaskad soğutma sisteminde (R-134a/R-404A) harcanan enerji; birinci kademe kompresörü, ikinci kademe kompresörü, birinci kademe kondenser fanı ve ikinci kademe evaporatör fanında tüketilen enerjilerinin toplamına eşittir. Soğutma kapasitesinin ikinci kademe evaporatörde elde edilen soğutma enerjisine eşit olduğu bilindiğine göre EER değeri aşağıda verilen eşitlikle hesaplanır.

$$EER = \frac{Q_{\text{evap II}}}{Q_{\text{komp I}} + Q_{\text{komp II}} + Q_{\text{evap fanı II}} + Q_{\text{kondens fanı I}}$$

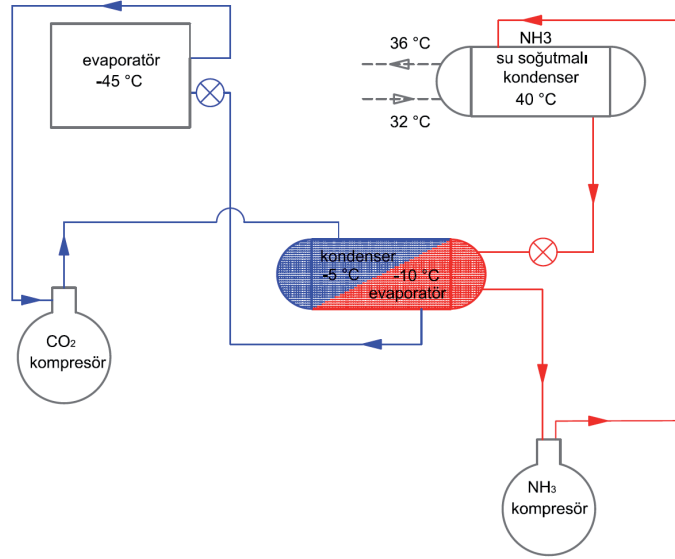
Ayrıca soğutucu akışkanların fiziksel ve termodinamik özelliklerine göre iki kademeli soğutma sistemi kullanılması kaçınılmaz hale gelmektedir. Özellikle son zamanlarda çevresel kaygılarla yeniden kullanılmaya başlanılan karbondioksitli sistemlerin yaygınlaşması kaskad soğutma sistemlerini ön plana çıkarmaktadır. Şekil 3.60’da görüldüğü gibi karbondioksit kullanılan kaskad bir soğutma sisteminde; birinci kademedede amonyak, R-404A, R-134a vb. akışkan kullanılabilir. Birinci kademe soğutma sisteminin kondenser yoğuşma sıcaklığı 40°C ve evaporatör buharlaşma sıcaklığı ise -10°C olmaktadır. İkinci kademe CO₂ tarafını ifade etmekte, kondenser yoğuşma sıcaklığı -5°C ve evaporatör buharlaşma sıcaklığı -25°C verilmektedir. Isı değiştiricideki sıcaklık farkı 5°C olmaktadır. EEV elektronik genişleme valfini ifade etmektedir.



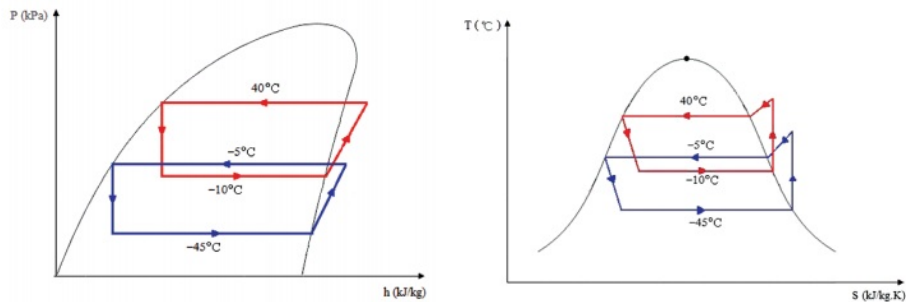
Şekil 3.60. CO₂ ve diğer akışkanların kullanıldığı kaskad soğutma sistemi

3.6.1. Kaskad Soğutma Sisteminin P-h ve T-s Diyagramlarında Gösterilmesi

Şekil 3.61'de NH₃/CO₂ çiftinin kullanıldığı kaskad soğutma sistemi verilmektedir. Burada birinci kademedeki (yardımcı soğutma devresinde) soğutucu akışkan olarak amonyak kullanılmıştır. İkinci kademedeki ise (ana soğutma devresi) soğutucu akışkan olarak karbondioksit kullanılmıştır. Kaskad soğutma sisteminin P-h ve T-s diyagramında gösterilmesi Şekil 2.82'de verilmektedir. P-h diyagramında mavi renk ile gösterilen çevrim karbondioksitli sistemi (yoğuşma sıcaklığı: -5°C, buharlaşma sıcaklığı -45°C) kırmızı renk ise amonyaklı soğutucu akışkan kullanan çevrimi (yoğuşma sıcaklığı: 40°C, buharlaşma sıcaklığı -10°C) ifade etmektedir.



Şekil 3.61. NH₃/CO₂ kaskad soğutma sistemi devre şeması



Şekil 3.62. Kaskad soğutma sisteminin P-h ve T-s diyagramında gösterimi

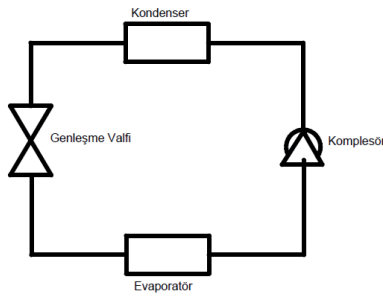
Kaskad soğutma çevrimi iki farklı soğutma çevriminden oluşmaktadır. 1. kademede amonyak (NH_3) yer alırken, 2. kademede ise, karbondioksit (CO_2) soğutucu akışkan olarak kullanılmaktadır. Bu sistemde 1. kademe için; (5-6) arası kompresörde sıkıştırma, (6-7) kondenserde yoğuşma, (7-8) basınç düşürücüde genleşme ve (8-5) arası evaporatörde buharlaşma işlemlerini göstermektedir. Aynı şekilde ikinci kademede ise (1-2) arası kompresörde sıkıştırma, (2-3) kondenserde yoğuşma, (3-4) basınç düşürücüde genleşme ve (4-1) arası evaporatörde buharlaşma işlemlerini göstermektedir.

3.7. CO_2 SOĞUTMA ÇEVİRİMİ

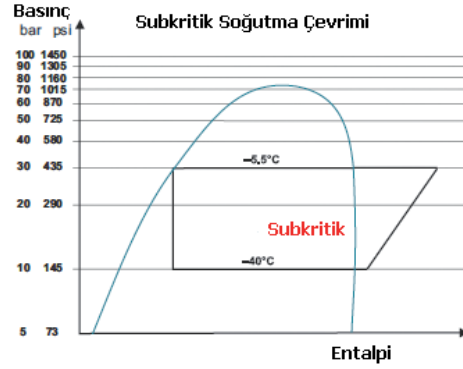
CO_2 soğutma sistemlerinde Subkritik ve Transkritik olmak üzere iki tip temel çevrim vardır. Subkritik olarak adlandırılan çevrimin tamamında basınç kritik noktanın altındadır. Transkritik çevrimde ise çevreye ısı geçişi kritik noktanın üzerinde gerçekleşir.

3.7.1. Direkt Genleşmeli CO_2 Subkritik Çevrim

Subkritik çevrim soğutma endüstrisinde en çok kullanılan sistemdir. Bütün sıcaklıklar ve basınçlar kritik noktanın altında, üçlü noktanın üzerindedir. Tek kademeli CO_2 subkritik çevrim oldukça basit bir sistemdir. Fakat kısıtlı sıcaklık aralığı ve yüksek basınçtan dolayı bazı dezavantajları bulunmaktadır. Düşük yoğuşma sıcaklığından dolayı çevreye ısı geçişinin gerçekleşmesi güçleşir. Çalışma basıncı 60 bar seviyelerindedir.



Şekil 3.63. Direkt genleşmeli CO_2 subkritik çevrim

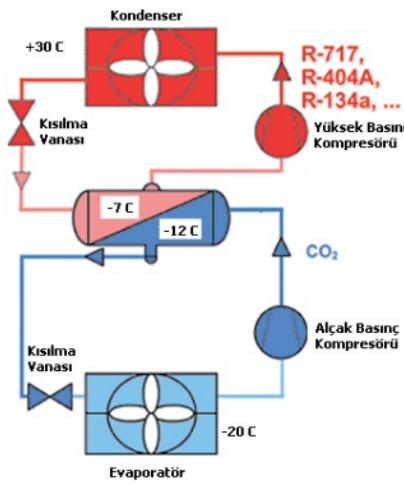


Şekil 3.64. Direkt genleşmeli CO_2 subkritik çevrim ln P-h diyagramı

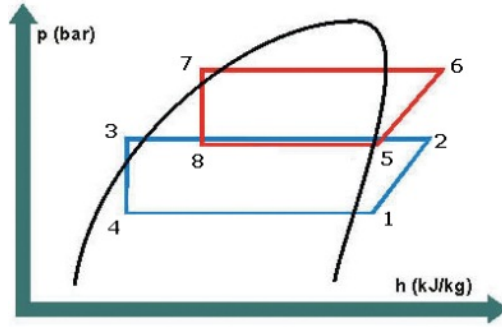
3.7.2. CO_2 Subkritik Kaskad Çevrimi

CO_2 kaskad sistem, birbirine karışmayan iki farklı akışkanlı iki çevrimden oluşan bir soğutma çevrimidir. İki çevrimden bir tanesi genellikle sıkıştırma çevrimidir ve dışarıya ısı geçişinin gerçekleştiği çevrimdir. Bu sistemlerde, akışkan olarak R 717 (NH_3 -amonyak) başta olmak üzere, R404A ve uygun diğer HFC akışkanlar kullanılır. Bu tip sistemlerde çalışma basıncı 40-45 bar dolaylarındadır.

Kaskad sistemlerde farklı olarak kaskad kondenseri olarak bilinen ısı değiştiricisinde CO_2 yoğuşurken, yüksek sıcaklık tarafındaki akışkan buharlaşmaktadır. Bu tip ısı değiştiriciler plaka tipi veya boru-kovan tipinde olabilir.



Şekil 3.65.
Subkritik CO₂ - R-717/R-404A/R-134A
kaskad çevrimi şeması

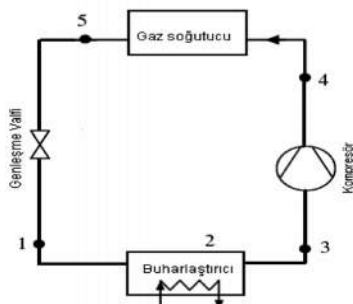


- 1-2 CO₂ kompresöründe izentropik sıkıştırma
- 2-3 Kaskad kondenserde (kovan tipi) CO₂'in sabit basınçta yoğuşması
- 3-4 Genleşme valfinde sıvı CO₂'in genleşmesi
- 4-1 Subkritik evaporatörde sabit basınçta buharlaşma
- 5-6 R717/R404A/R134A, vb. kompresöründe izentropik sıkıştırma
- 6-7 R717/R404A/R134A, vb. kondenslerinde sabit basınçta yoğuşma
- 7-8 R717/R404A/R134A, vb. genleşme Valfinde sabit entalpide genişleme
- 8-5 Kaskad kondenserde (kovan tipi) sabit basınçta NH₃'ün buharlaşması

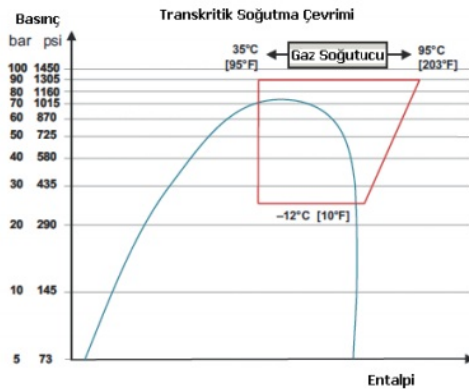
Şekil 3.66. Subkritik CO₂ - R-717/R-404A/R-134A
kaskad çevrimi ln P-h diyagramı

3.7.3. CO₂ Transkritik Çevrim

CO₂, 31,06°C düşük kritik nokta sıcaklığı ve 73,8 bar yüksek kritik nokta basıncına sahiptir. Klasik buhar sıkıştırılmalı çevrimlerde olduğu gibi akışkanın kondenserde yoğuşarak atmosfere ısı atması mümkün değildir. Süperkritik bölgede çevreye ısı geçişi gaz fazındaki CO₂'in yoğuşmaksızın, sıcaklığının düşmesiyle gerçekleşir. Bu şekilde gerçekleşen çevrimlere “transkritik CO₂ çevrimi” denir. Bu sebeple sistemde kondenserin yerini gaz soğutucu alır. Transkritik CO₂ çevriminde kompresörde sıkıştırılmış CO₂, gaz soğutucusunda ısısını çevreye verir.



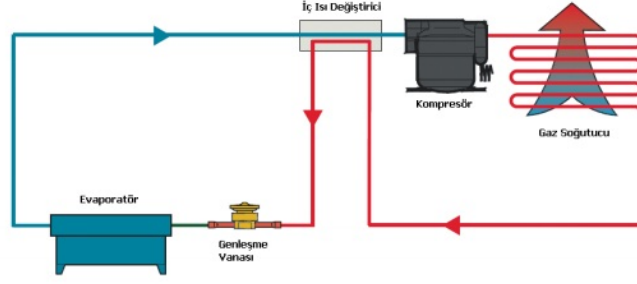
Şekil 3.67. CO₂ Transkritik çevrim



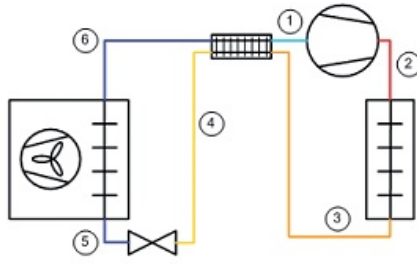
Şekil 3.68. CO₂ Transkritik çevrim ln P-h diyagramı

3.7.3.1. İç Isı Değiştiricili Tek Kademeli Basit Transkritik Çevrimi

Transkritik sistemlerde etkenliği artırmaya yönelik olarak iç ısı değiştiricisi kullanılmaktadır. Bu eşanjör, sistemin EER değerini artırmaya yönelik hem buhar soğutucu çıkış sıcaklığını düşürürken kompresöre sıvı kaçmasını engellemek için akümülatör görevi görerek evaporatör çıkışında buhar olmasını garanti altına alır. Şekil 3.69'da iç ısı değiştiricili CO₂ transkritik çevrim, Şekil 3.70'de iç ısı değiştiricili CO₂ transkritik çevrim, Şekil 3.71'de iç ısı değiştiricili CO₂ transkritik çevrim ln P-h diyagramı ve Şekil 3.72'de iç ısı değiştiricili CO₂ transkritik çevrimin T-s diyagramı verilmektedir.

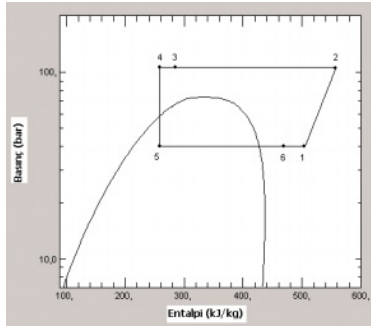


Şekil 3.69. İç ısı değiştiricili CO₂ transkritik çevrim

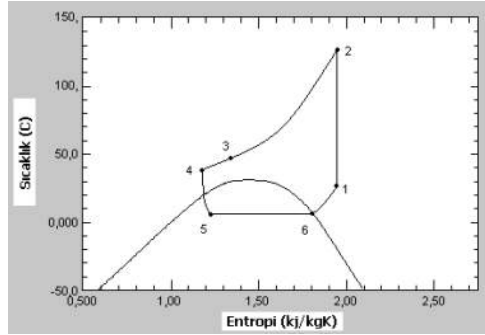


- 1-2 Kompresörde izentropik sıkıştırma
- 2-3 Gaz soğutucusunda sabit basınçta ısı geçişi
- 3-4 İç ısı değiştiricide soğuma
- 4-5 Genleşme valfinde sabit entalpide genleşme
- 5-6 Transkritik evaporatörde sabit basınçta buharlaşma
- 6-1 İç ısı değiştiricide kızdırma

Şekil 3.70. İç ısı değiştiricili CO₂ transkritik çevrim



Şekil 3.71. İç ısı değiştiricili CO₂ transkritik çevrim lnP-h diyagramı



Şekil 3.72. İç ısı değiştiricili CO₂ transkritik çevrim T-s diyagramı

BÖLÜM 4

SOĞUTMA SİSTEM TASARIMI

Bu bölümde, soğuk depo ısı yükü hesabı ve emiş, sıvı ile basma hatlarının boyutlandırılmasına ilişkin temel yöntemler ele alınmıştır.

4.1. ISI YÜKÜ HESABI

Yaş sebze ve meyveler, hayvansal ürünler ve su ürünleri gibi çabuk bozulabilir tarımsal ürünlerin üretiminden başlanarak tüketimlerine kadar soğuk ortamlarda muhafaza edilmeleri gerekir. Soğuk odalar ürünlerin kalite ve özelliklerinin korunması, tüketiciye yılın her mevsimi kaliteli gıda maddeleri sunmanın yanında üreticilerin ürünlerinin fiyat dalgalanmalarından etkilenmesini en aza indirgeyerek gelir düşüşünün önlenmesini sağlayan ve dış pazarlara ürün satış imkanı tanıyan soğutma sistemleridir.

Soğuk odalar tasarlanırken en önemli faktör ısı kazancıdır. Isı kazancı soğuk oda dahilindeki soğutma sistemlerinin yenmesi gereken ısı miktarıdır. Isı kazançları başlıca cidarlardan, ürünlerden, hava değişimlerinden (kapı veya mekanik infiltrasyon) ve sistemdeki diğer ekipmanlardan (motorlar, aydınlatma, vb.) kaynaklanır.

Isı kazançlarının hesaplanması üç ana bölümden oluşur. Bunlar;

1. Cidarlardan Gelen Isı Kazançları,
2. Ürünlerden Gelen Isı Kazançları,
3. Diğer Isı Kazançları,

1. Cidarlardan Gelen Isı Kazançları

Cidarlardan gelen ısı kazançlarının hesaplanması için kullanıcının cidarlar ve çevreye ait bazı teknik değerleri girmesi istenir. Bu istenen veriler sonucunda aşağıdaki işlemler, her duvar için ayrı ayrı yapılır;

$$Q_{\text{cidar}} = A_{\text{duvar}} \cdot (k_{\text{cm}} / d_{\text{cidar}}) \cdot (T_{\text{komşu}} - T_{\text{oda}}) \quad (1)$$

- Yukarıdaki işlemlerde ısı taşınım katsayılarının etkisi ihmal edilmiştir. (ASHRAE Handbook 2018, Chapter 13)
- Kullanılan malzemelerin ısıl iletkenlik katsayıları aşağıda verilmiştir.

Tablo 4.1. Bazı yalıtım malzemelerinin ısı iletkenlik katsayıları

Cidar Malzemesi Adı	Isıl İletkenlik Katsayısı [W/(m.K)]
Poliüretan Panel PUR	0,025
Poliizosiyanurat PIR	0,027
Ekstrüde Polistren XPS	0,03
Ekspande Polistren EPS	0,0349
Mantar Panel	0,0351
Cam Köpüğü	0,044
Mineral Yün	0,035
Elastomerik Köpük	0,037
Fenol Köpüğü	0,02
Ahşap Yünü	0,059
Vermikülit	0,06
Perlit	0,045

- ASHRAE Handbook 2018, Chapter 13
- VDI Heat Atlas, D6

2. Ürünlerden Gelen Isı Kazançları

Ürünlerden gelen ısı kazançlarının hesaplanması için kullanıcının seçtiği ürüne ait bazı teknik değerleri girmesi istenir. Bu istenen veriler sonucunda kullanılan hesap mantığı aşağıdaki gibidir;

Öncelikle kullanıcının girdiği günlük ürün sirkülasyon oranından ürün değişim miktarı hesaplanır;

$$m_{güdm} = m_{ürün} \cdot (GÜSO/100) \quad (2)$$

Bulunan günlük ürün değişim miktarı bize bir gündeki soğuk odadaki ürün değişimi hakkında bilgi verir.

Ürünlerden gelen soğutma yükünün hesabı yapılırken, yeni giren ürün miktarının (ürün değişim miktarı), muhafaza sıcaklığına getirilmesi için harcanan enerji, toplam ürün miktarının (ürün ağırlığı) yaydığı solunum ısı ve paketleme malzemesinin sıcaklığının ürün giriş sıcaklığından muhafaza sıcaklığına düşürülürken harcanan ısı dikkate alınır.

Eğer oda sıcaklığı ürünün donma sıcaklığından büyükse aşağıdaki işlemler uygulanır;

$$Q_1 = m_{güdm} \cdot c_{p,ürün} \cdot (T_{üg} - T_{oda}) / (3,6 \cdot t_i) \quad (3)$$

$$Q_{solunum} = (m_{ürün} \cdot h_{solunum}) / 1000 \quad (4)$$

$$Q_{paket} = m_{paket} \cdot c_{p,paket} \cdot (T_{üg} - T_{oda}) / (3,6 \cdot t_i) \quad (5)$$

$$Q_{ürün} = (Q_1 + Q_{solunum} + Q_{paket}) \cdot k_{yük} \quad (6)$$

- Yukarıdaki işlemlerde ürünlere ve paketlere ait özgül ısılar ASHRAE ve VDI kaynaklarından alınmıştır. İstenildiği takdirde veri tabanından ısı değerler değiştirilebileceği gibi yeni malzemeler de eklenebilir.
- Ürünlerin solunumla verdikleri ısılar hesaplanırken solunum değerleri ASHRAE tablolarından alınmıştır. 0 °C'den küçük muhafaza sıcaklığı değerleri için solunum ısı sıfır kabul edilir. İstenildiği takdirde veri tabanından solunum ısı değerleri değiştirilebilir.

Eğer oda sıcaklığı ürünün donma sıcaklığından küçükse aşağıdaki işlemler uygulanır;

$$Q_1 = m_{güdm} \cdot c_{p,ürün} \cdot (T_{üg} - T_{donma}) / (3,6 \cdot t_i) \quad (7)$$

$$Q_2 = m_{güdm} \cdot L_{ürün} / (3,6 \cdot t_i) \quad (8)$$

$$Q_3 = m_{güdm} \cdot c_{p,ürün} \cdot (T_{donma} - T_{oda}) / (3,6 \cdot t_i) \quad (9)$$

$$Q_{solunum} = (m_{ürün} \cdot h_{solunum}) / 1000 \quad (10)$$

$$Q_{paket} = m_{paket} \cdot c_{p,paket} \cdot (T_{üg} - T_{oda}) / (3,6 \cdot t_i) \quad (11)$$

$$Q_{ürün} = (Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_{solunum} + Q_{paket}) \cdot k_{yük} \quad (12)$$

- Genelde ürünlerin donma noktaları 0 °C civarında, çoğunlukla daha da altında olduğundan ötürü solunumla gelen ısı kazancı bu durumda sıfır olarak hesaplanır.
- Ürünlere ait bilgiler ASHRAE Handbook 2018, Chapter 9'dan alınmıştır.

3. Diğer Isı Kazançları

Diğer ısı kazançları odada ürün ve cidar haricindeki ısı kazançlarının hesaplandığı bölümdür. Bu kazançların hesaplanma işlemleri aşağıdadır;

İnsan Kaynaklı Isı Kazancı

- İnsan kaynaklı ısı kazancı aşağıdaki eşitlikle hesaplanır. (ASHRAE Handbook 2018, Chapter 13)

$$Q_{insan} = (N_{insan} \cdot t_{çalışma} \cdot (272 - (6 \cdot T_{oda})) \cdot 1,25) / 24 \quad (13)$$

Aydınlatma Kaynaklı Isı Kazancı

- Bu hesaplamada ASHRAE'de ki yaklaşım kabul edilmiştir.
- Bu yaklaşıma ait LPD değerleri (Lighting Power Densities) ASHRAE Standart 90.1-2010 kaynağından elde edilebilir.

$$Q_{aydınlatma} = (LPD \cdot A_{oda} \cdot t_{çalışma}) / 24 \quad (14)$$

Fan Motoru Kaynaklı Isı Kazancı

- Daha ısı kazancı hesaplanma aşamasında olduğu için kullanıcıya tahmini bir değer girilmesi istenir. Bu girilen değer sonucunda yapılan hesaplamalar aşağıdaki gibidir;

$$Q_{fan} = P_{fan} \cdot t_{çalışma} / 24 \quad (15)$$

Defrost Kaynaklı Isı Kazancı

- Daha ısı kazancı hesaplanma aşamasında olduğu için kullanıcıya tahmini bir defrost gücü değeri girilmesi istenir. Bu girilen değer sonucunda yapılan hesaplamalar aşağıdaki gibidir;

$$Q_{defrost} = P_{defrost} \cdot t_{çalışma} / 24 \quad (16)$$

Diğer Elemanlardan Kaynaklı Isı Kazancı

- Soğuk odada varsa diğer ısı kaynaklarından gelen ısı kazancı hesaplanırken aşağıdaki denklem kullanılır.

$$Q_{diğer} = P_{diğer} \cdot t_{çalışma} / 24 \quad (17)$$

Gözetleme Camı Kaynaklı Isı Kazancı

- Gözetleme camı kaynaklı ısı kazancı hesaplanırken kullanıcıdan bazı teknik verileri girmesi istenir. Bu girilen veriler sonucunda aşağıdaki işlem yapılır.

$$Q_{\text{gözetleme}} = K_{\text{gözetleme}} \cdot A_{\text{gözetleme}} \cdot (T_{\text{komşu}} - T_{\text{oda}}) \quad (18)$$

- Buradaki $K_{\text{gözetleme}}$ değerinde standart cam ölçüleri alınarak hesaplamalar yapılmıştır. Bunlar;
 - 0,006 m cam kalınlığı,
 - 0,016 m camlar arası mesafe,

Kapı İnfiltrasyonu Kaynaklı Isı Kazancı

- Öncelikle kullanıcının kapı açılma sıklığı girmesi istenir,
- Bu aşamadan sonra sistem direkt olarak hava değişim sayısı hesaplar ve hesaplama yaparken aşağıdaki tabloyu kullanır;

Tablo 4.2. Oda hacmine bağlı hava değişim sayısı

Oda Hacmi	$T_{\text{oda}} > 0^{\circ}\text{C}$	$T_{\text{oda}} < 0^{\circ}\text{C}$
5	50,1	38
10	31,1	24,2
15	25,3	19,6
20	21,2	16,9
25	18,7	14,9
30	16,7	13,5
40	14,3	11,7
50	12,8	10,2
75	10,1	8
100	8,7	6,7
125	7,7	6
150	7	5,4
200	5,9	4,6
250	5,3	4,1
375	4,2	3,2
500	3,7	2,8
625	3,3	2,5
750	2,9	2,3
1000	2,5	1,9
1250	2,2	1,7
1800	1,66	1,42
2400	1,43	1,22
3000	1,35	1,11
4000	1,23	0,99
5000	1,17	0,93
6000	1,11	0,86
8000	1,05	0,85
10000	0,97	0,83
12000	0,91	0,81
14000	0,87	0,8

- Ara değerler interpolasyon sonucu elde edilir.
- Kullanıcı kapı açılma sıklığını çok sık seçerse ilgili değer 2'yle, seyrek seçerse ilgili değer 0,6 ile çarpılır.
- Buradan elde edilen hava değişim sayısı sonrasında aşağıdaki işlemlere tabii tutulur;

$$Q_{\text{kayı,inf}} = [V_{\text{oda}} \cdot N_{\text{hava}} \cdot (i_{\text{hava}} - i_{\text{oda}}) \cdot \rho_{\text{hava}}] / (3,6 \cdot 24) \quad (19)$$

Mekanik Havalandırma İnfiltrasyonu Kaynaklı Isı Kazancı

- Mekanik havalandırma infiltrasyonu kaynaklı ısı kazancı aşağıdaki denklem yardımıyla hesaplanır;

$$Q_{\text{mekanik,inf}} = [V_{\text{oda}} \cdot N_{\text{hava}} \cdot (i_{\text{hava}} - i_{\text{oda}}) \cdot \rho_{\text{hava}}] / (3,6 \cdot 24) \quad (20)$$

Sonuç olarak elde edilen bütün değerler aşağıda toplanarak diğer ısı kazançları değeri elde edilir.

4.1.1. Örnek Soğuk Oda Hesaplamaları

Ankara'da kurulan 10 m x 5 m x 5 m boyutlarındaki bir elma muhafaza odasına ait veriler şu şekildedir:

Elma Odası Verileri:

- Şehir: Ankara
- Mal Cinsi: Elma
- Muhafaza koşulları: Soğuk Muhafaza / +2°C / %85 bağıl nem
- Mal kütlesi: 50 Ton
- Odada muhafaza edilen 50 Ton ürünün %25'lik kısmı her gün oda dışına çıkmakta ve yerine aynı miktarda ürün girmektedir.
- Duvar Bilgileri ve Geometrik Bilgiler:
 - Et odasına komşu olmayan duvarların izolasyon malzemesi poliüretandır ve izolasyon kalınlığı 100 mm'dir.
 - Et odasına komşu olan duvarın izolasyon malzemesi poliüretandır ve kalınlığı 80 mm'dir.
 - Tavan ve döşeme duvar kalınlıkları 100 mm ve izolasyon malzemesi olarak poliüretan kullanılmıştır.
- Muhafaza edilecek mal ahşap kutularda depo edilecek olup, toplam ahşap kütlesi 350 kg'dır.
- Ürünlerden gelen ısı kazancı için yükleme katsayısı (emniyet için) 1,2 alınacaktır.
- Soğutma sisteminin fan gücü 900 Watt'tır ve soğutma sisteminin günde 16 saat çalışması planlanmaktadır.
- Odaya ortalama olarak günde 4 insan girmekte ve her biri odada ortalama 2 saat kalmaktadır.
- Odada günde toplam 2 saatlik defrost yapılacak olup toplam defrost gücü 350 Watt'tır.
- Odada her metrekare için 3 Watt'lık bir aydınlatma enerjisi harcanmaktadır ve 10 saatlik bir aydınlatma yapılacaktır.
- Odada diğer ısı kazançları 300 Watt olup, bu ısı kaynakları günde ortalama 6 saat çalışmaktadır.
- Odada gözetleme camı olarak ikili cam kullanılacak olup, gözetleme camının alanı 0,5 m²'dir.
- Odada kapı açılma sıklığı çok siktir.
- Odada mekanik havalandırma yapılmamaktadır.
- Ürünler 24 saatte muhafaza sıcaklığına getirilecektir.
- Odaya ait proje bilgileri Şekil 4.1'de verilmektedir.

Proje Adı	Ankara Soğuk Oda Projesi
Oda Adı	Elma Odası
Oda Tipi	Soguk Muhafaza (-5 °C / +8 °C)
Oda Şekli	Dikdörtgen Oda
Oda Sıcaklığı (°C)	2
Oda Bağıl Nemi (%)	85
Şehir	ANKARA
Dış Ortam Sıcaklığı (°C)	35
Dış Ortam Bağıl Nemi (%)	24
Rakım (m)	870
Varsayılan Kapasite Birimi	Watt

Seçim Listesi			
	Proje Adı	Oda Adı	Kayıt Tarihi
1	Ankara Soğuk Oda Projesi	Elma Odası	07/03/2015

Şekil 4.1. Cidarlardan Gelen Isı Kazancı

- Odaya ait geometrik bilgiler aşağıdaki gibidir.

Cıdarlardan Gelen Isı Kazancı						
Oda Şekli ve İç Yüksekliği	Cıdar	Cıdar Malzemesi	Kalınlık	Uzunluk Yükseklik	Komşu Mahal Sıcaklığı	
Dikdörtgen Oda	-	-	mm	m	°C	
	W1	Poliüretan Panel PUR	100	5	35	
	W2	Poliüretan Panel PUR	80	10	-20	
	W3	Poliüretan Panel PUR	100	5	35	
	W4	Poliüretan Panel PUR	100	10	35	
	Döşeme	Poliüretan Panel PUR	100		35	
	Tavan	Poliüretan Panel PUR	100		35	
	Yükseklik				5	
	Toplam Isı Kazancı		1306.25			

Şekil 4.2. Odaya ait geometrik bilgiler

4.1.1. Cıdarlardan gelen ısı kazancı

$$Q_{\text{cıdar}} = A_{\text{duvar}} \cdot (k_{\text{cm}} / d_{\text{cıdar}}) \cdot (T_{\text{komşu}} - T_{\text{oda}})$$

bağıntısı her duvar için ayrı ayrı uygulanıp toplanır. Poliüretan panel için ısı transfer katsayısı ASHRAE standartlarına uygun olarak 0,025 W/ m K kabul edilmiştir.

$$Q_{w1} = (5 \cdot 5) \cdot (0,025 / (100 / 1000)) \cdot (35 - 2) = 206,25 \text{ Watt}$$

$$Q_{w2} = (10 \cdot 5) \cdot (0,025 / (80 / 1000)) \cdot ((-20) - 2) = -343,75 \text{ Watt}$$

$$Q_{w3} = (5 \cdot 5) \cdot (0,025 / (100 / 1000)) \cdot (35 - 2) = 206,25 \text{ Watt}$$

$$Q_{w4} = (10 \cdot 5) \cdot (0,025 / (100 / 1000)) \cdot (35 - 2) = 412,5 \text{ Watt}$$

$$Q_{\text{döşeme}} = (10 \cdot 5) \cdot (0,025 / (100 / 1000)) \cdot (35 - 2) = 412,5 \text{ Watt}$$

$$Q_{\text{tavan}} = (10 \cdot 5) \cdot (0,025 / (100 / 1000)) \cdot (35 - 2) = 412,5 \text{ Watt}$$

$$Q_{\text{cıdar}} = 206,25 + (-343,75) + 206,25 + 412,5 + 412,5 + 412,5 + 412,5 = 1306,25 \text{ Watt}$$

4.1.1.2. Ürünlerden Gelen Isı Kazancı

- Ürünler için girilen bilgiler aşağıdaki gibidir.

		Ürün 1	Ürün 2	Ürün 3	Ürün 4
Ürün Sınıfı	-	Meyve ▾	Seçin ▾	Seçiniz ▾	Seçin ▾
Ürün Adı	-	Elma ▾	▾	▾	▾
Ürün Giriş Sıcaklığı	°C	35	0	0	0
Ürün Ağırlığı	kg	50000	0	0	0
Ürün Sirkülasyon Oranı	%	25	0	0	0
Ürün Değişim Miktarı	kg	12500	0	0	0
İşlem Süresi	h	24	0	0	0
Paketleme Malzemesi	-	Ahşap ▾	Yok ▾	Yok ▾	Yok ▾
Paket Ağırlığı	kg	350	0	0	0
Yükleme Katsayısı	-	1,2	0	0	0
QP	Watt	19617,47	0	0	0
Toplam Isı Kazancı		23540,95	Watt		

Şekil 4.3. Ürüne ait bilgiler

Tablo 4.3. Elmanın ASHRAE standartlarına göre ısı değerleri

Ürün Adı	Donma Sıcaklığı	C _p (Donmadan Önce)	C _p (Donmadan Sonra)	Donma Gizli Isısı	Solunum (0°C)	Solunum (5°C)	Solunum (10°C)	Solunum (15°C)	Solunum (20°C)
Birimi	°C	kJ/(kg.K)	kJ/(kg.K)	kJ/(kg.K)	W/ton	W/ton	W/ton	W/ton	W/ton
Elma	-1,1	3,81	1,98	280	18	31	60	92	121

Seçilen paketleme malzemelerinin ısı değerleri aşağıdaki gibidir. (VDI Heat Atlas)

Paket Adı	Özgül Isısı
-	kJ / (kg. K)
Ahşap	2

Oda sıcaklığı ürünün donma sıcaklığından büyük olduğu için (2), (3), (4), (5), (6) no'lu denklemler kullanılır.

$$m_{güdm} = m_{ürün} \cdot (GÜSO/100)$$

$$m_{güdm} = 50000 (25/100)$$

$$m_{güdm} = 12500$$

$$Q_1 = m_{güdm} \cdot c_{p,ürün} \cdot (T_{üg} - T_{oda}) / (3,6 \cdot t_i)$$

$$Q_1 = 12500 \cdot 3,81 \cdot (35 - 2) / (3,6 \cdot 24) = 18190,1 \text{ Watt}$$

$$Q_{solunum} = (m_{ürün} \cdot h_{solunum}) / 1000$$

$$Q_{solunum} = 50000 \cdot 23,2 / 1000 = 1160 \text{ Watt}$$

(Oda sıcaklığı 2°C olduğu için tabloda yapıla interpolasyonla h = 23,2 bulunur.)

$$Q_{\text{paket}} = m_{\text{paket}} \cdot c_{p,\text{paket}} \cdot (T_{\text{üg}} - T_{\text{oda}}) / (3,6 \cdot t_i)$$

$$Q_{\text{paket}} = 350 \cdot 2 \cdot (35 - 2) / (3,6 \cdot 24) = 267,36 \text{ Watt}$$

$$Q_{\text{ürün}} = (Q_1 + Q_{\text{solumun}} + Q_{\text{paket}}) \cdot k_{\text{yük}}$$

$$Q_{\text{ürün}} = (18190,1 + 1160 + 267,36) \cdot 1,2 = 23540,95 \text{ Watt}$$

4.1.1.3. Diğer Isı Kazançları

• Diğer ısı kazançlarıyla ilgili girilen veriler aşağıdaki gibidir.

İnsan	4	Adet	2	h/gün	108.33	Watt
Aydınlatma	3	W/m2	10	h/gün	62.50	Watt
Fan Motoru	900	Watt	16	h/gün	600.00	Watt
Defrost	350	Watt	2	h/gün	29.17	Watt
Diğer	300	Watt	6	h/gün	75.00	Watt

Şekil 4.4. Diğer ısı kazançları

Diğer ısı kazançları için (13), (14), (15), (16), (17) no'lu eşitlikler kullanılırlar.

$$Q_{\text{insan}} = (N_{\text{insan}} \cdot t_{\text{çalışma}} \cdot (272 - (6 \cdot T_{\text{oda}})) \cdot 1,25) / 24$$

$$Q_{\text{insan}} = (4 \cdot 2) \cdot (272 - (6 \cdot 2)) \cdot 1,25 / 24 = 108,33 \text{ Watt}$$

$$Q_{\text{aydınlatma}} = (LPD \cdot A_{\text{oda}} \cdot t_{\text{çalışma}}) / 24$$

$$Q_{\text{aydınlatma}} = (3 \cdot 50 \cdot 10) / 24 = 62,5 \text{ Watt}$$

(Alan olarak döşeme alanı alınmış ve alan $5 \cdot 10 = 50 \text{ m}^2$ olarak hesaplanmıştır.)

$$Q_{\text{fan}} = P_{\text{fan}} \cdot t_{\text{çalışma}} / 24$$

$$Q_{\text{fan}} = 900 \cdot 16 / 24 = 600 \text{ Watt}$$

$$Q_{\text{defrost}} = P_{\text{defrost}} \cdot t_{\text{çalışma}} / 24$$

$$Q_{\text{defrost}} = 350 \cdot 2 / 24 = 29,17 \text{ Watt}$$

$$Q_{\text{diğer}} = P_{\text{diğer}} \cdot t_{\text{çalışma}} / 24$$

$$Q_{\text{diğer}} = 300 \cdot 6 / 24 = 75 \text{ Watt}$$

- Gözetleme camı kaynaklı ısı kazançları aşağıdaki gibidir.

Gözetleme Camı	İkili Cam ▼	
Alanı	0,5	m2
Komşu Mahal Sıcaklığı	35	C
Gözetleme Camı Isı Kazancı	44,55	Watt

Şekil 4.5. Gözetleme camı kaynaklı ısı kazançları

Gözetleme camı kaynaklı ısı kazancı hesabı (18) no'lu denkleme göre hesaplanır.

$$Q_{\text{gözetleme}} = K_{\text{gözetleme}} \cdot A_{\text{gözetleme}} \cdot (T_{\text{komşu}} - T_{\text{oda}})$$

$$Q_{\text{gözetleme}} = 2,7 \cdot 0,5 \cdot (35 - 2) = 44,55 \text{ Watt}$$

(İkili cam için gözetleme camı katsayısı 2,7 kabul edilmiştir.)

- Kapı infiltrasyonu ısı kazancı veri girişleri ve sonucu aşağıdaki gibidir.

Kapı Açılma Sıklığı	Çok Sık ▼	
Günlük Hava Değişim Sayısı	10,6	
Kapı Komşu Mahal Sıcaklığı	35	C
Kapı Komşu Mahal Nemi	24	%
İnfiltrasyon Camı(Isı Kazancı)	1463,86	Watt

Şekil 4.6. Kapı infiltrasyonu ısı ısı kazançları

Kapı infiltrasyonu ısı kazancı (19) no'lu denkleme göre hesaplanır.

$$Q_{\text{kapı,inf}} = [V_{\text{oda}} \cdot N_{\text{hava}} \cdot (i_{\text{hava}} - i_{\text{oda}}) \cdot \rho_{\text{hava}}] / (3,6 \cdot 24)$$

$$Q_{\text{kapı,inf}} = [250 \cdot (5,3 \cdot 2) \cdot (59,13 - 12,34) \cdot (1 / 0,98)] / (3,6 \cdot 24) = 1463,86 \text{ Watt}$$

(Oda hacmi 500 m³ ve oda sıcaklığı 0°C'in üstünde olduğu için hava değişim sayısı tablodan 5,3 olarak okunmuştur.)

(Dış ortam havasının özgül hacmi 0,98 kg/m³ olarak hesaplanmıştır.)

• Mekanik havalandırma infiltrasyonu veri girişleri ve sonucu aşağıdaki gibidir.

Günlük Hava Değişim Sayısı	0	
Dış Ortam Sıcaklığı	35	C
Dış Ortam Bağıl Nemi	24	%
İnfiltrasyon(Havalandırma Isı Kazancı)	0.00	Watt

Şekil 4.7. Mekanik havalandırma ısı kazançları

Mekanik havalandırma infiltrasyonu ısı kazancı (20) no'lu denkleme göre hesaplanır.

$$Q_{\text{mekanik,inf}} = [V_{\text{oda}} \cdot N_{\text{hava}} \cdot (i_{\text{hava}} - i_{\text{oda}}) \cdot \rho_{\text{hava}}] / (3,6 \cdot 24)$$

$$Q_{\text{mekanik,inf}} = [500 \cdot 0 \cdot (59,13 - 12,35 \cdot (1 / 0,98))] / (3,6 \cdot 24) = 0 \text{ Watt}$$

(Dış ortam havasının özgül hacmi 0,98 kg/m³ olarak hesaplanmıştır.)

Diğer ısı kazançları toplamı:

$$Q_{\text{diğer}} = 108,33 + 62,5 + 600 + 29,17 + 75 + 44,55 + 1463,86 + 0$$
$$= 2383,41 \text{ Watt}$$

$$\text{Toplam Isı Kazancı} = Q_{\text{cidar}} + Q_{\text{ürün}} + Q_{\text{diğer}}$$
$$= 1306,25 + 23540,95 + 2383,41$$
$$= 27230,6 \text{ Watt}$$

olarak hesaplanır.

4.2. SOĞUTMA DEVRESİ BORU TASARIMI

Boru çaplarının büyük seçilmesi basınç kayıplarının azaltılmasına dolayısıyla verimin artmasına neden olmaktadır. Diğer taraftan boru çaplarının büyümesi ilk yatırım maliyetlerinin artmasına neden olmaktadır. Ayrıca yağın tekrar kompreöre taşınabilmesi için tanımlanan minimum hız değerleri bulunmaktadır. Sistem tasarımı yaparken hiçbir boru hattında bu hız değerleri minimum değerinin altına inmemelidir. Diğer taraftan hız arttığı zaman basınç kayıplarının artacağı ve sistem veriminin düşeceği bilenen bir gerçektir. Literatür ve uygulama tecrübeleri bu değerlerin;

- Basma hattı
- Sıvı hattı
- Emiş Hattı

arasında olduğunu belirtmektedir.

Boru hatlarının tasarımında yağın dönüşü ve basınç kayıplarının düşük olması için optimum boru çapının belirlenmesi önemli bir kriterdir. Burada;

Her boru hat için yağın sürüklenebileceği hız değerleri belirlenmeli ve

1. Basma (gidiş) hattı: (kompresör çıkışı- kondenser girişi)
2. Kondenser
3. Sıvı (likit) hattı: (kondenser veya likit tankı çıkışı-genleşme vanası girişi)
4. Emiş (dönüş) hattı: evaporatör çıkışı- kompresör emişi)

4.2.1. Genel tasarım kriterleri

- Soğutma sisteminde kullanılan tüm evaporatörlere yeterli miktarda soğutucu akışkan gönderilebilmelidir.
- Boru hatlarındaki basınç kayıpları minimize edilmelidir. Tasarım ve montaj aşamasında bu durum sürekli takip ve kontrol edilmelidir.
- Boru çapları, dolayısıyla soğutucu akışkanın hızı, yağ dönüşümü ve basınç kayıpları için optimum değerlerde seçilmelidir.
- Kompresöre soğutucu akışkanın kızgın buhar olarak girmesi sağlanmalı ve kompresöre sıvı yürütmesi riski olmalıdır.
- Genleşme vanasına (basınç düşürücüye) akışkanın tamamen sıvı olarak girmesi sağlanmalıdır. Soğutucu akışkanın genleşme vanasından önce buharlaşmasına izin verilmemelidir.
- Sisteme yağ karışımı minimize edilmeli ve karışan yağın mutlaka kompresöre tekrar dönüşümü sağlanmalıdır. Özellikle yağın evaporatörlerde birikme riski daha fazla olduğu için sistem tasarım sıcaklıklarına uygun viskoziteli yağ seçilmelidir.
- Kapasite kontrollü cihazlarda kompresör ve genleşme vanası çalışmalarının senkronize olmasına dikkat edilmelidir. Kapasite kontrollü kompresör kullanılan sistemlerde elektronik genleşme vanası kullanılması önerilmeli ve otomasyon olarak birbiri ile ilişkili çalışmaları sağlanmalıdır.

4.2.2. Boru Çaplarının Belirlenmesi

Genel olarak soğutma sistemlerinde kullanılan boru malzemeleri sistemin boyutuna, uygulama alanına, kullanılan soğutucu akışkana, malzemenin fiyat ve iş gücüne bağlıdır. Soğutma sistemlerinde genelde kullanılan boru malzemesi, siyah demir, dövme çelik, bakır ve pirinçtir. Bakır ve pirinç istisnai durum göstererek soğutucu akışkan olarak amonyak kullanıldığı sistemlerde kullanılmaz. Çünkü nem olması durumunda amonyak demir içermeyen metallerle reaksiyona girer.

Bakır, siyah çelik ve dövme demirle kıyaslandığında ağırlık hafif, aşınmaya karşı daha fazla direnç ve kolaylıkla şekil alabilme gibi özelliklerde üstünlük sağlar.

Amonyak hariç bütün soğutucu akışkanlarda 100 mm'ye kadar olan dış çaplarda malzeme olarak bakır ya da çelik kullanılır. Dış çap 100 mm'den büyük olduğunda çelik kullanılmalıdır. Fakat, genellikle pratikte boru dış çapı 50 mm'yi aştığında çelik kullanılır. Dövme demir boruları siyah çelikten pahalı olmalarına rağmen aşınmaya karşı gösterdikleri direncin büyüklüğünden dolayı bazen siyah çeliğin yerine kullanılır.

Bakır borular sert ya da yumuşak tavllanmış olarak mevcuttur. Sert çekilmiş bakır borular düz olarak 6 m uzunluğundadır. Buna karşılık yumuşak tavllanmış bakır borular, genellikle 7,5 m ve 15 m uzunluğunda paketlenmiş serpantin şeklindedir. Sadece K ve L tipleri soğutucu akışkan hatları için uygundur.

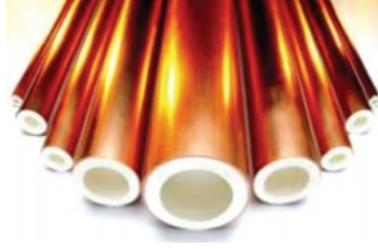
Yumuşak tavllanmış bakır borular 20 mm iç çapa kadar soğutucu akışkan hatlarında, eğilme ve bükülme gerektiğinde, havşa bağlantılarında ve soğutucu akışkan tiplerinin başka bir borunun içinden geçtiği durumlarda kullanılabilir. 20 mm'den büyük çaplarda ve 20 mm altındaki çaplarda sertlik istendiğinde sert tavllanmış bakır borular kullanılabilir.

İyi tasarlanmış bir borulama sisteminin sonuçları; ilk yatırım maliyeti, basınç kayıpları ve sistem emniyeti arasında bir denge sağlanmasıdır. İlk yatırım maliyeti boru çaplarına ve boru tesisat projesini etkiler. Borulardaki basınç kayıplarının, sistem performansını ve kapasitesini olumsuz etkilemesinden kaçınmak için, en düşük düzeyde tutulması gerekir. Boru tesisatı sonradan bağlanan tüm sistemlerde kompresör yağı soğutma sistemine geçer ve sonra geri döner. Tam ve kısmi yük durumlarında yağın kompresöre dönebilmesi için boru hatlarında minimum hızın sağlanması gerekir. Bu şartların asgari olarak sağlanması için:

- Yatay emme ve basma hatlarında akış hızı 2,5 m/s'den düşük olmamalı
- Dikey emme ve basma hattı yükseltilerinde 5 m/s'den düşük olmamalı
- Sıvı hattındaki solenoid valflerin açılıp kapanmasında sıvı vuruntusundan korunmak için sıvı hatlarında hızın 1,5 m/s'yi aşmaması gerekir.

Sert çekilmiş bakır borular halokarbon soğutma sistemlerinde kullanılmaktadır. İklimlendirme ve soğutma (İKS) uygulamaları için K ve L tipleri uygundur. M tipi pek kullanılmaz çünkü boru cidar kalınlığı çok azdır. Bakır boruların anma ölçüleri dış çapa göre verilir. Tipik ölçüleri 5/8", 7/8", 1-1/8" gibidir (Tablo 4.4).

İklimlendirme soğutma (İKS) uygulamalarında kullanılacak bakır boruların nemi alınır, içlerine azot doldurulur ve giriş-çıkışları üretici firma tarafından tapa ile kapatılır (Şekil 1).



Şekil 4.8. İKS alanında kullanılan bakır borular

Sert çekilmiş bakır borularda bağlantıları yapmak için dirsek ve Te gibi bağlantı elemanları kullanılır. Tüm bağlantılar iyi yetişmiş bir teknisyen tarafından oksijen-asetilen üfleci ile sert lehim yapılmalıdır. Bu işlem yapılırken iç kısımlarda kurum (bakır oksit) oluşmaması için bakır boru içine bir ucu atmosfere açık şekilde hafif basınçlandırılmış azot verilmelidir. Daha önce bahsedildiği gibi soğutma hatları ilk yatırım maliyeti ve basınç kayıpları arasındaki dengeye göre seçilirken bu durumda yağlı kompresöre taşıyabilecek minimum akış hızlarını da sağlamalıdır. Basınç kayıpları hesaplanırken tüm bağlantı elemanlarının kayıpları eşdeğer düz boru uzunluğuna (metre) dönüştürülür. Daha sonra kPa veya bar değerine dönüştürülür.

4.2.3. Basınç Kaybı ve Sıcaklık Değişimi

Soğutucu akışkan boru içinden geçerken basınç düşmesine maruz kalır ve soğutucu akışkan doyma sıcaklığı değişir. Doyma sıcaklığı ve basıncındaki bu düşme kompresör performansını olumsuz etkiler. Uygun soğutma sistemi tasarımı ile bu düşme her hat için 1,1°C'den daha az olacak şekilde düzenlenir. Böylelikle bu sıcaklık farkına karşılık gelen kPa cinsinden basınç farkına uygun soğutma aksesuarları seçilir.

Örnek olarak 88 kW soğutma yapan bir yoğuşma ünitesi 7,2°C doymuş emme hattı sıcaklığındadır. 1,1°C'lik hat kaybı olduğunu kabul edersek evaporatör 7,2°C doyma sıcaklığında 88 kW soğutma yapacak şekilde boyutlandırılacaktır. Tablo 4.5 yaygın olarak kullanılan çeşitli soğutucu akışkanlar için basınç düşmesine karşılık basınç ve sıcaklık değişimleri karşılaştırılmalı olarak gösterilmiştir. Örnek olarak R-22 için 1,1°C'lik sıcaklık farkında 20,7 kPa basınç kaybı oluşmaktadır. Aynı şekilde R-410A'da 20,7 kPa'lık basınç kaybında 0,7°C'lik sıcaklık farkı oluşmaktadır.

Tablo 4.4. Bakır boru ölçüleri

Nominal Çap	Tip	Et Kalınlığı (mm)	Çap		Dış Yüzey Alanı		Kesit Alanı		Boru Ağırlığı (kg/m)	ASTM B588'e Göre 120°C'de Çalışma Basıncı	
			Dış Çap D (mm)	İç Çap d (mm)	Dış Yüzey Alanı (m ² /m)	İç Yüzey Alanı (m ² /m)	Dış Çap (mm ²)	İç Çap (mm ²)		Yumuşak Çekme (MPa)	Sert Çekme (MPa)
12	K	1,24	12,7	10,21	0,04	0,032	45	82	0,4	6,164	11,556
	L	0,89	12,7	10,92	0,04	0,0344	33	94	0,295	4,399	8,253
15	K	1,24	15,88	13,39	0,05	0,0421	57	141	0,512	4,93	9,246
	L	1,02	15,88	13,84	0,05	0,0436	48	151	0,424	4,027	7,543
18	K	1,24	19,05	16,56	0,06	0,0521	70	215	0,622	4,109	7,702
	L	1,07	19,05	16,92	0,06	0,053	60	225	0,539	3,523	6,605
22	K	1,65	22,23	18,92	0,07	0,0594	106	281	0,954	4,668	8,757
	L	1,14	22,3	19,94	0,07	0,0628	75	31	0,677	3,234	6,061
28	K	1,65	28,58	25,27	0,09	0,0792	139	502	1,249	3,634	6,812
	L	1,27	28,58	26,04	0,09	0,0817	109	532	0,973	2,792	5,24
35	K	1,65	34,93	31,62	0,11	0,0994	173	785	1,543	2,972	5,571
	L	1,4	34,93	32,13	0,11	0,1009	147	811	1,316	2,517	4,716
42	K	1,83	41,28	37,62	0,13	0,1183	226	1111	2,025	2786	5,226
	L	1,52	41,28	38,23	0,13	0,201	190	1148	1,701	2,324	4,351
54	K	2,11	53,98	49,76	0,17	0,1564	343	1945	3,07	2,455	4,606
	L	1,78	53,98	50,42	0,17	0,1584	292	1997	2,606	2,069	3,951
67	K	2,41	66,68	61,85	0,209	0,1942	487	3004	4,35	2,275	4,268
	L	2,03	66,68	62,61	0,209	0,1966	413	3079	3,69	1,917	3,592
79	K	2,77	79,39	73,84	0,249	0,232	666	4282	5,96	2,193	4,109
	L	2,29	79,39	74,8	0,249	0,235	554	4395	4,95	1,813	3,392
92	K	3,05	92,08	85,98	0,289	0,2701	852	5806	7,62	2,082	3,903
	L	2,54	92,08	87	0,289	0,2733	714	5944	6,39	1,738	3,254
105	K	3,4	104,78	97,97	0,329	0,3078	1084	7538	9,69	2,041	3,827
	L	2,79	107,78	99,19	0,329	0,3115	895	7727	8,88	1,675	3,144
130	K	4,06	130,18	122,05	0,409	0,3834	1610	11699	14,39	1,965	3,682
	L	3,18	130,18	123,83	0,409	0,3889	1266	12042	11,32	1,531	2,875
156	K	4,88	155,58	145,82	0,489	0,4581	2309	16701	20,64	1,972	3,696
	L	3,56	155,58	148,46	0,489	0,4663	1698	17311	15,18	1,434	2,696
206	K	6,88	206,38	192,61	0,648	0,605	4314	29137	38,56	2,096	3,93
	L	5,08	206,38	196,22	0,648	0,6163	3212	30238	28,71	1,544	2,903

Tablo 4.5. Basınç kayıplarının sıcaklık karşılıkları

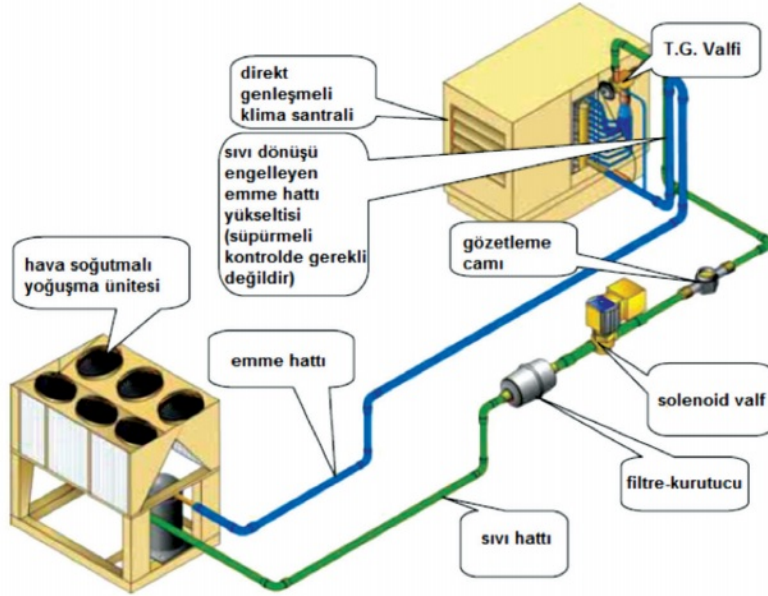
Soğutucu akışkan	Emme hattı basınç kaybı		Basma hattı basınç kaybı		Sıvı hattı basınç kaybı	
	[°C]	[kPa]	[°C]	[kPa]	[°C]	[kPa]
R-22	1,1°C	20,1	0,56	21	0,56	21
R-407C	1,1°C	20,1	0,56	22,8	0,56	24,1
R-410A	1,1°C	31,0	0,56	32,8	0,56	32,8
R-134a	1,1°C	13,3	0,56	15,2	0,56	15,2

4.2.4. Sıvı Hatları

Sıvı hatları kondenser ile evaporatörü bağlar ve soğutucu akışkanı TGV'ye taşır. Soğutucu akışkan sıvı hattında kaynamaya başlıyorsa basınç kaybı çok yüksek veya yükseklik farkı çok fazladır. Sıvı hattındaki basınç kaybindan dolayı oluşan kaynamayı önlemenin tek yolu soğutucu akışkanı aşırı soğutmaktır.

Gerçek hat boyutu 1,1°C ila 1,7°C'den daha fazla basınç kaybı oluşturmamalıdır. Gerçek basınç kaybı (kPa) soğutucu akışkana bağlıdır.

Sıvı hatlarının aşırı büyük seçilmesi önerilmez çünkü sistemdeki soğutucu akışkan şarj miktarını artırır. Bu durum yağ şarj miktarını da etkiler.



Şekil 4.9. Direkt genişmeli klima santrali ve yoğuşma ünitesi

Şekil 4.9 kondenseri evaporatörün altında göstermektedir. Sıvı soğutucu akışkan kondenserden evaporatöre doğru çıkarıldığı için soğutucu akışkan basıncı düşecektir. Farklı soğutucu akışkanlar yüksekliğe bağlı olarak farklı basınç değişimlerine sahiptir. Tablo 4.6'da farklı soğutucu akışkanlara ait değerler verilmiştir. Sıvı hattındaki toplam basınç kayıpları sürtünme kayıpları ile yükseltideki sıvı soğutucu akışkan ağırlığının toplamıdır.

Tablo 4.6. Sıvı hattındaki yükseltelerde soğutucu akışkan basınç kayıpları

Soğutucu Akışkan	Yükseltideki Basınç Düşümü [kPa/m]
R-22	11.31
R-407C	10.63
R-410A	9.73
R-134a	11.31

Bu durumda genişleme valfinden yalnızca aşırı soğutulmuş bir soğutucu akışkan kabarcıklaşmaktan korunur. Şayet kondenser evaporatörden yukarı seviyeye yerleştirilmiş olsaydı ağırlıktan dolayı oluşan ilave basınç aşırı soğutma olmaksızın sıvı hattında kabarcıklaşmayı önleyecekti.

Genleşme valfindeki aşırı soğutma valfin doğru çalışması için çok önemlidir. Üretici firma talimatnameleri takip edilmelidir. Şayet bu mümkün değilse TGV girişinde 2,2 ila 3,3°C aşırı soğutma uygun olmaktadır.

Sıvı hatlarında çeşitli soğutma elemanları ve aksesuarları yerleştirilmektedir (Şekil 4.10). İzolasyon valfleri ve servis çıkışları gereklidir. Genellikle soğutucu akışkanı kondenser ve sıvı hattında toplamak için sıvı hattında izolasyon valflerinin bulunması istenmektedir.



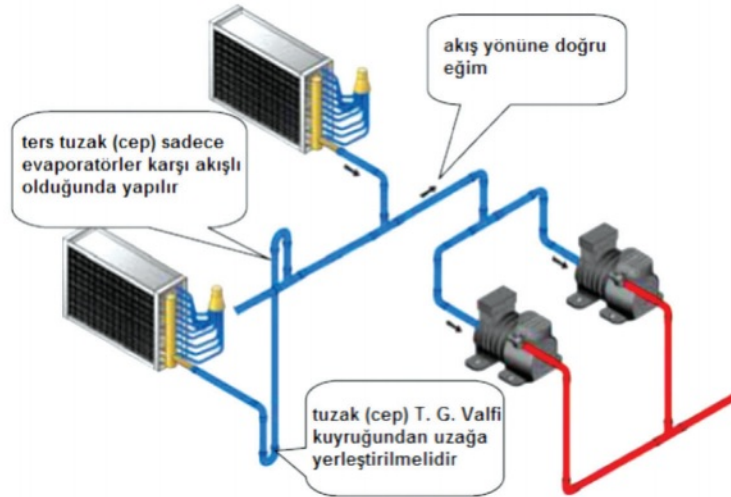
Şekil 4.10. Soğutma sistem aksesuarları

4.2.5. Emme Hatları

Emme hatları soğutucu akışkan buharını evaporatörden kompresör girişine taşır. Emme hattının normalden küçük seçilmesi kompresör kapasitesini düşürerek evaporatörde istenen sıcaklığın sağlandığı düşük basıncın yetersiz olmasına neden olur. Tersine boru çaplarının büyük seçilmesi ilk yatırım maliyetini artırır ve düşük akış hızı yağın kompresöre yeterli olarak geri dönmesini engeller. Bu durum özellikle emme hattı yükseltmelerinin kullanıldığı durumlarda önemlidir. Emme hatları en fazla 1,1°C ila 1,7°C arasında basınç kaybı olacak şekilde seçilmelidir. Gerçek basınç kaybı kPa olarak soğutucu akışkana bağlıdır.

Çalışırken emme hattı kızgın soğutucu akışkan ve yağ ile doludur. Yağ borunun alt kısmında, soğutucu akışkan buharı üst taraftan hareket eder. Sistem durduğunda soğutucu buharı çevre sıcaklığına bağlı olarak yoğuşabilir. Bu durum sistem tekrar çalıştığında kompresöre sıvı sürüklenmesine neden olur.

Yağ dönüşünü sağlamak için soğutucu akışkan hatları akış yönüne doğru (10 mm/m) eğim verilmelidir. Evaporatör bağlantılarına ayrı bir özen gösterilmelidir. Özellikle bekleme anında evaporatörde büyük miktarda yoğuşmuş soğutucu akışkan bulunabilir. Kompresöre sıvı sürüklenmesini en aza indirmek için evaporatör emme hattından yağ cepleriyle izole edilmelidir.



Şekil 4.11. Uzak mesafedeki evaporatörler için borulama detayı

4.2.6. Basma Hatları

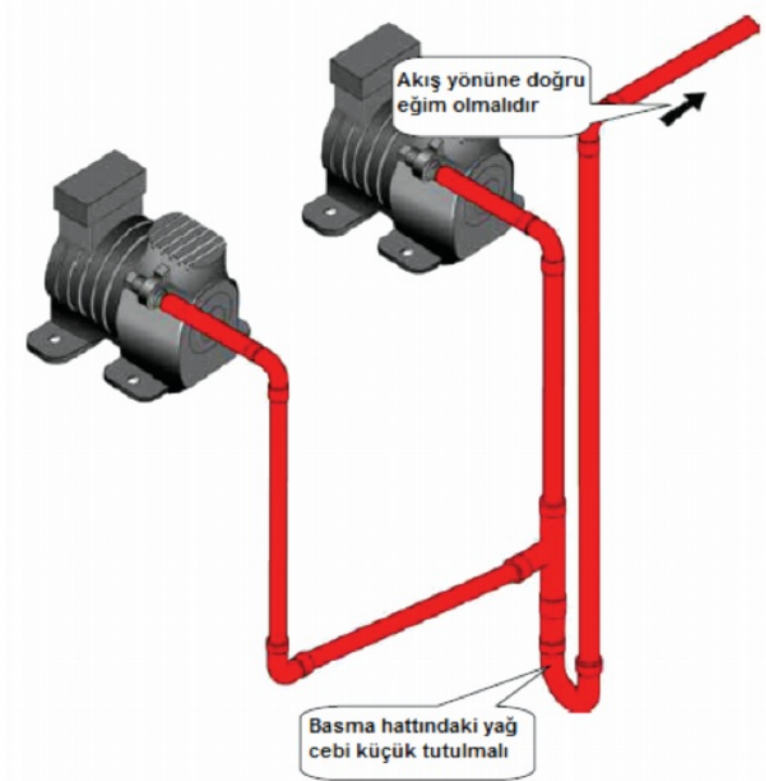
Basma gaz hatları (sıklıkla sıcak gaz hattı olarak anılır) kompresörde basılan soğutucu akışkanı kondenser girişine taşır. Düşük çaplı basma hatları kompresör basma kapasitesini azaltır ve onun işini artırır. Basma boru hattının gereğinden büyük seçilmesi ilk yatırım maliyetini artırır, yağın kompresör kafasına geri dönmesine neden olur.

Basma boru hatları en fazla 1,1 °C ila 1,7 °C arasında basınç kaybı olacak şekilde seçilmelidir. Gerçek basınç kaybı kPa olarak soğutucu akışkana bağlıdır.

4.2.6.1. Basma Hattı Borulama Detayları

Basma hatları hem soğutucu akışkan buharını hem de yağı taşır. Bekleme (durma) konumunda soğutucu akışkan yoğuşacağından boru hattı kompresöre sıvı dönmeyecek şekilde tasarlanması gerekir. Yükseltelerin alt kısmına yerleştirilen yağ tuzakları sayesinde bekleme anında yağın kompresöre geri gelemeyip burada toplanması sağlanır. Uygun boyutlandırılmış yükseltelerde ara yağ cepleri gereksizdir ve basınç kayıplarını artırır. Basma hatları kondensere doğru 10,4 mm/m eğimde yapılmalıdır (Şekil 4.12).

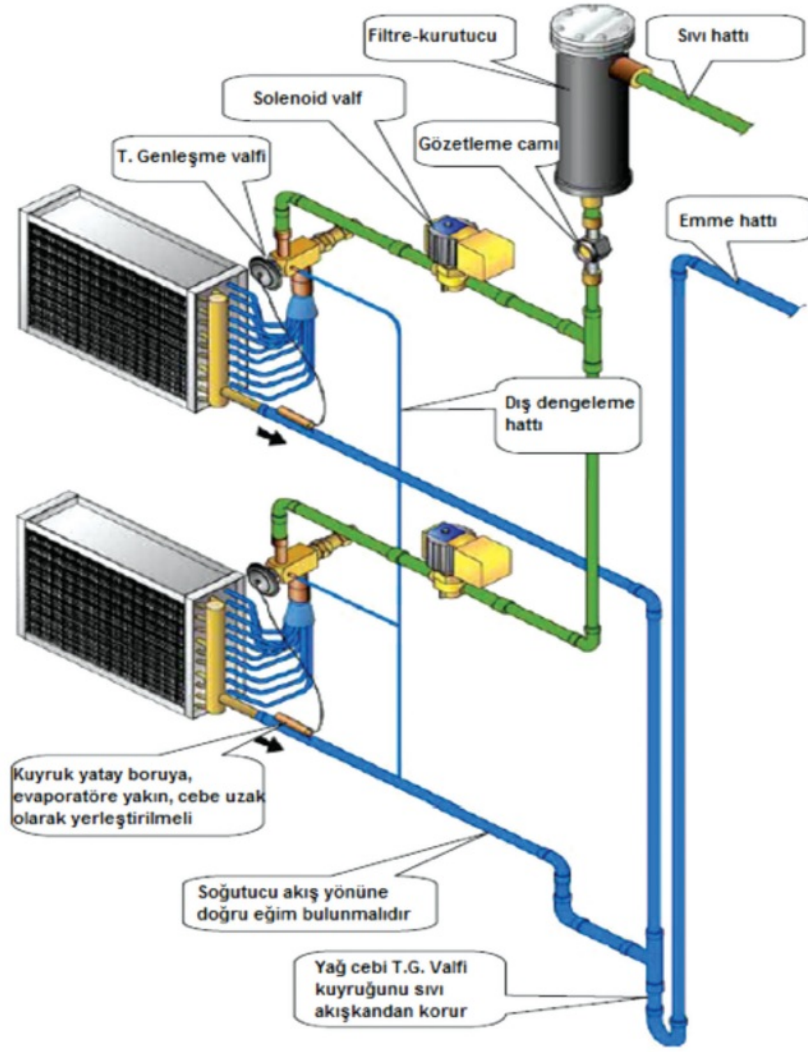
Herhangi bir durumda kondenser kompresörden yükseğe yerleştirilirse kondenser girişine çek valf konularak durma anında kompresöre sıvı dönmesi engellenmiş olur. Bazı durumlarda basma hattına yerleştirilen susturucunun yağın kompresöre dönüşünü engellemesi için yatay ve akış yönüne doğru eğimli olarak kompresöre yakın yerleştirilmesi gerekir.



Şekil 4.12. Basma hattı borulama detayları

4.2.6.2. Çoklu Evaporatör Bağlantıları

Bir çok iklimlendirme uygulamalarında bir soğutma devresine tek bir evaporatör bağlanırken çoklu evaporatörlerde bağlanabilmektedir. Şekil 4.13 tek bir yoğuşma ünitesine iki adet doğrudan genişmeli (DX) evaporatör bağlantısını göstermektedir. Her evaporatör kendi solenoid ve termostatik genişleme valfine sahiptir. Her dağıtıcı için ayrı bir termostatik valf bulunmalıdır. Bireysel solenoid valfler her bir evaporatörün bağımsız çalışmasına (kapasite kontrolü) olanak verir. Tek bir solenoid valfle her iki evaporatör de birlikte bağlanabilir. Bu durumda her iki evaporatör de aynı anda çalışacaktır.



Şekil 4.13. Bir soğutma sisteminde çoklu evaporatör uygulaması

4.2.7. Soğutucu Akışkan Hatlarının Boyutlandırılması

Emme ve basma hatları için veriler 0,28, 0,56 ve 1,7°C doymuş emme hattı sıcaklık değişimine (basınç kaybına) göre verilmiştir. Sıvı hatları ise 0,56°C doyma sıcaklık değişimi için verilmiştir.

Tablo verileri 40°C yoğuşma sıcaklıklarına göre verilmiş olup (su soğutmalı gruplara uygun olarak) diğer hava soğutmalı kondensörler (50°C ve 55°C için) için düzeltme katsayıları verilmiştir. Tablolar aynı zamanda 30,5 m eşdeğer uzunluğa göre verilmiş olup gerçek basınç kaybı ile nasıl hesap yapılacağı dipnotlarda açıklanmıştır.

4.2.7.1. Soğutma Hatları İçin Eşdeğer Boru Boyları

Soğutma hatlarında her bir bağlantı elemanı için ayrı ayrı hesaplama yapmak bazen işleri zorlaştırır. Bu durumda her bir bağlantı elemanının eşdeğer düz boru boyu olarak hesaba katılması daha pratiklik kazandırır. Tablo 4.7 ve Tablo 4.8'de eşdeğer boru boylarının hesaplanması için gerekli bilgi verilmiştir. Gerçek boru boyu hesaplandıktan sonra her bir bağlantı elemanının eşdeğer uzunluğu toplam değere eklenir. Örnek olarak 7/8" bakır dirseğin eşdeğer boru boyu 0,43 m'dir.

4.2.7.2. Kapasiteye Bağlı Boru Çaplarının Belirlenmesi

Yoğuşma sıcaklığı 45°C kabul edilmiş, buharlaşma sıcaklığı olarak -20°C, -10°C, 0°C ve +5°C sıcaklıkları için boru çapları hesabı yapılmıştır. Tek kademeli standart soğutma çevriminde 6 K aşırı soğutma, 8 K kızgınlık; emme, basma ve sıvı hatlarında 0,1 bar (10 kPa) basınç kaybı kabulü yapılmıştır. Daha farklı yoğuşma sıcaklıkları için çarpım değerleri verilmiştir.

Tablo 4.7. Bağlantı elemanları için eşdeğer boru boyları (metre)

Nominal Çap	Düz Dirsekler						Düz T Bağlantılar			
	90° Std	90° Uzun Radyüs	90° Köşeli	45° Std	45° Köşeli	180° Köşeli	T Kol Akışı	Düz Hat Akışı		
								Çap Düşümü Yok	%25 Düşük Çap	%50 Düşük Çap
12	0,4	0,3	0,7	0,2	0,3	0,7	0,8	0,3	0,4	0,4
15	0,5	0,3	0,8	0,2	0,4	0,8	0,9	0,3	0,4	0,5
22	0,6	0,4	1	0,3	0,5	1	1	0,4	0,6	0,6
28	0,6	0,5	1,2	0,4	0,6	1,2	1,5	0,5	0,7	0,8
35	1	0,7	1,7	0,5	0,9	1,7	2,1	0,7	0,9	1
42	1,2	0,8	1,9	0,6	1	1,9	2,4	0,8	1,1	1,2
54	1,5	1	2,5	0,8	1,4	2,5	3	1	1,4	1,5
67	1,8	1,2	3	1	1,6	3	3,7	1,2	1,7	1,8
79	2,3	1,5	3,7	1	2	3,7	4,6	1,5	2,1	2,3
90	2,7	1,8	4,6	1,4	2,2	4,6	5,5	1,8	2,4	2,7
105	3	2	5,2	1,6	2,6	5,2	6,4	2	2,7	3
130	4	2,5	6,4	2	3,4	6,4	7,6	2,5	3,7	4
156	4,9	3	7,6	2,4	4	7,6	9	3	4,3	4,9
206	6,1	4	-	3	-	10	12	4	5,5	6,1
257	7,6	4,9	-	4	-	13	15	4,9	7	7,6
300	9,1	5,8	-	4,9	-	15	18	5,8	7,9	9,1

Tablo 4.8. Valfler ve boru aksesuarları için eşdeğer boru boyları (metre)

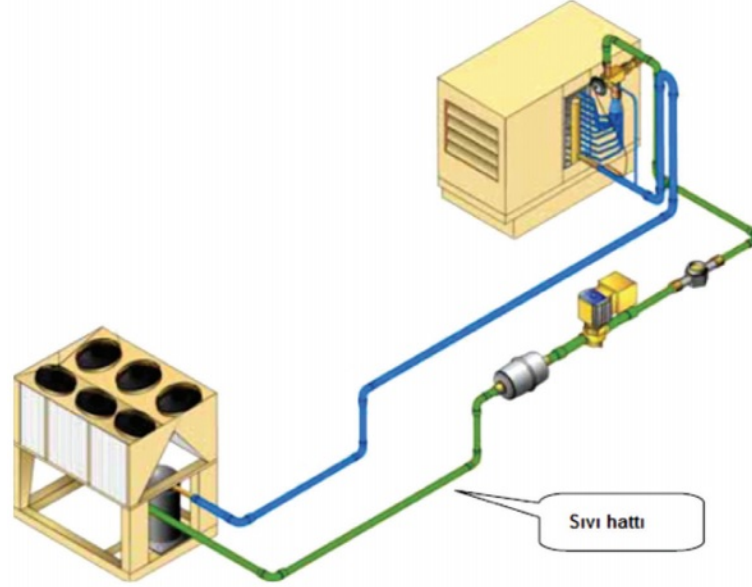
Nominal Çap	Küresel ve Solenoid Valf	60° Y Valf	45° Y Valf	Eğik Valf	Kapanma Valfi	Çek Valf	Gözetleme Camı	Filtre Kurutucu	Emme Filtresi
12	5,2	2,4	1,8	1,8	0,2	1,8			
15	5,5	2,7	2,1	2,1	0,2	1,8			
22	6,7	3,4	2,1	2,1	0,3	2,2			
28	8,8	4,6	3,7	3,7	0,3	3			
35	12	6,1	4,6	4,6	0,5	4,3			
42	13	7,3	5,5	5,5	0,5	4,9			
54	17	9,1	7,3	7,3	0,73	6,1			
67	21	11	8,8	8,8	0,9	7,6			
79	26	1	11	11	1	9,1			
90	30	15	13	13	1,2	10			
105	37	18	14	14	1,4	12			
130	43	22	18	18	1,8	15			
156	52	27	21	21	2,1	18			
206	62	35	26	26	2,7	24			
257	85	44	32	32	3,7	30			
300	98	50	40	40	4	37			

4.2.7.3. Sıvı Hattı Boru Çaplarının Hesaplanması

Verilenler:

- Soğutucu akışkan tipi: R-410A
- Boru malzemesi: Bakır boru (L tipi)
- Evaporatör buharlaşma sıcaklığı: 4,4°C
- Kondenser yoğuşma sıcaklığı: 48,9°C
- Soğutma kapasitesi: 211 kW
- Evaporatör kondenserden 6,1 m yüksektedir.

1. Adım: Eşdeğer Boru Boyunun Hesaplanması:



Şekil 4.14. Boru çapı hesaplanacak direkt genişmeli klima santrali ve dış ünitesi

Sıvı hattı aşağıdaki elemanlardan oluşmaktadır:

- Bakır boru boyu: 6,7 m
- 7 adet uzun radyüslü dirsek
- 1 adet filtre-kurutucu
- 1 adet gözetleme camı
- 1 adet solenoid valf

Bu bağlantı elemanları (aksesuar) için Tablo 4.7 ve Tablo 4.8 yardımıyla eşdeğer boru boyları bulunur:

Eleman	Adedi	Boy (m)	Toplam (m)
Geniş radyüslü dirsek	7	0,7	4,90
Filtre-kurutucu	1	10,70	10,70
Gözetleme camı	1	0,76	0,76
Solenoid valf	1	11,58	11,58
Düz boru	1	6,7	6,70
Toplam			34,64

2. Adım: Boru Çapının Hesaplanması:

211 kW soğutma kapasitesi ve R-410A sıvı hattı için Tablo 4.9 incelendiğinde 299,6 kW soğutma kapasitesine uygun 35 mm boru çapı seçilir. Tablo şartlarının tasarım şartlarından farklı olduğuna dikkat edin.

3. Adım: Gerçek Sıcaklık Farkının Hesaplanması:

Gerçek sıcaklık farkı Tablo 4.9'un altındaki notlar bölümünün 4. maddesinde şu formülle verilmiştir:

$$t_{gerçek} = Tablo t \frac{Gerçek L_e}{Tablo L_e} \times \frac{Gerçek kapasite}{Tablo kapasitesi}^{1.8}$$

$$t_{gerçek} = 2 \frac{34.64}{30.48} \times \frac{211}{299.6}^{1.8} = 1.34^{\circ}C$$

4. Adım: Gerçek Boru Basınç Kaybının Bulunması:

Tablo 4.9'a göre 100 feet (30,48 m) standart eşdeğer boy için 1179 Pa/m basınç kaybı mevcuttur. Gerçek eşdeğer boru boyu için:

$$P_{gerçek} = P_{tablo} \frac{T_{gerçek}}{T_{tablo}} = 1179 \frac{1.34}{2} = 790 Pa/m$$

5. Adım: Toplam Basınç Kaybının Hesaplanması:

Toplam basınç kaybını hesaplamak için Tablo 4.6'dan R-410A için yükseltelerde 9,73 kPa/m değeri alınır. Mevcut yükseklik farkının 6,1 m olduğu bilindiğine göre:

$$P_{yükselti} = \text{Yükselti boyu} \frac{P_{soğutma akışık}}{m} = 6.1 \frac{9.73}{m} = 59.35 kPa$$

Toplam Basınç Kaybı= Gerçek basınç kaybı + Yükselti basınç kaybı

Toplam Basınç Kaybı= 0,79 +59,35 =60,14 kPa

6. Adım: Termostatik Genleşme Valfi Girişinde Doyma Basıncının Belirlenmesi:

R-410A için yoğuşma sıcaklığındaki doyma basıncı; $t_d=48,9^\circ\text{C}$ için $P_y=29,86$ bar bulunur.

Doyma Basıncı(TGV girişinde) =Kondenser doyma basıncı - toplam basınç düşümü

Doyma Basıncı(TGV girişinde)= 29860 kPa - 60,14 =29799,86 kPa bulunur.

7. Adım: Termostatik Genleşme Valfi Girişinde Doyma Sıcaklığının Bulunması:

Valf girişindeki basınç 29,79 bar için $t_d=48,8^\circ\text{C}$ bulunur.

8. Adım: Termostatik Genleşme Valfi Girişi İçin Aşırı Soğutmanın Bulunması:

Aşırı soğutma=Gerçek doyma sıcaklığı - valf girişindeki doyma sıcaklığı

Aşırı soğutma= $48,9^\circ\text{C} - 48,8^\circ\text{C} = 0,1^\circ\text{C}$

9. Adım: Uygun çalışma için gerekli aşırı soğutmanın bulunması:

$0,1^\circ\text{C}$ aşırı soğutma miktarı sıvı hattı için yetersizdir. Her an termostatik valf girişinde kabarcıklanma başlayıp valfin çalışmasını olumsuz etkileyebilir. Bundan dolayı ilave aşırı soğutma yapmak $2,2^\circ\text{C}$ ilave aşırı soğutma yapmak gerekir.

Gerekli aşırı soğutma = Termostatik valf girişindeki aşırı soğutma +Minimum sistem sıcaklığı

Gerekli aşırı soğutma = $0,1 + 2,2 = 2,3^\circ\text{C}$ bulunur.

Tablo 4.9. R-410A için boru hattı kapasiteleri (kW)

Doyma Sıcaklığı	Emme Hattı									Basma Hattı			Sıvı Hattı	
	-20°C			-5°C			5°C			-20°C	-5°C	5°C	Hız	2
ΔT (K/m)	0,04	0,02	0,01	0,04	0,02	0,01	0,04	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02		
ΔP (Pa/m)	599,1	299,6	149,8	894,2	447,1	223,6	1137,6	568,8	284,4	1172,1	1172,1	1172,1		
Dış Çap (mm)														
12	1,20	0,82	0,56	2,05	1,40	0,96	2,83	1,94	1,32	3,84	4,00	4,07	6,2	14,3
15	2,29	1,57	1,07	3,90	2,68	1,83	5,37	3,69	2,53	7,31	7,60	7,75	10,1	27,2
18	3,98	2,73	1,86	6,76	4,65	3,19	9,30	6,41	4,39	12,67	13,16	13,42	15,4	47,3
22	7,00	4,81	3,28	11,89	8,19	5,61	16,32	11,26	7,74	22,20	23,08	23,53	23,5	83,0
28	13,82	9,51	6,51	23,43	16,15	11,09	32,11	22,19	15,28	43,70	45,42	46,31	39,3	163,7
35	25,33	17,44	11,95	42,82	29,56	20,38	58,75	40,66	27,99	79,84	82,98	84,62	62,2	299,6
42	42,00	28,92	19,88	70,89	49,03	33,75	97,02	67,28	46,41	131,87	137,06	139,76	91,3	495,7
54	83,26	57,48	39,55	140,29	97,22	67,10	191,84	133,10	92,11	260,80	271,06	276,39	153,7	982,0
67	147,94	102,34	70,53	249,16	172,78	119,50	340,33	236,73	163,91	462,73	480,93	490,40	238,2	1746,4
79	229,02	158,27	109,33	384,65	267,04	184,82	525,59	365,38	253,23	713,37	741,44	756,03	332,2	2695,2
105	488,64	338,41	234,20	820,20	569,83	395,31	1119,32	778,82	541,15	1519,45	1579,22	1610,30	592,9	5744,4

NOT: Tablo 4.9, +40°C yoğuşma sıcaklığına göre verilmiştir. Farklı yoğuşma sıcaklıkları için kapasite değerleri aşağıdaki düzeltme faktörleri ile çarpılmalıdır:

Yoğuşma sıcaklığı (°C)	Emme hattı	Basma hattı
20	1,238	0,657
30	1,122	0,866
50	0,867	1,117

NOTLAR:

1. p =basınç düşümü [Pa/m]
2. t =doyma sıcaklığına karşılık sıcaklık düşmesi [K/m]
3. Farklı doyma sıcaklık farkları ve eşdeğer boru boyları için hat kapasitesi şu şekilde hesaplanır:

$$\text{Hat kapasitesi} = \text{Tablo kapasitesi} \times \frac{\text{Tablo } L_e}{\text{Gerçek } L_e} \times \frac{\text{Gerçek kapasite}}{\text{Tablo kapasitesi}}^{0.55}$$

4. Farklı kapasiteler ve eşdeğer boru boyları için gerçek sıcaklık farkı şu şekilde hesaplanır:

$$t = \text{Tablo } t \times \frac{\text{Gerçek } L_e}{\text{Tablo } L_e} \times \frac{\text{Gerçek kapasite}}{\text{Tablo kapasitesi}}^{1.8}$$

Tablo 4.10. R-410A emme hattı yükselteleri için minimum kapasite (kW)

Doymuş Emme Hattı Sıcaklığı (°C)	Emme Hattı Gaz Sıcaklığı (°C)	Boru Dış Çapı (mm)											
		12	15	18	22	28	35	42	54	67	79	92	105
-17	-12	0,586	1,113	1,905	2,93	5,86	10,26	16,1	33,70	60,36	93,8	140,6	196,3
-7	-12	0,674	1,275	2,344	3,37	6,89	12,0	18,8	38,97	68,86	108,4	161,2	225,6
5	-12	0,747	1,406	2,403	3,75	7,62	13,19	21,1	43,66	76,18	123,1	181,7	252,0

Tablodaki soğutma kapasiteleri 32°C sıvı hattı sıcaklığına göre düzenlenmiştir. Farklı sıvı hattı sıcaklıkları için kapasite değerleri aşağıdaki değerleri ile çarpılmalıdır:

Sıvı Hattı Sıcaklığı (°C)						
27	32	38	43	49	54	60
1,05	1	0,94	0,9	0,83	0,77	0,72

Tablo 4.11. R-410A basma hattı yükselteleri için minimum kapasite (kW)

Doymuş Emme Hattı Sıcaklığı (°C)	Emme Hattı Gaz Sıcaklığı (°C)	Boru Dış Çapı (mm)											
		12	15	18	22	28	35	42	54	67	79	92	105
27	60	1,160	2,15	3,727	5,590	11,2	19,5	30,8	48,5	85,79	136,8	203,2	287,3
38	71	1,95	2,21	3,839	5,758	11,6	20,1	31,7	49,9	88,36	140,9	209,3	295,9
49	82	1,231	2,28	3,954	5,931	11,9	20,7	32,6	51,4	91,02	145,1	215,6	304,8

NOT: Tablodaki soğutma kapasiteleri 4°C emme hattı sıcaklığına ve 10°C kızgınlık değerine göre düzenlenmiştir. Farklı emme hattı sıcaklıkları ve kızgınlık değerleri için kapasite değerleri aşağıdaki değerleri ile çarpılmalıdır:

Emme Hattı Doyma Sıcaklığı (°C)			
-18	-7	4	16
0,9	0,94	1	1,06

Tablo 4.12. R-410A için boru iç çapları ($T_c=45^\circ\text{C}$)

Soğutma kapasitesi [kW]	Buhar. Sıcak. Te [$^\circ\text{C}$]	Emme Hattı [mm]	Basma hattı [mm]	Sıvı hattı [mm]	Soğutma kapasitesi [kW]	Buhar. Sıcak. Te [$^\circ\text{C}$]	Emme Hattı [mm]	Basma hattı [mm]	Sıvı hattı [mm]
0.5	5	5,28	3,73	2,79	30	5	5,28	3,73	2,79
	0	5,60	3,76	2,80		0	5,60	3,76	2,80
	-10	6,35	3,83	2,83		-10	6,35	3,83	2,83
	-20	7,28	3,91	2,86		-20	7,28	3,91	2,86
1	5	6,84	4,84	3,61	40	5	6,84	4,84	3,61
	0	7,25	4,88	3,62		0	7,25	4,88	3,62
	-10	8,23	4,97	3,65		-10	8,23	4,97	3,65
	-20	9,43	5,07	3,69		-20	9,43	5,07	3,69
2	5	8,87	6,28	4,67	50	5	8,87	6,28	4,67
	0	9,41	6,33	4,69		0	9,41	6,33	4,69
	-10	10,67	6,45	4,73		-10	10,67	6,45	4,73
	-20	12,23	6,58	4,77		-20	12,23	6,58	4,77
4	5	11,52	8,15	6,04	60	5	11,52	8,15	6,04
	0	12,21	8,22	6,06		0	12,21	8,22	6,06
	-10	13,84	8,37	6,12		-10	13,84	8,37	6,12
	-20	15,87	8,54	6,18		-20	15,87	8,54	6,18
6	5	13,42	9,50	7,03	70	5	13,42	9,50	7,03
	0	14,23	9,58	7,06		0	14,23	9,58	7,06
	-10	16,13	9,76	7,13		-10	16,13	9,76	7,13
	-20	18,49	9,95	7,19		-20	18,49	9,95	7,19
8	5	14,96	10,60	7,83	80	5	14,96	10,60	7,83
	0	15,87	10,69	7,86		0	15,87	10,69	7,86
	-10	17,98	10,88	7,92		-10	17,98	10,88	7,92
	-20	20,61	11,10	8,00		-20	20,61	11,10	8,00
10	5	16,28	11,53	8,51	90	5	16,28	11,53	8,51
	0	17,26	11,63	8,54		0	17,26	11,63	8,54
	-10	19,56	11,84	8,62		-10	19,56	11,84	8,62
	-20	22,42	12,08	8,70		-20	22,42	12,08	8,70
15	5	18,98	13,45	9,91	100	5	18,98	13,45	9,91
	0	20,13	13,56	9,94		0	20,13	13,56	9,94
	-10	22,81	13,81	10,03		-10	22,81	13,81	10,03
	-20	26,13	14,08	10,13		-20	26,13	14,08	10,13
20	5	21,17	15,00	11,04	120	5	21,17	15,00	11,04
	0	22,45	15,13	11,08		0	22,45	15,13	11,08
	-10	25,43	15,40	11,18		-10	25,43	15,40	11,18
	-20	29,14	15,71	11,29		-20	29,14	15,71	11,29
25	5	23,04	16,33	12,00	150	5	23,04	16,33	12,00
	0	24,43	16,46	12,05		0	24,43	16,46	12,05
	-10	27,68	16,76	12,15		-10	27,68	16,76	12,15
	-20	31,71	17,10	12,28		-20	31,71	17,10	12,28

NOT: Tablo 4.12, $+45^\circ\text{C}$ yoğuşma sıcaklığına göre verilmiştir. Farklı yoğuşma sıcaklıkları için kapasite değerleri aşağıdaki düzeltme faktörleri ile çarpılmalıdır:

Yoğuşma sıcaklığı ($^\circ\text{C}$)	Emme hattı	Basma hattı
30	1,174	0,81
50	0,933	1,059

KAYNAKLAR

- [1] DOSSAT, R. Principles of Refrigeration, John Wiley, New York, 1981.
- [2] Refrigerant Piping Design Guide, Mc Quay Application Guide AG 31-011
- [3] ASHRAE Handbook HVAC Systems and Equipment, Chapter 41, 2016. © American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc.
- [4] ASHRAE Handbook Refrigeration, Chapter 2, 2018. © American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc.
- [5] ÖZKOL, N., Uygulamalı Soğutma Tekniği, MMO yayınları.

BÖLÜM 5

SOĞUTMA SERVİS İŞLEMLERİNDE İYİ UYGULAMALAR

5.1. GİRİŞ

1970'lerde bilim insanları CFC'lerin atmosferimize olan olumsuz etkilerini keşfettiler. Ozon tabakasını tahrip ettikleri ve dolayısıyla UV-B radyasyonunun doğrudan dünya yüzeyine ulaşmasına sebep oldukları anlaşıldı. Bu durum ise insan, bitki ve hayvan hücrelerinde genetik tahribata yol açmaktadır. 1987'de Kanada'nın Montreal şehrinde, ozon tabakasının tahribatını önlemek ve CFC'ler ile diğer ozon tabakasını incelten maddeleri (OTİM) kontrol etmek üzere Montreal Protokolü imzalandı. Kasım 2009'a kadar tüm ülkeler bu anlaşmaya imza koydular. Bu aşamadan sonra, 1 Ocak 2010'da tamamen yasaklanan CFC'lerin yerine geçecek soğutucu akışkanlar konusunda çalışmalar başladı. 2007 yılında ise protokol kapsamına HCFC'ler de alındı. Protokolde 5. madde (Article-5) olarak tanımlanan ve Türkiye'nin de içinde olduğu ülkelerde iklimlendirme-soğutma sektöründe önemli miktarlarda HCFC kullanılmaktadır. Ülkemiz HCFC'lerin azaltılması konusunda başarılı çalışmalar yürütmektedir. 2006 yılında AB'de yürürlüğe giren ve 2014'de revize edilen Florlu Gazlar Yönetmeliği (FGas) ile HFC'ler de azaltım ve sonlandırma takvimi içine dahil edilmişlerdir.

HCFC'lerin kullanımdan kaldırılmaları ve farklı alternatif soğutucu akışkanların arzı, iklimlendirme-soğutma alanında çalışan servis elemanları ve eğitmenleri bazı zorluklarla karşı karşıya getirmiştir. Servis teknisyenlerinin kullanılan yeni teknolojilere uyum konusunda karşılaştıkları sorunlardan biri olarak görülmektedir.

5.2. SERVİS İŞLEMLERİNDE KULLANILAN TEMEL ALET VE EKİPMANLAR

Soğutma sistemlerinde uygun ve çevreye karşı sorumlu bir servis ile bakım süreci; kaçak tespiti, soğutucu akışkan basınç ve sıcaklıklarının kontrolü gibi işlemlerde bir dizi özel ekipmanın kullanımını gerektirir. Bu nedenle bu bölümde, iklimlendirme-soğutma servis alanında çalışırken kullanılan ve modern bir atölyede bulunması gereken alet ve ekipmanları ele alınmaktadır.



Federal bir işletme olarak Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, Alman Hükümetine sürdürülebilir kalkınma alanındaki uluslararası işbirliği hedeflerine ulaşma konusunda destek vermektedir. Alman Federal Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Bakanlığı (BMZ) tarafından görevlendirilen Proklima, Ozon Tabakasını Tüketen Maddeler Protokolü'nün hükümlerini uygulamak üzere 1996'dan bu yana gelişmekte olan ülkelere teknik ve finansal destek sağlamaktadır. Bu kitabın ilgili bölümleri ilk defa İngilizce dilinde GIZ Proklima tarafından "Soğutma Alanında İyi Uygulamalar" başlığı ile yayınlanmıştır. © GIZ Proklima, 2010
© Friterm Akademi, 2019. Bu bölümün Türkçe tercümesi ve düzenlenmesi ile ilgili sorumluluk tamamen Dr. Kadir İSA'ya aittir.



Şekil 5.2 - Çapak giderici

Bakır borulardaki iç ve dış çapakları gidermek için aparat

- 1 Bakır borular için iç-dış çapak giderici
- 2 Bıçak tipi çapak giderici



Şekil 5.3 - Mutfak süngeri ve fırça

Boruların iç-dış temizliği için kullanılan;

- 1 Plastik temizleme pedi
- 2 Tel fırça



Şekil 5.4 - Tel fırça

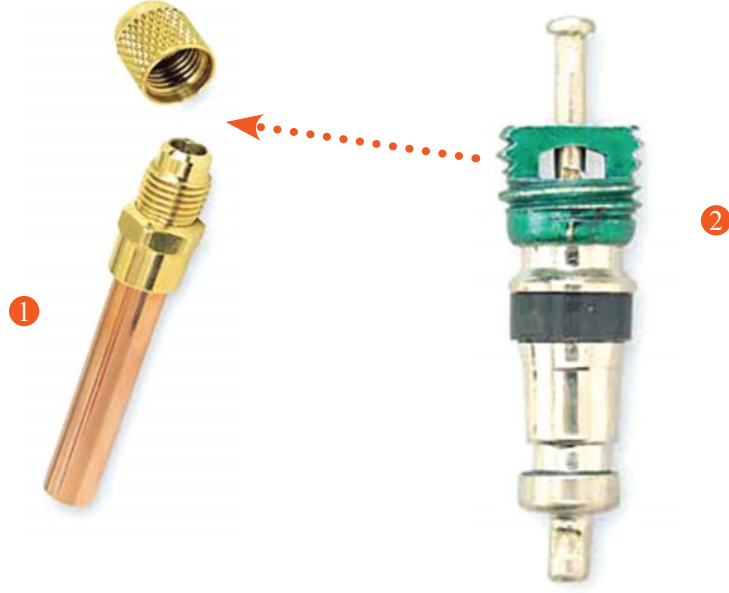
Bakır, çelik, pirinç ve alüminyum boruların dış yüzeylerinin temizliğinde kullanılır.

1 Sert tel fırça



Şekil 5.5 - Boru ezme pensesi

Ortalama 12 mm'ye kadar bakır boruların ezilmesinde kullanılır.

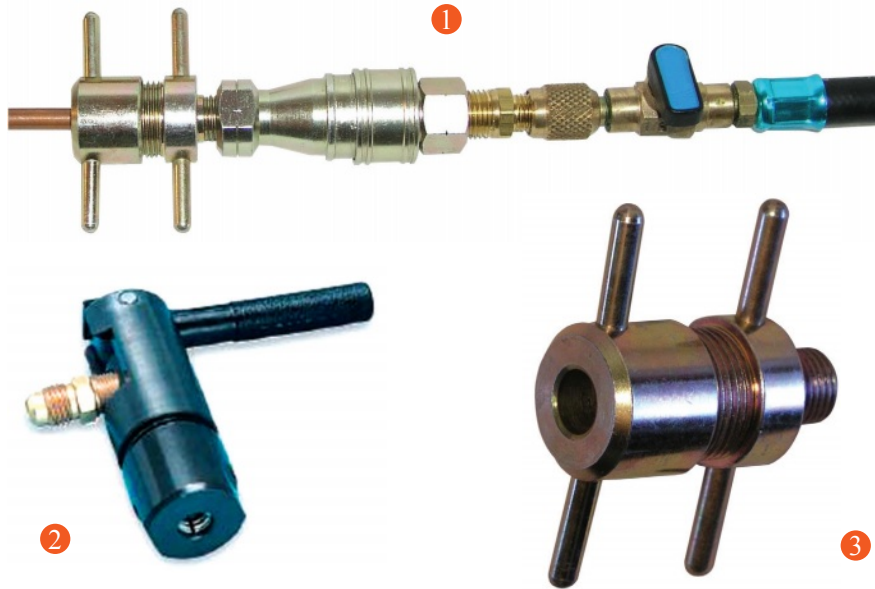


Şekil 5.6 - Schrader (iğneli) servis valfi

- 1 1/4" erkek SAE servis valfi
- 2 Valf göbeği



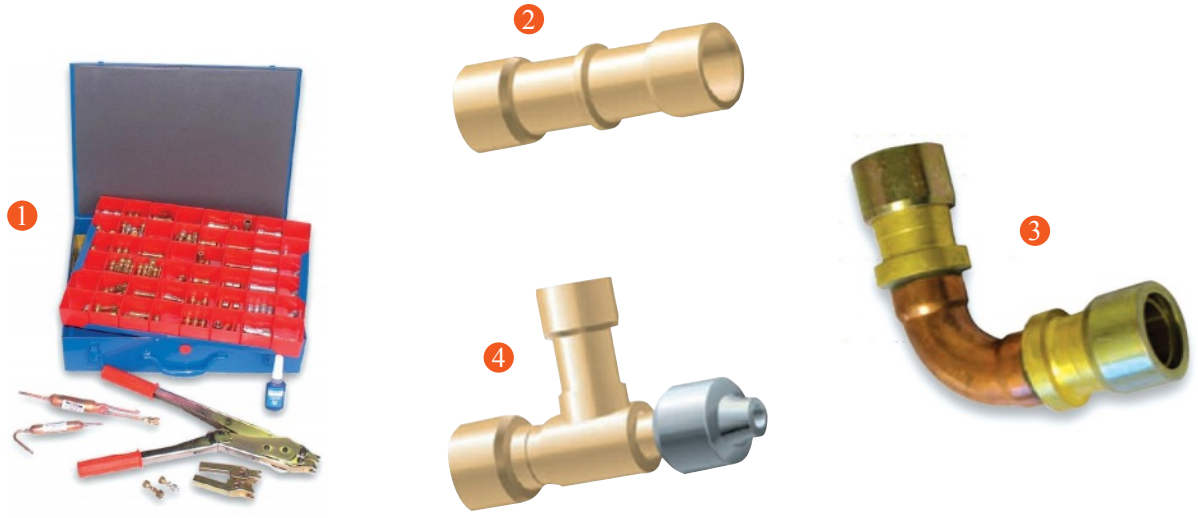
Eğer uygun olmayan tarzda montajı yapılırsa, soğutucu akışkan kaçağına sebep olabilir! Hidrokarbon (HC) uygulamaları için tavsiye edilmez!



Şekil 5.7 - Çabuk bağlantı elemanları (Hansen)

- 1 Borudan servis hortumuna hızlı bağlantı yöntemi
- 2 2-10 mm çaplı borular için kelepçeli direkt bağlantı
- 3 2-10 mm çaplı borular için vidalı direkt bağlantı

Çalışma basınçları (13 mbar - 45 bar)



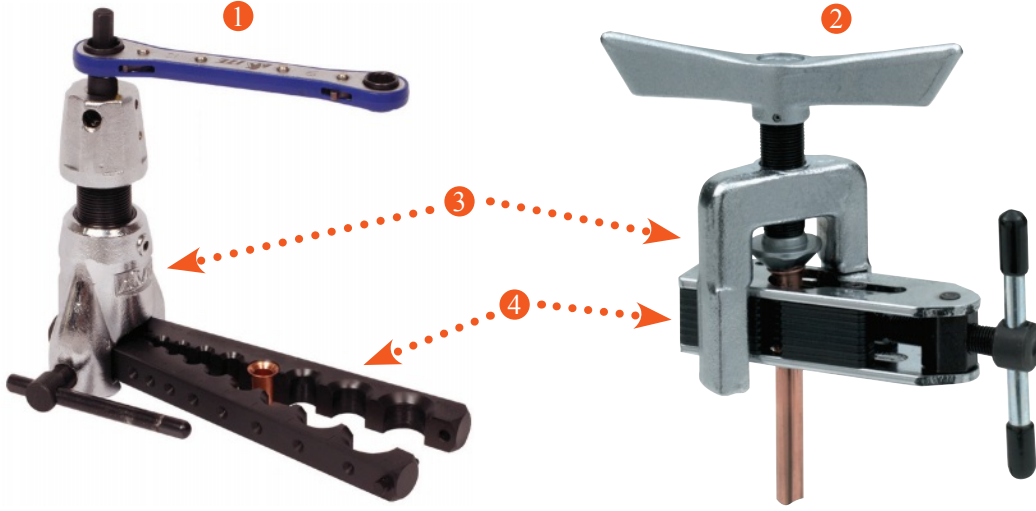
Şekil 5.8 - Borulama için kullanılan baskılı bağlantılar

- 1 Fittings ve adaptörler için alet seti
- 2 Düz bakır boru baskılı bağlantı elemanı
- 3 Dirsek baskılı bağlantı elemanı
- 4 Genleşme elemanı olarak kılcıca sahip emiş hattı için baskılı bağlantı



Şekil 5.9 - Teleskopik ayna

Zor ulaşılan bölgelerdeki kaçaqları görüntülemek için kullanılır.



Şekil 5.10 - Havşa takımı

- 1 6, 8, 10, 12, 15 ve 16 mm çaplar için cırcır anahtarlı sıkma gövdesi
- 2 Kelebek kollu sıkma gövdesi
- 3 Sıkma mengenesi
- 4 Değişik çaptaki borular için havşa gövdesi



Şekil 5.11 - Boru bükme aparatı

- 1 Sabit boru çapları için döner kollu boru bükme aparatı
- 2 Üç kafalı boru bükme aparatı
- 3 Mekanik donanımlı boru bükme aparatı



Şekil 5.12 - Boru ağız genişletme aparatı

- 1 Tavllanmış bakır borular için farklı çaplar için değişebilir uçlu boru ağız genişletme aparatı
- 2 Genişletilmiş ağızlı bakır boru örneği
- 3 Ağız genişletme aparatı ve uçları



Şekil 5.13 - Sert lehim ekipmanları

- 1 Propan-oksijen lehim seti
- 2 Oksijen basınç regülatörü ve hortumlar
- 3 Propan lehim seti
- 4 Asetilen lehim seti
- 5 Asetilen basınç regülatörü ve hortumlar
- 6 Şaloma (torç)



Şekil 5.14 - Propan-oksijen için şaloma (torç) ve uçları

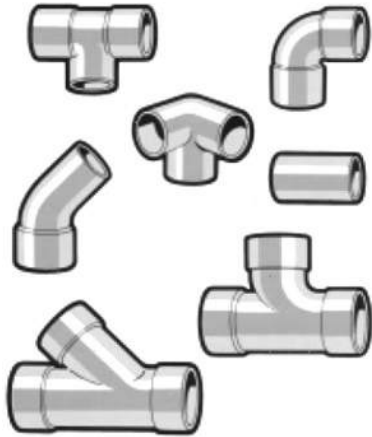
- 1 Gaz ayar vanalı şaloma gövdesi
- 2 Çift alevli çatal şaloma
- 3 Sertleştirilmiş bakırdan yapılmış değişik boyutlarda şaloma uçları



Şekil 5.15 - Çakmaklar



İş güvenliği nedeniyle sigara çakmakları şaloma ucunu tutuşturmak için kullanılmamalıdır.



Şekil 5.16 - Fittings (ara bağlantı elemanı) örnekleri

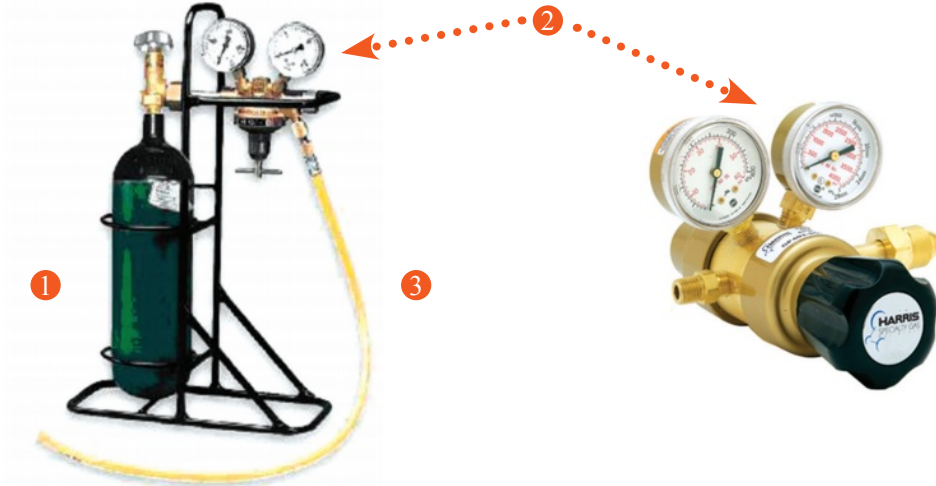
Değişik şekil ile çaplarda pirinç veya bakırdan imal edilmişlerdir.

Lehim teli	Cu	Ag	Zn	Sn	P	Erime sıcaklık aralığı°C	
CP 203	Rest	-	-	-	5.9-6.5	710-890	
CP 105	Rest	1.5-2.5	-	-	5.9-6.7	645-825	①
AO 106	35-37	33-35	Geri kalanı	2.5-3.5	-	630-730	②
AO 104	26-28	44-46	Geri kalanı	2.5-3.5	-	640-680	
AO 203	29-31	43-45	Geri kalanı	-	-	675-735	



Şekil 5.17 - Lehim teli örnekleri

- ① Bakır-bakır lehim için tavsiye edilir
- ② Bakır-pirinç lehim için tavsiye edilir



Şekil 5.18 - Azot silindiri

- ① Azot silindiri
- ② Azot basınç regülatörü
- ③ 1/4" dişli SAE havşalı somunlu azot hortumu bağlantısı

Azot ve Oksijen Depolama İçin Kullanılan Silindir Tipleri			
Kapasite (Litre)	Çap (mm)	Test Basıncı (bar)	Taban Tipi
5	140	250/300/345	konveks
10			konkav
5	140	450	konveks
10			konkav
6.7	160	250/300/345	konkav
13.4			
13.4	204	250/300/345	konkav
20			
40	229	250/300/345	konkav
40			
50	229	450	konkav
50			
67.5	267	250/300	konkav
80			
80	273	450	konkav

Konveks: Dış Bükey

Konkav: İç Bükey



1 Değişik büyüklüklerde silindirler

2 Emniyetli silindir valfleri

3 Standart valf koruyucuları (lale formunda)

4 Standart valf koruyucu (açılıp-kapanan tipte)

Şekil 5.19 - Değişik kapasitede azot ve oksijen silindirleri ve vana koruyucuları



Şekil 5.20 - 2 kg'lık yangın söndürme tüpü

İklimlendirme soğutma sistemlerinde soğutucu akışkanın transferi, vakum işlemi ile çalışma basınç ve sıcaklıklarının ölçülmesi için servis manifoldu kullanılır. Bu bölümde, servis amaçlı kullanılan değişik manometreler ile önemli servis ekipmanı hakkında bilgilere yer verilmektedir.

Servis Manometresi



Şekil 5.21 - Manometre

- ① Manometre gövdesi
- ② Bölüntüler
- ③ Sıcaklık skalası
- ④ Basınç skalası
- ⑤ İbre
- ⑥ Kalibrasyon vidası
- ⑦ Soğutucu akışkan tipi
- ⑧ Piriç bağlantı vidası

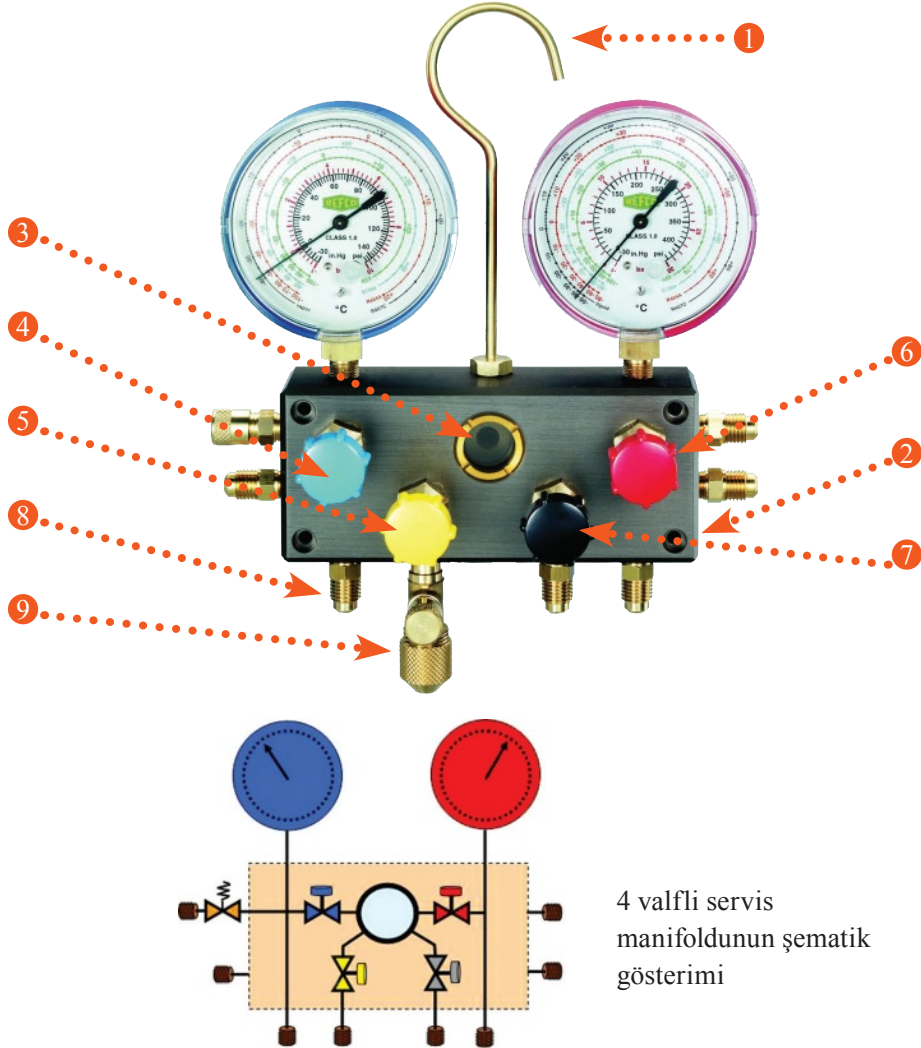
Üç farklı manometre kullanıyoruz!

- Alçak basınç manometresi
- Yüksek basınç manometresi
- Vakum manometresi



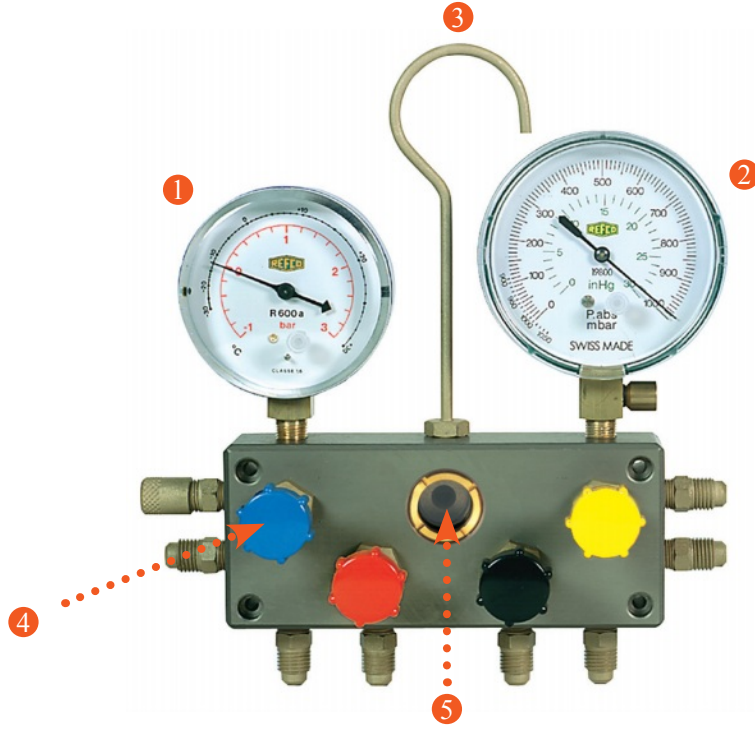
Kolay kullanılabilmesi amacıyla alçak/yüksek basınç manometreleri, pirinç ya da alüminyum gövdeye monte edilmişlerdir.

2, 3, 4 ve 5 valfli manifold setleri kullanılabilir.



Şekil 5.22 - 4 valfli manifold seti örneği

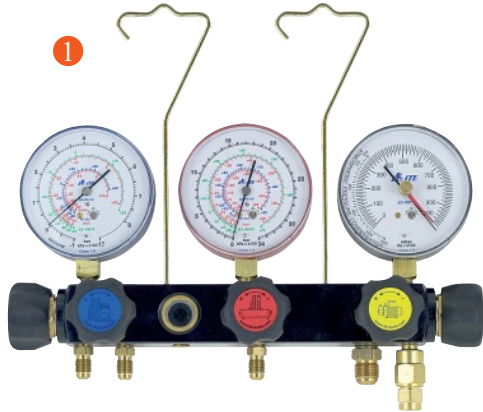
- ① Asma halkası
- ② Manifold gövdesi
- ③ Gözetleme camı
- ④ Alçak basınç valfi
- ⑤ Vakum pompası valfi
- ⑥ Yüksek basınç valfi
- ⑦ Şarj silindiri veya geri kazanım ünitesi için valf bağlantısı
- ⑧ 1/4" hortum bağlantısı
- ⑨ 1/4" ve 3/8" vakum hortumu bağlantısı



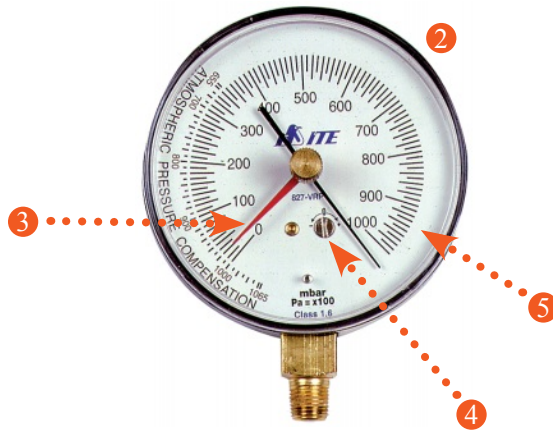
- 1 Alçak basınç manometresi
- 2 Vakum manometresi
- 3 Asma halkası
- 4 Valfler
- 5 Gözetleme camı

İdeal bir manifold setinde vakum manometresi de olmalıdır. Bunlar genellikle 4 veya 5 valfli manifold setlerinde yer alırlar.

Şekil 5.23 - Hidrokarbon R600a için manifold seti



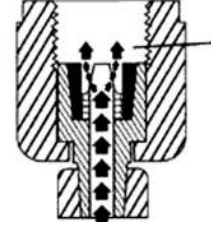
- 1 5 valfli vakum manometreli servis manifoldu
- 2 Mutlak vakum manometresi (0-1000 mbar)
- 3 Ayarlanabilir maksimum değer ibresi
- 4 Kalibrasyon vidası
- 5 Basınç skalası
- 6 Mutlak vakum manometresi (0-150 mbar)



Şekil 5.24 - Manifold ve vakum manometresi



2



3



4



5



6



7

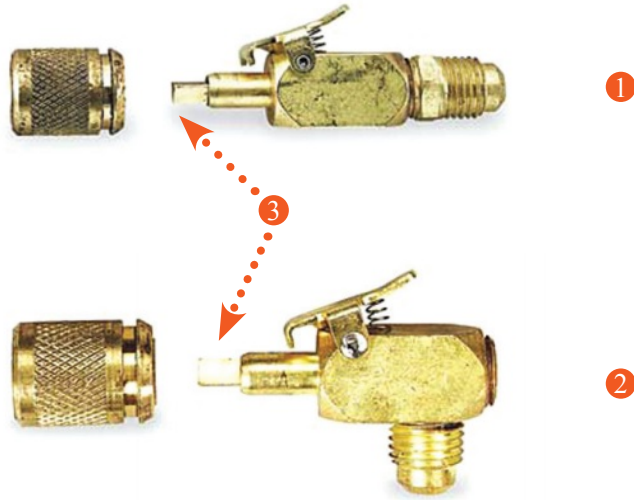


8



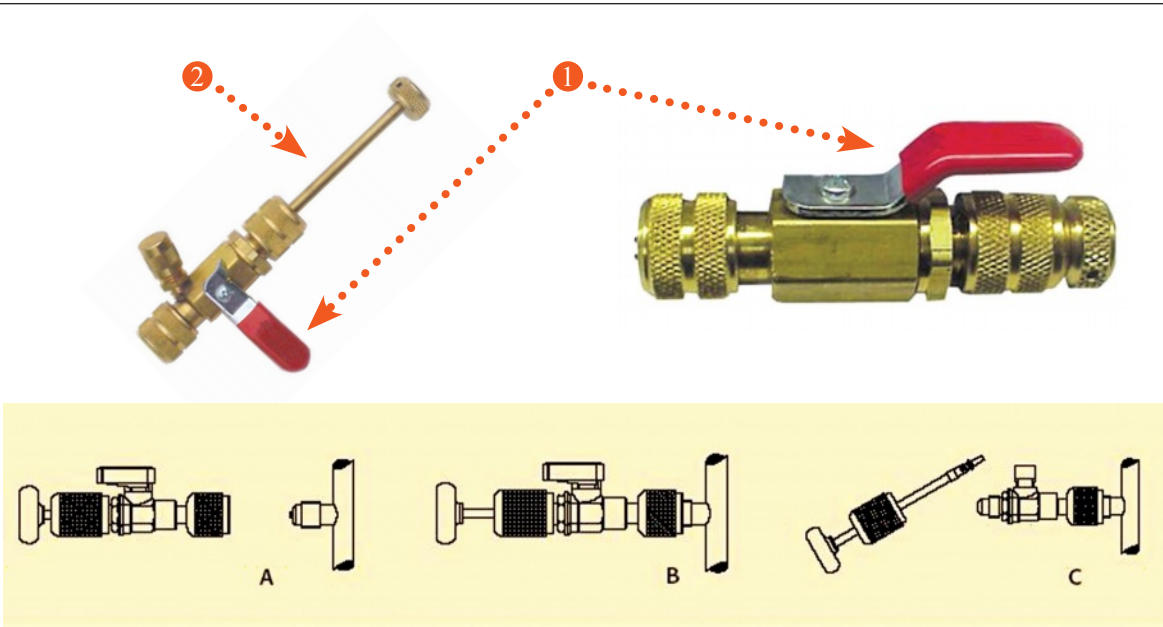
Şekil 5.25 - Soğutucu akışkan servis hortumları ve aksesuarları

- 1 Standart 2x1/4" SAE havşalı somunlu bağlantı
- 2 Ayarlanabilir ve değiştirilebilir depresör (iğneli sübapları açmak için)
- 3 2x1/4" SAE havşalı somunlu küresel valfli servis hortumu
- 4 Servis esnasında minimum soğutucu akışkan emisyonu için küresel valfli servis hortumu
- 5 Standart 1/4" SAE hortum bağlantısı için küresel valfli adaptör
- 6 2x3/8" SAE havşalı vakum hortumu
- 7 1/4" SAE erkek x 1/4" SAE dişi küresel valf
- 8 Yedek conta ve depresörler



Şekil 5.26 - Servis portu hızlı bağlantı kaplini

- ① Soğutucu akışkan hortumları için düz kaplin (1/4" SAE erkek havşalı x 1/4" SAE dişi havşalı)
- ② Dirsek kaplin (1/4" SAE erkek havşalı x 1/4" SAE dişi havşalı)
- ③ Depresör (valf açıcı dilli)



Şekil 5.27 - Sübap iğnesi değiştirme aparatı

Soğutucu akışkan emisyonuna sebep olmadan kolay ve hızlı iğne değiştirme

- ① Valf
- ② Mıknatıslı iğne tutucu



Şekil 5.28 - İğne değiştirme aparatı

İğneli valflerdeki (Schrader) ve servis hortumlarındaki iğneyi değiştirmek için kullanılır.



Şekil 5.29 - Ayarlanabilir delici pense

5-22 mm çaplarındaki bakır boru hatlarına girişim yapılmasını mümkün kılar.

- ① Değişik çaplar için delici pense/elle kumandalı valf
- ② Ayarlanabilir delici pense
- ③ Yedek iğneler

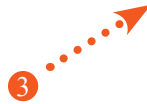
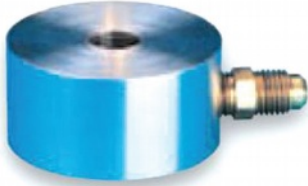
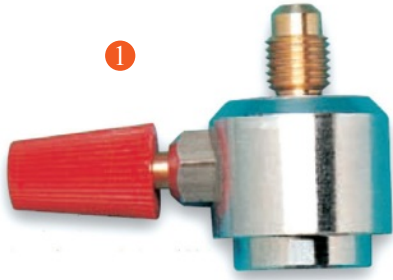


Şekil 5.30 - Delici valf

5-16 mm çaplardaki borulardan servis amaçlı hat almak için kullanılırlar.



**Yalnızca geçici montaj uygulamalarında kullanılırlar.
Aksi taktirde, muhtemel soğutucu akışkan kaçağına adaydır!**



Şekil 5.31 - Şarj hortumu-silindir bağlantısı

- 1 Küçük kapasiteli soğutucu akışkan silindiri valfi
- 2 1/4" SAE şarj hortumunu bağlamak için 21,8 mm adaptör ve conta
- 3 Sıvı soğutucu akışkan şarjı için platform.



Şekil 5.32 - Soğutucu akışkan geri toplama/kazanım silindiri

- ① Aşırı doldurma korumasına (OFP) sahip olmayan soğutucu akışkan geri kazanım silindiri (US DOT standardı)
- ② Geri kazanım silindirleri için sıvı seviye flatörü
- ③ Aşırı doldurma korumasına (OFP) sahip soğutucu akışkan geri kazanım silindiri (US DOT)
- ④ ADR (tehlikeli maddelerin kara yolunda taşınması) yönetmeliğine uygun soğutucu akışkan geri kazanım silindiri (EN standardı)
- ⑤ Silindir kesiti
- ⑥ Dahili emniyet valfine sahip sıvı/buhar valfleri
- ⑦ Buhar fazındaki soğutucu akışkanın akış yönü
- ⑧ Sıvı fazındaki soğutucu akışkanın akış yönü



Şekil 5.33 - Termostatlı ısıtıcı kemer

Soğutucu akışkan şarj süresini kısaltır. Çalışma sıcaklığı 55°C - Kapasite 300 W



Şekil 5.34- Soğutucu akışkan ve kompresör yağı test kiti

Soğutucu akışkan ve yağın kirlenme seviyesinin hızlı ve doğru bir şekilde belirlenmesi için kullanılır.



Şekil 5.35 - Mineral ve alkalibenzen yağlar için test kiti

Tek şişelik test kiti, mineral ve alkalibenzen kompresör yağlarının içindeki muhtemel asit seviyesi hakkında görsel bilgi verir. Yağ örneğini şişeye koyup çalkaladığınızda, rengi **mor** kalıyorsa sorun yok anlamına gelmektedir. **Portakal** rengine döndüyse önlem alınmasını gerektiren bir durum söz konusudur. **Sarı** renk ise yağın asidik olduğuna işaret eder. Bu durumda yağ değiştirilmeli ve sistem temizlenmelidir.



Şekil 5.36 - Polyolester (POE) yağlar için test kiti

Tek şişelik test kiti, polyolester (POE) kompresör yağlarının içindeki muhtemel asit seviyesi hakkında görsel bilgi verir. Yağ örneğini şişeye koyup çalkaladığınızda, rengi **mor** kalıyorsa sorun yok anlamına gelmektedir. **Portakal** rengine döndüyse önlem alınmasını gerektiren bir durum söz konusudur. **Sarı** renk ise yağın asidik olduğuna işaret eder. Bu durumda yağ değiştirilmeli ve sistem temizlenmelidir.



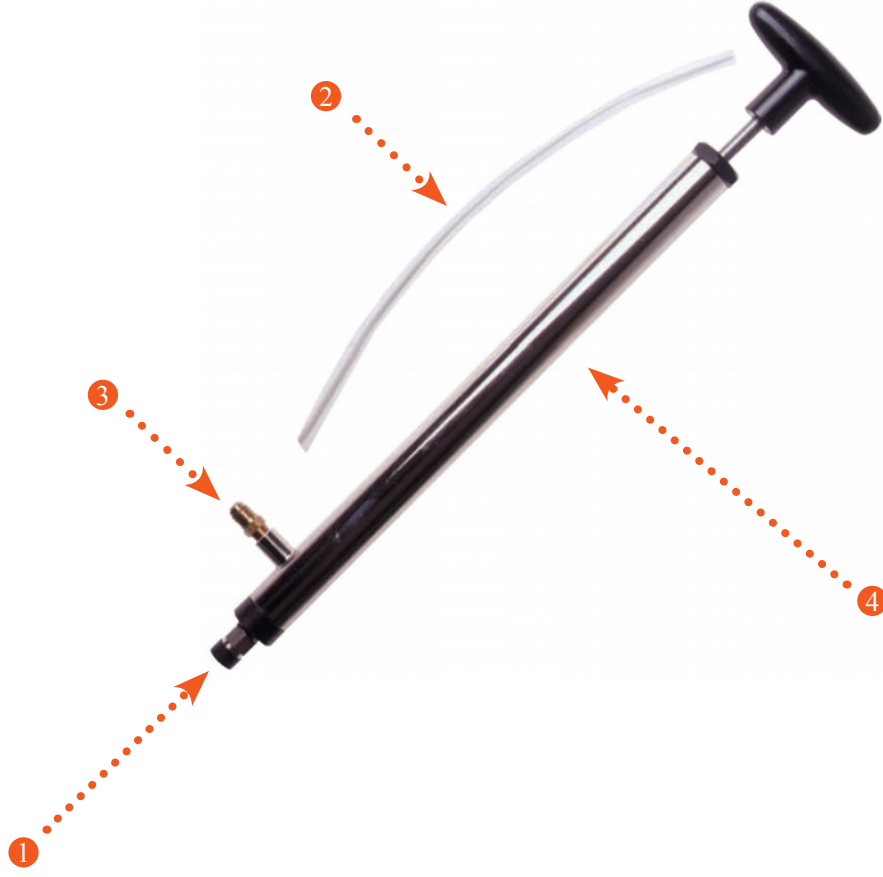
Şekil 5.37 - Tadilat (retrofit) test kiti

Tadilat işlemi, mineral bazlı kompresör yağının sistemden uzaklaştırılıp yerine polyolester (POE) yağ konulmasını gerektirir. Tadilat işlemi sonucunda mineral bazlı yağ kalıntısının kabul edilebilir seviyelerde olması gerekir. Bu test kiti ile, mineral yağ kalıntısı seviyesi basit bir şekilde yaklaşık olarak belirlenir. Test esnasındaki görsel belirtiler; kalıntı seviyesinin %5'den fazla, %1-5 arasında veya %1'den az olduğu konusunda fikir verir.



Şekil 5.38 - Refraktometre

Hassas bir optik cihaz olup, sıvı solüsyonlarının kırılma indekslerine dayanarak hızlı ve doğru sonuç alınmasını sağlar. Özellikle sistemin başka bir soğutucu akışkana uyarlanması sürecinde eski yağ kalıntısının oranını belirlemede yardımcı olur.



Şekil 5.39 - Yağ pompası

- ① Emiş bağlantısı
- ② Emiş hortumu
- ③ 1/4" SAE hortum bağlantılı pompa çıkışı
- ④ Pompa gövdesi

5.3. GERİ TOPLAMA, GERİ KAZANIM, ISLAH VE VAKUM İŞLEMLERİNDE KULLANILAN EKİPMAN

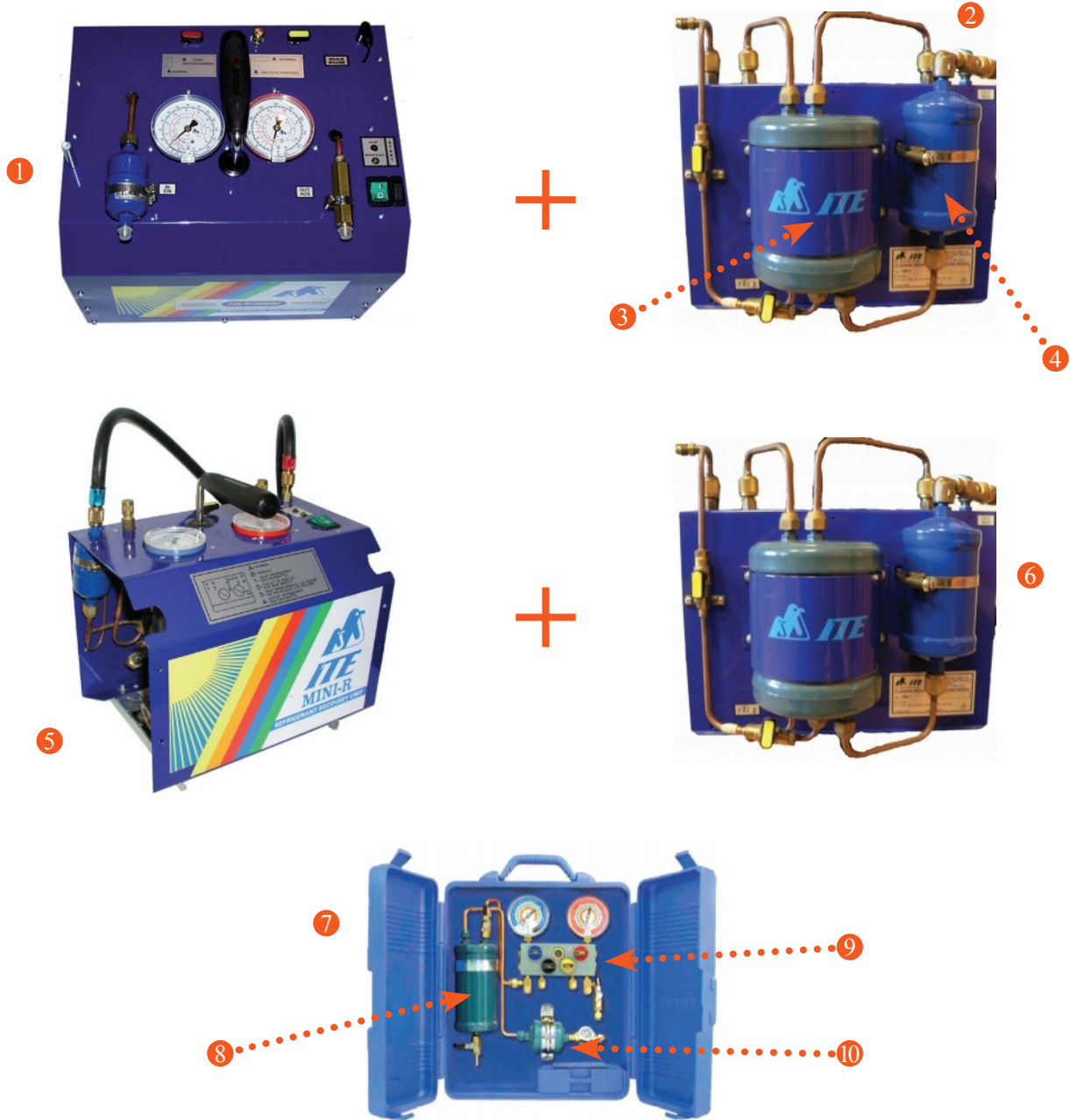
Bu bölümde; soğutucu akışkanın geri kazanım (recovery), yeniden kullanımı (recycling), ıslah (reclamation) ve vakum işlemlerinde kullanılan ekipmanları tanımlanmaktadır.

5.3.1. Geri Kazanım Ekipmanı



Şekil 5.40 - Soğutucu akışkan geri kazanım ünitesi

- 1 Ticari soğutma iklimlendirme sistemleri için yağsız geri kazanım ünitesi
- 2 Kondenser ve fanı
- 3 Yüksek ve alçak basınç manometreleri
- 4 Soğutucu akışkan giriş-çıkış valfleri
- 5 Filtre-kurutucu
- 6 Küçük kapasiteli ticari ve ev tipi klimalar için yağ bazlı geri kazanım ünitesi
- 7 Aşırı dolum koruması (OFP) için hortum bağlantısı
- 8 Geri kazanım silindiri
- 9 CFC 11 dahil tüm soğutucu akışkanlar için yağsız geri kazanım ünitesi



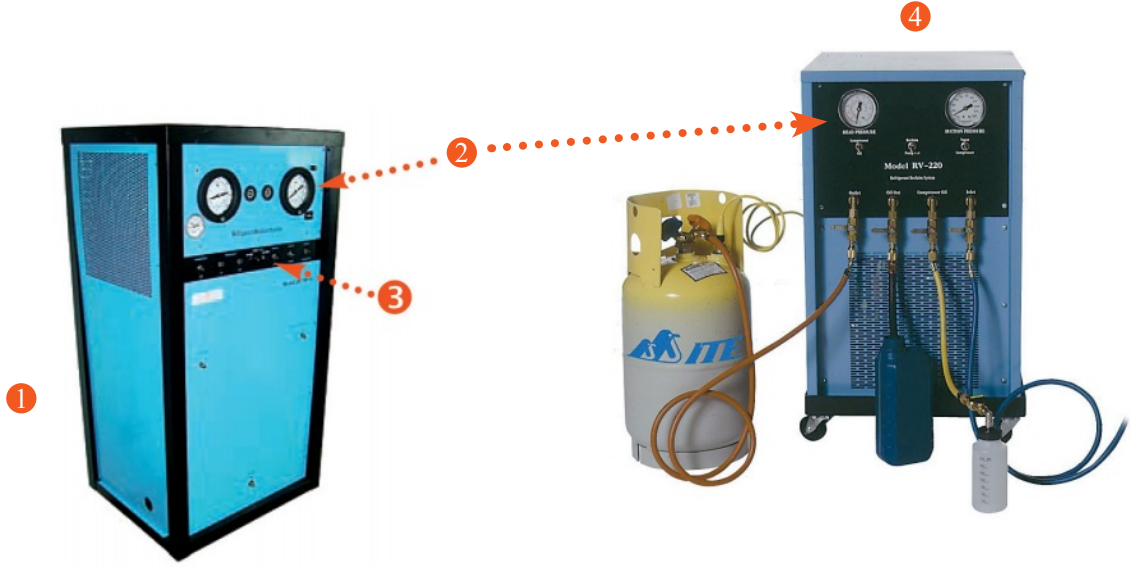
Şekil 5.41 - Soğutucu akışkan geri kazanım ve yeniden kullanım ünitesi

- ① Ticari soğutma-iklimlendirme sistemleri için soğutucu akışkan yeniden kullanımı için ek üniteye sahip yağsız geri kazanım tesisi
- ② Geri kazanım ünitesi için soğutucu akışkan temizleme modülü
- ③ Yağ drenaj valfli ve yağ ayırıcı
- ④ Gözetleme camlı ve filtre-kurutucu
- ⑤ Küçük kapasiteli ticari ve ev tipi klimalar için yağ bazlı geri kazanım ünitesi
- ⑥ Geri kazanım ünitesi için soğutucu akışkan temizleme modülü
- ⑦ Tüm geri kazanım üniteleri için temizleme modülü
- ⑧ Yağ drenaj valfli ve yağ ayırıcı
- ⑨ Yüksek ve alçak basınç manometreli manifold seti
- ⑩ Gözetleme camlı ve filtre-kurutucu



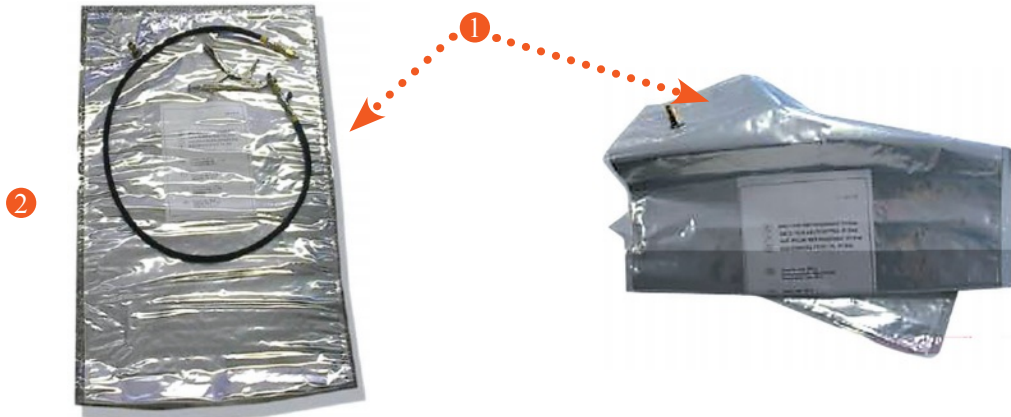
Şekil 5.42 - Geri kazanım, yeniden kullanım, vakum ve şarj ünitesi

- ① Soğutucu akışkan yeniden kullanım ve taşıt kliması (MAC) uygulamaları için yarı otomatik ünite
- ② İki farklı soğutucu akışkan kullanımına izin veren MAC yeniden kullanım ünitesi
- ③ Harici ve dahili yüksek ile alçak basınç manometreleri ve hortumları
- ④ Aşırı doldurma korumalı (OFP), rezistanslı ısıtıcı dahili ve harici soğutucu akışkan silindirleri
- ⑤ Kamyon ve otobüsler için otomatik soğutucu akışkan servis ünitesi
- ⑥ MAC için otomatik servis ünitesi
- ⑦ Ticari vb uygulamalar için yarı otomatik servis ünitesi



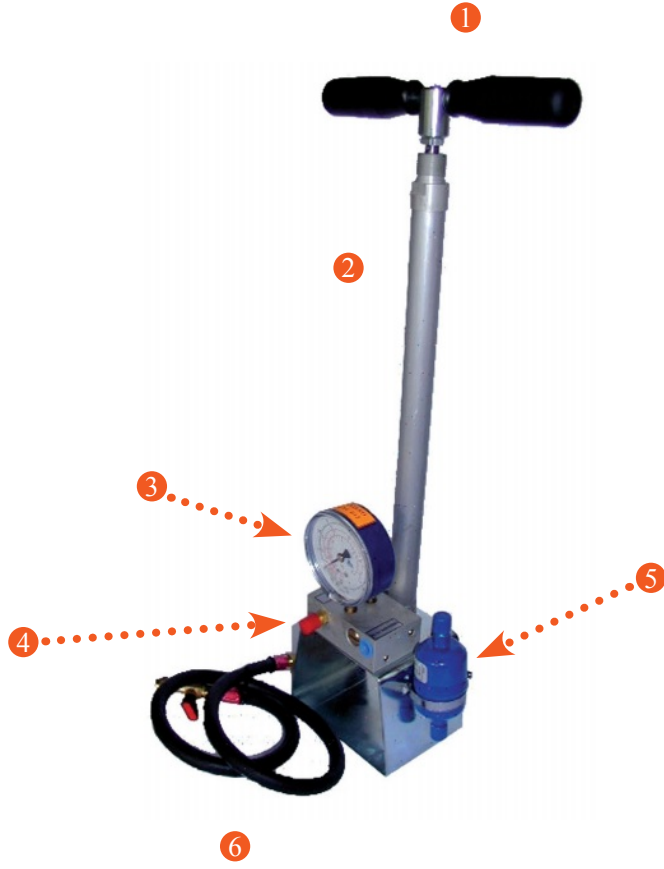
Şekil 5.43 - Soğutucu akışkan ıslah ünitesi

- 1 Yüksek soğutucu akışkan işleme ve saflaştırma kapasitesine sahip ıslah ünitesi
- 2 Yüksek ve alçak basınç manometreleri
- 3 Üç farklı soğutucu akışkan kullanımına izin veren selektörlü kontrol devresi
- 4 Küçük kapasiteli soğutucu akışkan ıslah ünitesi



Şekil 5.44 - Soğutucu akışkan geri kazanım torbası

- 1 R12 ve/veya R134a için geri kazanım torbası, kapasitesi R12 için 250 g ve R134a için 200 g'dir. Maksimum çalışma sıcaklığı 60°C ve maksimum **basınç ise 0,1 bar'dır.**
- 2 Aksesuarlar (hortum ve ezme pensesi)



Şekil 5.45 - Soğutucu akışkan geri kazanım el pompası

- ① El pompası maksimum basınç 15 bar, piston stroğu 20/300 mm, R12 ve R134a için kullanılabilir.
- ② Pompa gövdesi
- ③ Emiş basıncı
- ④ Giriş ve çıkış ağız bağlantısı - 1/4" SAE erkek
- ⑤ Filtre-kurutucu
- ⑥ Küresel vanalı soğutucu akışkan transfer hortumu - 1/4" SAE dişi



Şekil 5.46 - Vakum Pompası

- ① Çift kademeli vakum pompası (40-280 litre/dak, 0,16 mbar (12 mikron) vakum seviyesi, gaz balast valfli
- ② Solenoid valf
- ③ Sistemden süpürülen havanın atıldığı sap
- ④ Vakum manometresi
- ⑤ Yağ seviye göstergesi
- ⑥ Yağ buharı filtresi
- ⑦ 3/8" hortum bağlantısı
- ⑧ Vakum pompası (198 litre/dak)
- ⑨ Vakum pompası yağ tenekesi



Şekil 5.47 - Soğutucu akışkan şarj ve vakum ünitesi

- 1 Vakum manometreli çift kademeli vakum pompası
- 2 Yüksek/alçak basınç manometreli manifold seti
- 3 Şarj silindiri termometresi
- 4 Cetveli şarj silindiri



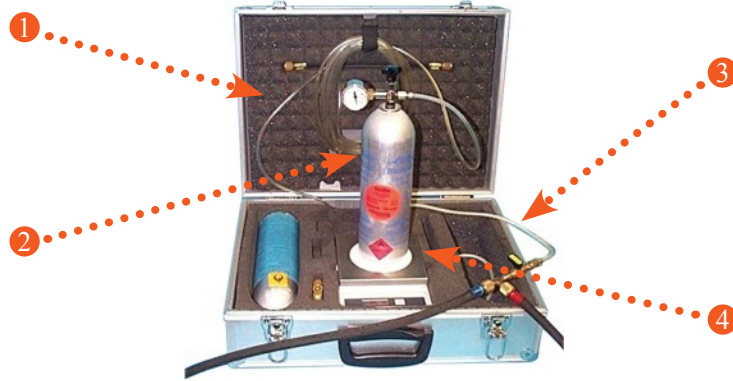
Şekil 5.48 - R600a ve R134a için şarj ve vakum ünitesi

- 1 Çift kademeli vakum pompası
- 2 R600a/R134a için alçak basınç ve vakum manometreli manifold seti
- 3 Elektronik tartı
- 4 Soğutucu akışkan silindiri desteği



Şekil 5.49 - Soğutucu akışkan şarj silindiri

- 1 Soğutucu akışkanın basınç-sıcaklık ilişkisini gösteren manometre
- 2 Sıvı/buhar valfleri
- 3 Şeffaf cetvel
- 4 Dahili soğutucu akışkan silindiri
- 5 Soğutucu akışkan seviye göstergesi
- 6 Silindir ayağı ve rezistanslı ısıtıcı



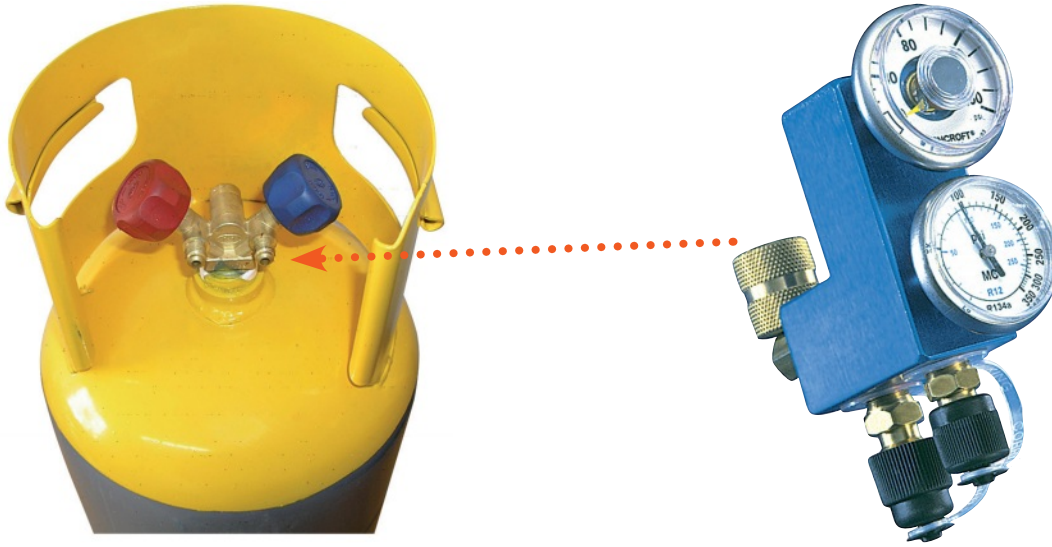
Şekil 5.50 - Hidrokarbon (HC) soğutucu akışkanlar için şarj ünitesi

- 1 HC soğutucu akışkan drenaj hortumu (minimum 5 m uzunlukta)
- 2 HC soğutucu akışkan silindiri (450 g)
- 3 Adaptör ve valfli şarj hortumu
- 4 Elektronik terazi



Şekil 5.51 - Kompresör yağı şarj/deşarj kabı

- ① 1/4" dişi SAE bağlantısı
- ② Valf
- ③ Şarj seviye cetveli (oz/ml)
- ④ PVC kap



Şekil 5.52 - Yoğuşmayan gazları uzaklaştırma aparatı

R12 ve R134a içeren silindirlerde yoğuşmayan gazların (örneğin hava) tespiti ve uzaklaştırması için kullanılır.

5.4. ÖLÇÜM ALETLERİ

Bu bölümde, soğutma sistemlerindeki soğutucu akışkan kaçaklarının tespitinden elektriksel ölçümlerde kullanılan aletlere kadar bir dizi ekipman tanımlanmaktadır.

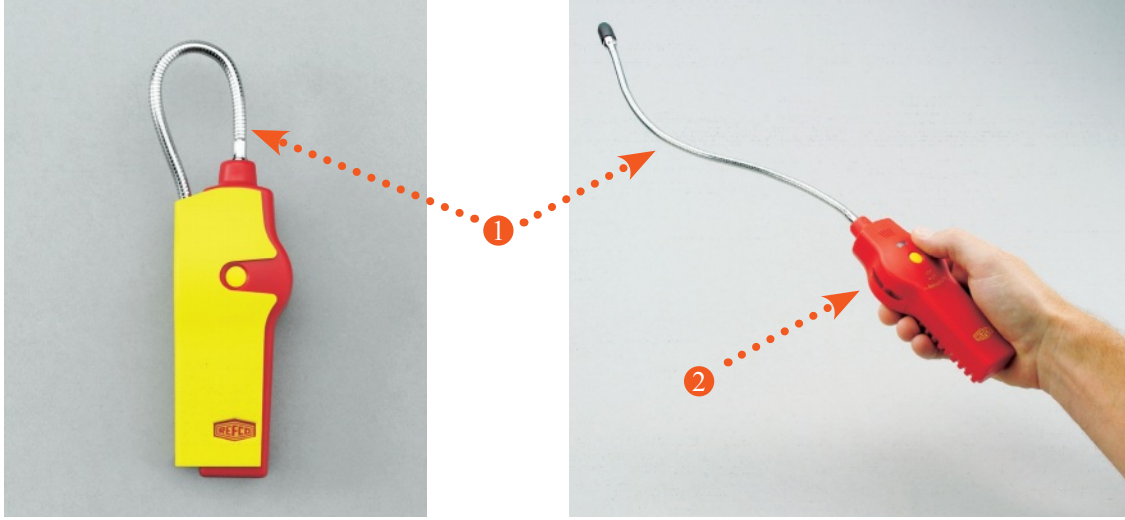
5.4.1. Kaçak Dedektörleri, Sıcaklık, Elektriksel Ölçüm Cihazları ve Tartılar



Şekil 5.53 - Elektronik kaçak dedektörü

Tüm halojenli soğutucu akışkanları tespit eder. Hassasiyeti 3 g/yıl civarındadır. Değişken frekanslı alarm sinyali üretir. Görsel kaçak belirlemeye uygundur.

- ① Esnek metal hortumlu sensör
- ② Tuş takımı
- ③ Ek noktasal aydınlatma



Şekil 5.54 - HC soğutucu akışkanlar için elektronik kaçak dedektörü

HC soğutucu akışkanlar için elektronik kaçak dedektörü

- 1 Esnek metal hortumlu sensör
- 2 Tuş takımı



Şekil 5.55 - Ultraviyole (UV) kaçak dedektörü

Taşınabilir morötesi (UV) kaçak dedektörleri, iklimlendirme soğutma sistemlerinde kullanılan soğutucu akışkan kaçaklarını 3,5 g/yıl hassasiyetinde tespit etmeye yardımcı olur.

- 1 Yüksek yoğunluklu UV/mavi lamba (100 W)
- 2 Soğutma devresine enjekte etmek için özel boy
- 3 Florasan ışınları görmek için gözlük
- 4 Adaptörlü boru
- 5 Enjeksiyon pompası



Şekil 5.56 - Kaçak tespit sıvısı

Aşındırıcı olmayan, yüksek vizkoziteli ve donmayan kaçak tespit spreyi



Şekil 5.57 - Soğutucu akışkan tanımlayıcı

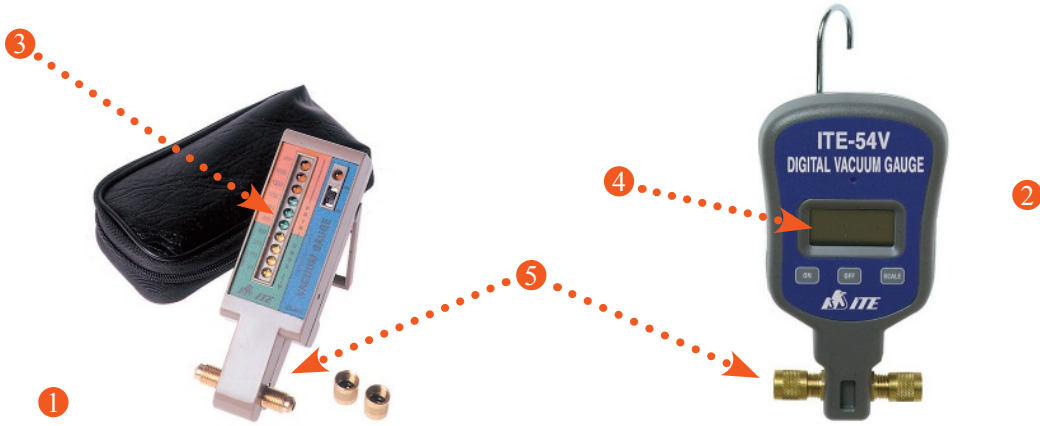
Kızılötesi soğutucu akışkan tanımlayıcılar, R12, R134a, R22, HC'ler, R404, R407, R410 ve havanın ağırlıkça konsantrasyonunu belirlemekte yardımcı olmaktadır.

- ① LCD ekran
- ② Giriş filtresi
- ③ Yazıcı
- ④ Adaptörlü hortum bağlantısı



Şekil 5.58 - R-22 için tanımlayıcı

Soğutma sistemi ya da silindirdeki soğutucu akışkanın % 95 saflıkta R-22 içerip içermediğini beş dakikadan kısa sürede belirleyebilmektedir.



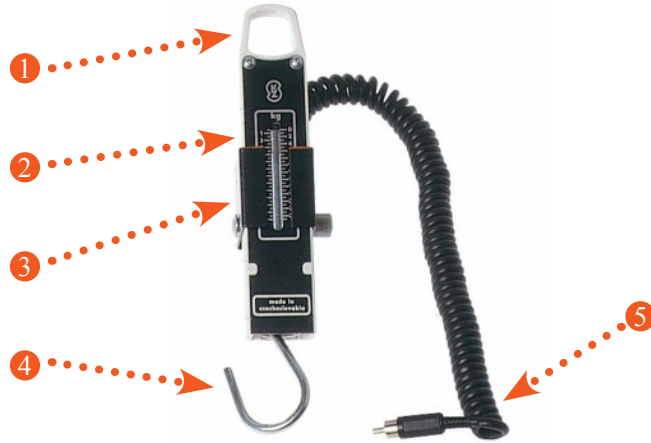
Şekil 5.59 - Yaygın olarak kullanılan elektronik vakum manometreleri

- ① 50-5000 mikron aralığında ölçüm yapan elektronik vakum manometresi
- ② 0-12000 mikron aralığında (değişik basınç birimleri seçilebilir) ölçüm yapabilen elektronik vakum manometresi
- ③ LED ekran
- ④ LCD ekran
- ⑤ Hortum bağlantıları



Şekil 5.60 - Soğutucu akışkan şarj terazisi

- ① Tüp ve soğutma sistemi için elektronik şarj terazisi, kapasite 50 kg, hassasiyet \pm %0,5, kararlılık 2 g
- ② Küçük hermetik soğutma sistemleri için elektronik şarj terazisi, kapasite 5 kg'ye kadar, kararlılık 1 g
- ③ LCD ekran



Şekil 5.61 - Yaylı tip şarj terazisi

- ① Askı
- ② Cetvel
- ③ Maksimum doldurma ayar sürgüsü
- ④ Kanca
- ⑤ Aşırı doldurma koruması (OFP) için bağlantı kablosu



Şekil 5.62 - Elektronik termometre

- ① İki uçlu elektronik termometre (-50-1150°C)
- ② Üç uçlu elektronik termometre
- ③ Bir uçlu elektronik termometre (-50-150°C)
- ④ Soğutucu ve dondurucu termometreleri (-50-50°C)



Şekil 5.63 - Dijital pense ampermetre

Temassız akım ve gerilim ile direnç ölçümü, LCD ekran, kolay okuma için

- 1 Akım ölçüm çenesi
- 2 Seçici anahtar
- 3 LCD ekran
- 4 Ölçüm uçları



Şekil 5.64 - Motor dönme yönü ölçüm cihazı

Özellikle scroll kompresör motorlarının dönme yönünü belirlemek için kullanılır

- 1 Dönme saat yönüne
- 2 Üç faz bağlantı uçları
- 3 Dönme saatin ters yönüne



Şekil 5.65 - Dijital multimetre

- 1 Seçici anahtar
- 2 Ölçüm uçları



Şekil 5.66 - Anemometre ve termometre

Boruların iç-dış temizliği için kullanılan;

- 1 Entegre termometreli kanatlı sensör
- 2 Sıcaklık ve hava hızı ölçüm cihazı



Şekil 5.67 - Gürültü seviyesi ölçüm cihazı

Soğutma ve iklimlendirme sistemlerindeki gürültü seviyesi ölçümlerinde kullanılır (40-140 dB)

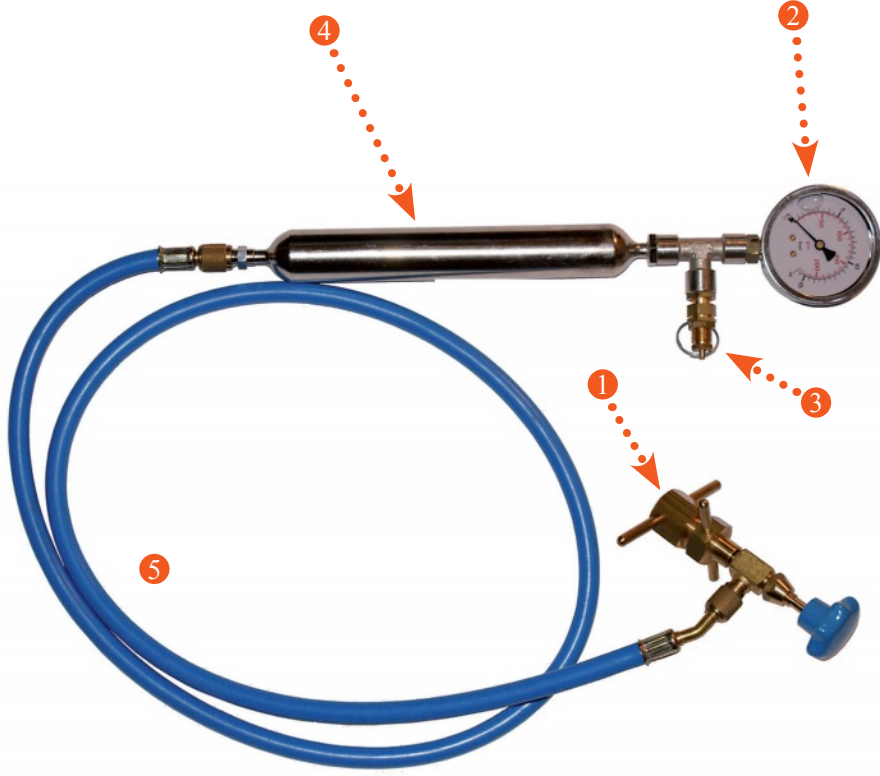
- 1 Sensör
- 2 Dijital ekran
- 3 Tuş takımı



Şekil 5.68 - Gerilim test cihazı

6-220 VDC ve 24-480 VAC ölçüm aralığı

- 1 Ölçüm ucu
- 2 LED ekran



Şekil 5.69 - Hermetik kompresör test aparatı

Kompresör kapasite testi için yalnızca kuru azot kullanılır.

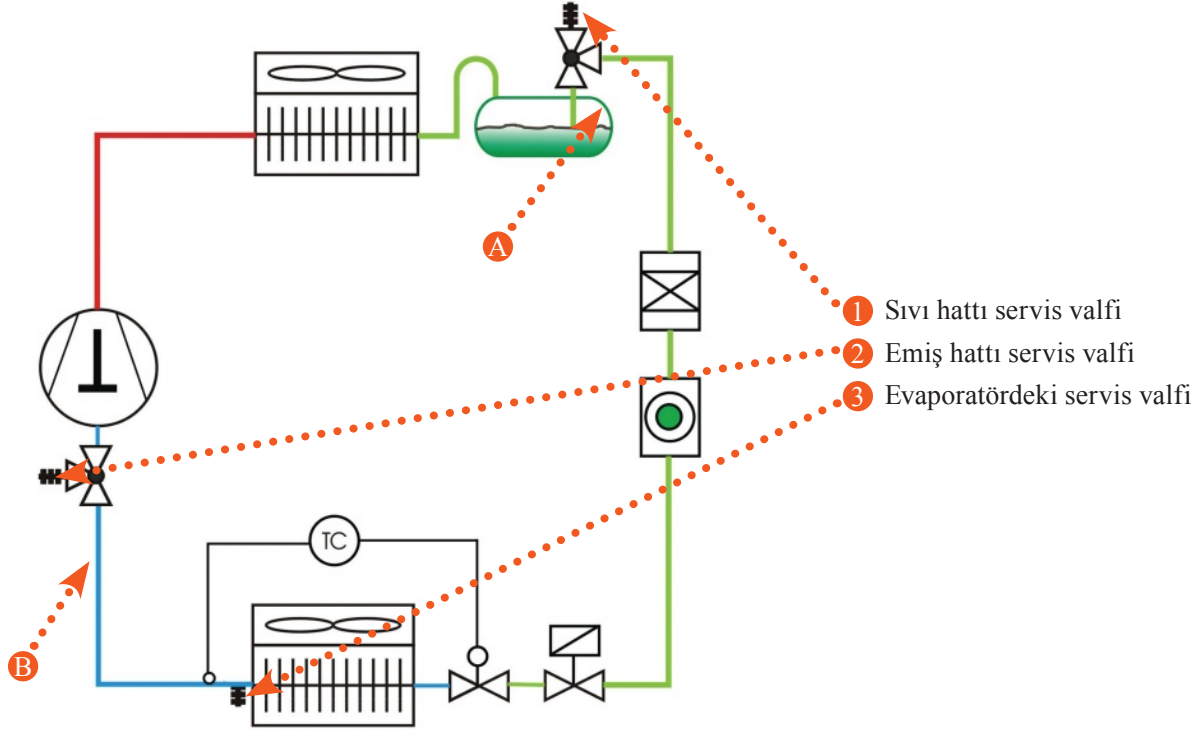
- ① Çabuk bağlantı ucu
- ② Manometre
- ③ Ayarlanabilir emniyet valfi
- ④ Basınçlı kap
- ⑤ Soğutucu akışkan şarj hortumu

5.5. TEMEL SERVİS İŞLEMLERİ

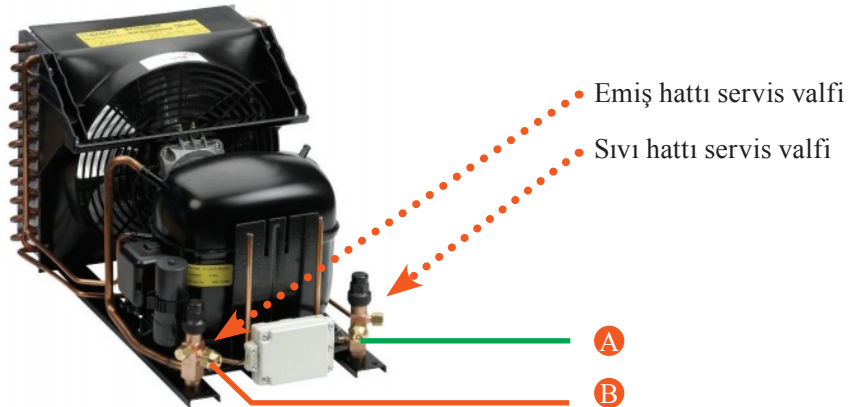
Bu bölümde soğutma sistemlerinde kullanılan temel servis işlemleri ile ilgili bilgilerin yanı sıra; bükme, havşa açma, lehim gibi temel beceriler konusunda özet bilgilere yer verilmektedir.

5.5.1. Devreye Alma

Bir soğutma sisteminin işletme güvenliği ve hizmet ömrü, sistemin içinde bulunması muhtemel nem ile diğer yoğunlaşmayan gazların varlığına ve ne kadar sızdırmaz olduğuna bağlıdır. Soğutma çevriminin mümkün olduğu kadar sızdırmaz (hermetik) hale getirilmesi, işletme esnasındaki içeriye ve dışarıya sızmaları en aza indirmektir. Böylece enerji verimli ve çevreye saygılı bir işletim gerçekleştirilebilir. Şekil 5.70, işletmeye alma esnasında kullanılacak servis noktalarını göstermektedir.



Şekil 5.70 - Servis esnasındaki bağlantı noktaları



Şekil 5.71 - Servis esnasındaki bağlantı noktaları

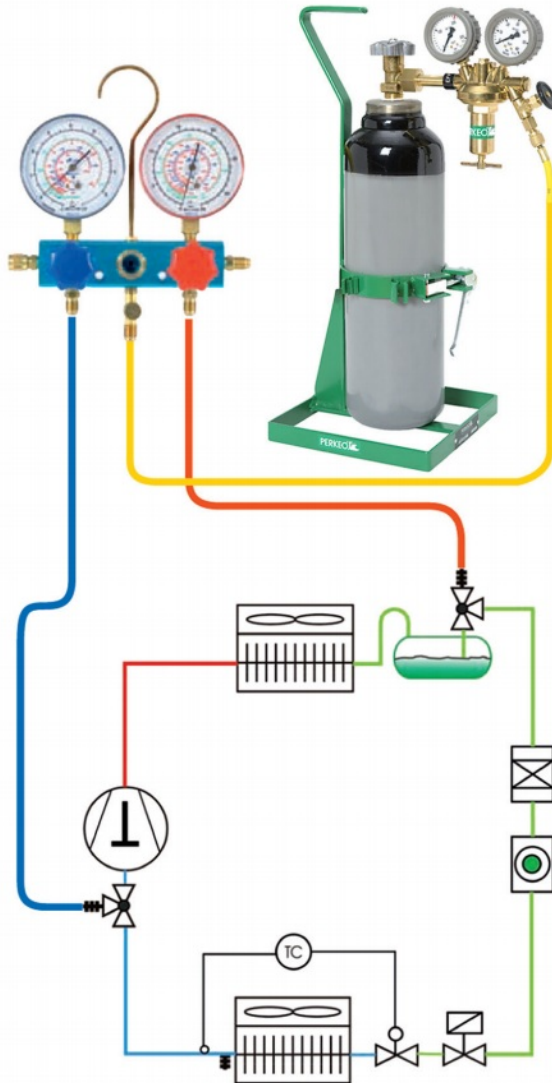
5.5.2. Sızdırmazlık Testi

Bu test, soğutma sistemindeki muhtemel kaçak noktaları konusunda bilgi sağlar.

Sızdırmazlık testi için sadece kuru azot kullanılmalıdır.

Kuru azotun basıncını bir regülatör kullanarak 10 bar'a düşürüp, alçak ve yüksek basınç servis valflerinden sisteme veriniz.

Önemli - Bu işlem için asla oksijen ve mahal havası kullanmayınız.



Manifold setinin ortasındaki sarı servis hortumunu azot silindirisinin regülatörüne bağlayınız.

Kırmızı hortumu yüksek basınç servis valfine bağlayınız.

Mavi hortumu alçak basınç servis valfine bağlayınız.

Şekil 5.72 -Sızdırmazlık testi



1. Soğutma sistemini 10 barg basınca kadar kuru azot ile basınçlandırınız.
2. Azot regülatör valfini kapatın ve sistemi basınç altında bekletiniz.
3. Manometrelerdeki basıncı izleyiniz. Eğer kaçak var ise, basınç düşecektir. Büyük kaçaklar çıkardıkları ses ile ayırt edilebilirler.
4. Tüm lehimli ve havşalı somunlu bağlantıları sabun köpüğü ile kontrol ediniz. Kaçak olan bağlantılarda baloncuklar oluşacaktır.
5. Sızdıran bağlantıları tamir ediniz.
6. Kaçak testini tekrarlayınız.

Notlar:

Şekil 5.73 - Baloncuklar oluşmuş sızdıran bir bağlantı örneği

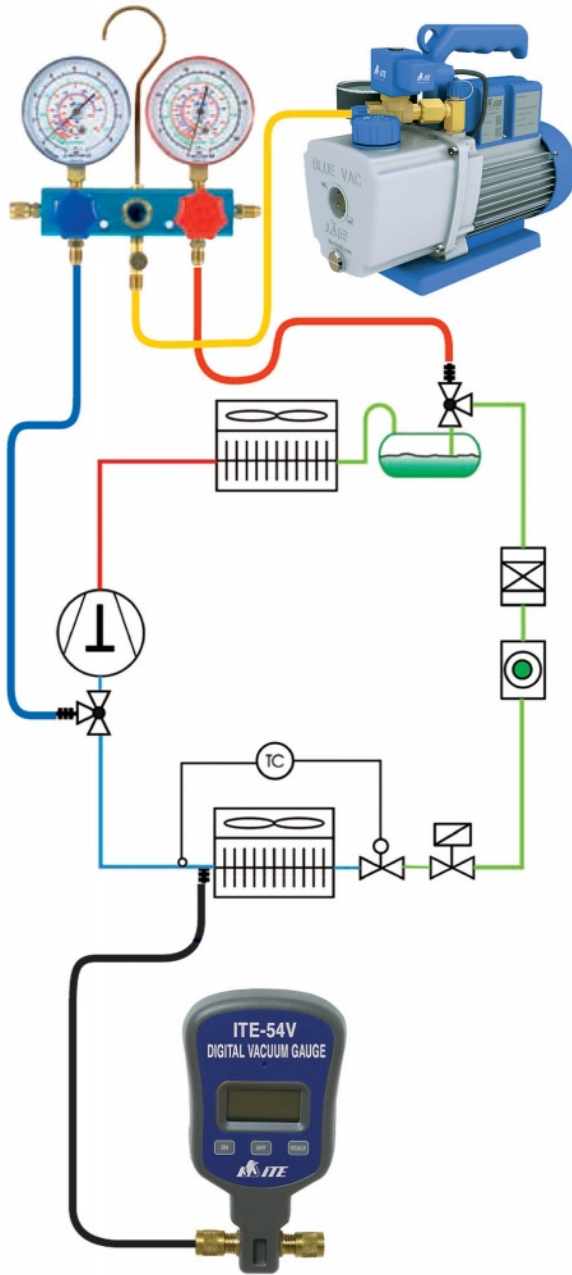
5.5.3. Vakuma Alma

Soğutma sisteminin vakuma alınması, hava ve azot gibi gazların sistem içindeki konsantrasyonunu mümkün olduğu kadar azaltmaya yöneliktir. Aynı zamanda montaj esnasında sisteme giren nem de bu yolla uzaklaştırılmaktadır.

Hedeflenen vakum değeri genellikle 0,5 mbar (50 Pa, 375 mikron)'dır.

Eğer mümkün ise sistem alçak ve yüksek basınç taraflarından aynı anda vakuma alınmalıdır. Vakum ölçümü dijital vakum manometreleriyle yapılmalıdır. Analog manometreler bu konuda yeterli hassasiyete sahip değildir.

Vakum süresini kısaltmak ve daha iyi bir vakum elde etmek için servis hortumunun mümkün olduğu kadar kısa ve çapının 3/8" olması tercih edilmelidir. Standart 1/4" hortumlar, çok fazla direnç oluşturduklarından derin vakum istenen uygulamalarda iyi sonuç vermezler.



Manifold setinin sarı hortumunu vakum pompasına bağlayınız.

Evaporatör çıkışındaki servis valfine dijital vakum manometresini bağlayınız.

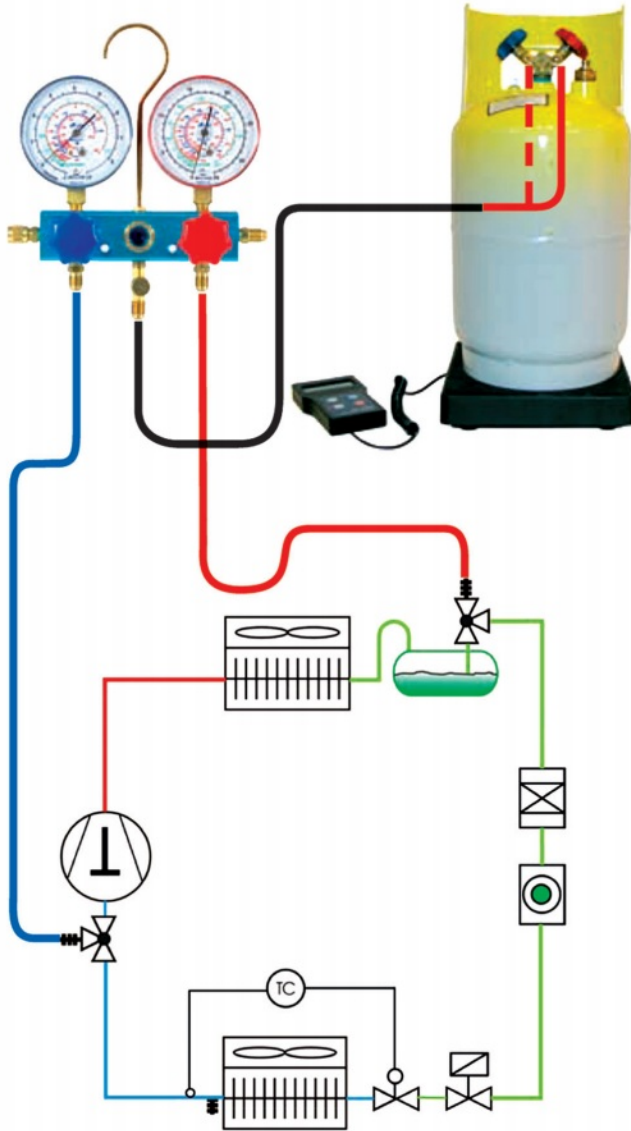
Vakum pompasını çalıştırıp, ulaşılmış hedeflenen vakum değerini izleyiniz.

Şekil 5.74 - Soğutma sisteminin vakuma alınması

5.5.4. Soğutucu Akışkan Şarjı

Vakum esnasında kompresör asla çalıştırılmamalıdır! Aksi takdirde kompresör zarar görebilir. Eğer şarj miktarı biliniyorsa, sistem çalıştırılmadan yüksek basınç tarafındaki servis valfi vasıtasıyla şarj silindiri veya elektronik terazi kullanılarak sıvı halde soğutucu akışkan verilebilir.

Sistemin alçak basınç tarafından sıvı halde soğutucu akışkan vermemiz gerektiğinde çok dikkatli davranılmalıdır. Büyük miktarda sıvı soğutucu akışkanın kompresöre girmemesi gerekir, aksi takdirde "sıvı darbesi" denilen olay gerçekleşir ve kompresör zarar görür. R134a saf soğutucu akışkandır ve sıvı ya da buhar halde sisteme verilebilir. Eğer verilecek soğutucu akışkan miktarı bilinmiyorsa, alçak basınç otomatığının kontaklarını kapattığı değere kadar soğutucu akışkan verilir ve kompresör çalıştırılır. Daha sonra sistemin değişik çalışma verileri (basınç, sıcaklık, superheat, subcooling, vb.) izlenerek ekleme/alma işlemi yapılır.



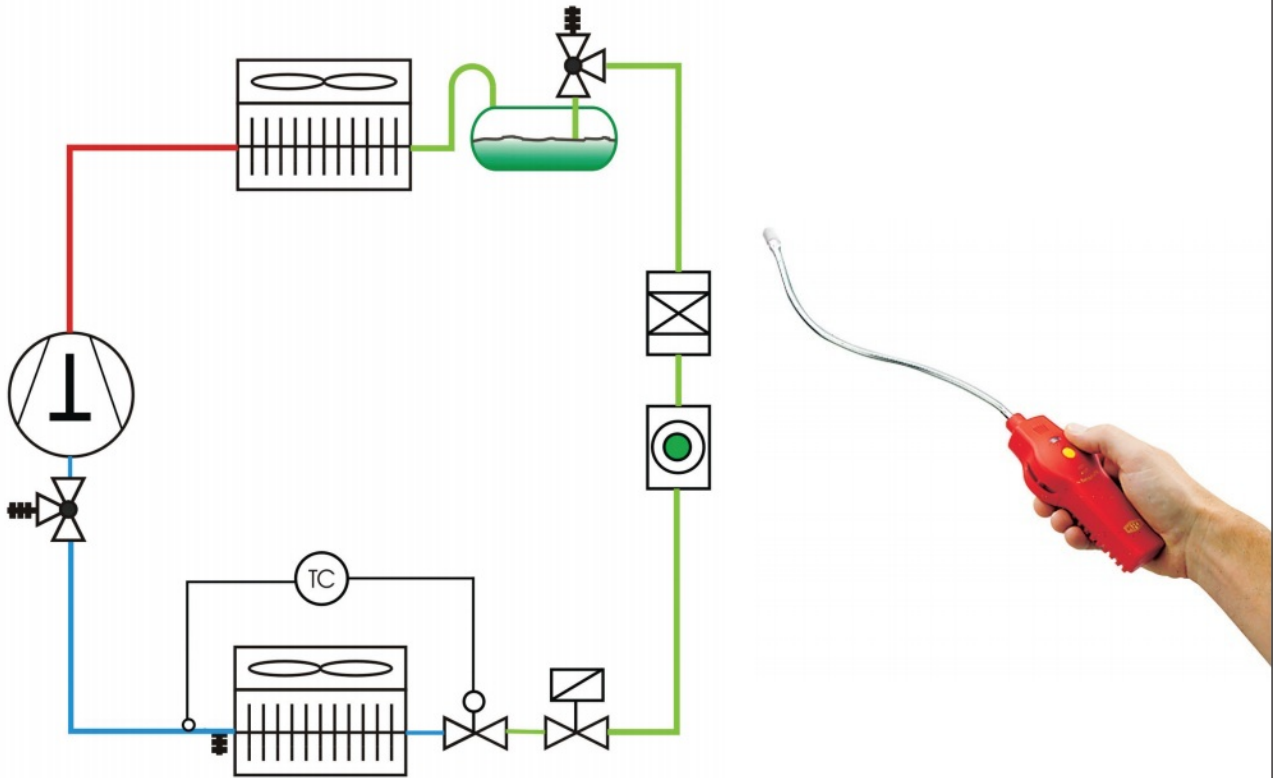
Şarj silindirini servis hortumu ile manifold setinin orta portuna bağlayınız.

Hortumdaki havayı süpürmeyi unutmayınız!

Şekil 5.75 - Soğutma sistemine soğutucu akışkan şarjı

5.5.6. Sistem Kontrolü ve Son Kaçak Testi

Soğutucu akışkan şarjı sonrasında, tüm emniyet elemanlarının ve kontrol cihazlarının fonksiyonlarını yerine getirip getirmediği ve ayarları kontrol edilmelidir. Sistem, arzu edilen çalışma değerleri gözlenene kadar çalıştırılmalıdır. Bu arada sıcaklık ve basınç değerleri kayıt edilmelidir. Sistemin üzerinde şarj edilen akışkanın cinsi ve miktarı ile ilgili etiket bulunmalıdır (Bu konuda Florlu Gazlar yönetmeliğinde de hükümler bulunmaktadır). Manifold seti ve hortumlar toplandıktan sonra son kaçak testi yapılmalıdır.

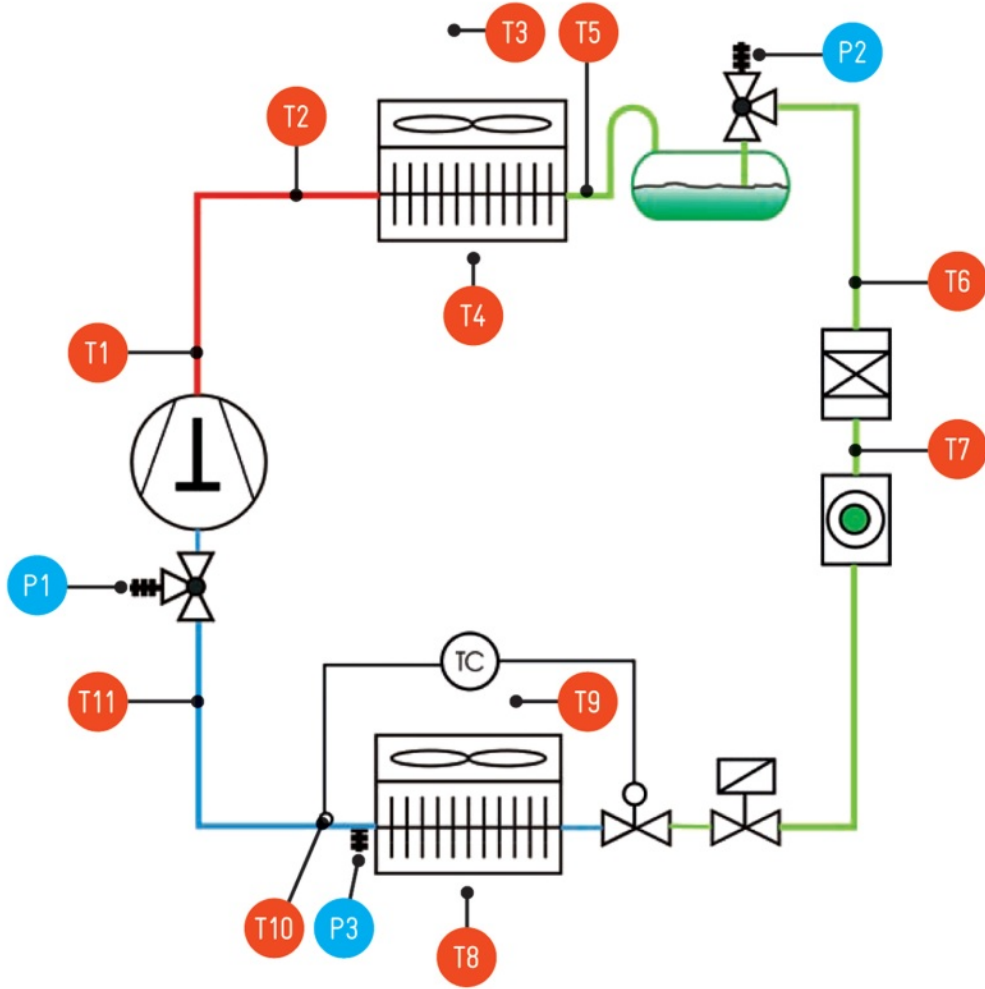


Bir kere daha sabunlu su ve/veya elektronik kaçak dedektörü ile aşağıdaki noktaların kontrolünü sağlayınız:

- Havşalı somun bağlantıları
- Servis valfleri
- Lehimli boru bağlantıları
- Evaporatör kurve bağlantıları
- Sıkı geçme borular
- Aksesuarlardaki kaynaklı bağlantılar

Şekil 5.76 - Elektronik dedektör ile kaçak testi

5.5.7. Sıcaklık ve Basınç Ölçüm Noktaları



Şekil 5.77 - Sıcaklık ve basınç ölçüm noktaları

Tablo 5.1 - İşletmeye alma formu

İşletmeye Alma Formu			
Teknisyenin adı			
Adres			
Telefon veya faks			
Kayıt no.			
Montaj ve Cihaz Bilgileri			
Montaj tipi		Model ve no.	
Başlama tarihi		Bitiş tarihi	
İşletme Verileri			
Soğutucu akışkan cinsi		Soğutucu akışkan şarjı (kg)	
Yağ tipi		Kompresör yağ şarjı (kg)	
Kompresör emiş basıncı (P1)		Yoğuşma basıncı P2	
Evaporatör çıkış basıncı (P3)			
Basma sıcaklığı (T1)		Kondenser soğutucu akışkan giriş sıcaklığı (T2)	
Kondenser giriş hava sıcaklığı (T3)		Kondenserden çıkan hava sıcaklığı (T4)	
Kondenser soğutucu akışkan çıkış sıcaklığı (T5)		Filtre-kurutucu girişinde soğutucu akışkan sıcaklığı (T6)	
Filtre-kurutucu çıkışında soğutucu akışkan sıcaklığı (T7)		Evaporatöre giren hava sıcaklığı (T8)	
Evaporatör hava çıkış sıcaklığı (T9)		Evaporatörden çıkan soğutucu akışkan sıcaklığı (T10)	
Kompresöre giren soğutucu akışkan sıcaklığı (T11)			
Alçak basınç otomatığı devreye girme-çıkma değerleri		Yüksek basınç otomatığı devreye girme-kesme değeri	
Elektriksel Veriler			
Güç kaynağı (V)	L1	L2	L3
Toplam akım (A)	L1	L2	L3
Kompresör akımı (A)	L1	L2	L3
Evaporatör fan akımı (A)			
Kondenser fan akımı (A)			
Diğer Montaj Verileri			
Basma hattı boru çapı		Basma hattı uzunluğu (m)	
Sıvı hattı boru çapı		Sıvı hattı uzunluğu (m)	
Emiş hattı boru çapı		Emiş hattı uzunluğu (m)	
Emiş hattı yalıtımı		Kompresör/evaporatör kot farkı (m)	
Kondenser tipi		Evaporatör tipi	
Filtre-kurutucu tipi		Sıvı tankının tip ve boyutu	
Düşünceler			
Teknisyenin İmzası			
Tarih			

5.6. BAKIR BORULARIN BÜKÜLMESİ

Bakır borulara kolaylıkla şekil verilebilir. Uygun boru bükme aparatları kullanıldığında, borunun dış çap ölçüsü korunarak (ezilmeye sebep olmadan) işlem gerçekleştirilebilir. Genellikle 54 mm dış çapa kadar taşınabilir bükme aparatları mevcuttur. 54mm üstünde ise hidrolik vb. aparatlar kullanılır.

5.6.1. Bükme İşlemi Basamakları



Yalnızca uçları kapatılmış ve temiz/kuru bakır borular kullanılmalıdır.

Bu kötü örnek, uygun olmayan tarzda işlem görmüş ve muhafaza edilmiş boruyu göstermektedir.

Ezilmiş boru

Boru kangalının uçlarında koruyucu tıkaçlar yok!

Şekil 5.78 - Uygun olmayan tarzda hazırlanmış bakır boru



Yerleştirme

Boruya uygun çapta bükme aparatı kullanılmalıdır.

Bükme kolları 180 derece iken bükülecek boru bükme diskinin oyuna yerleştirilir.

Şekil 5.79 - Borunun yerleştirilmesi



Bükme başlangıç pozisyonu

Bükme kolunu boru üzerine oturtunuz ve sıfır işaretinin bükme yaptığınız yüzde olmasına dikkat ediniz.

Şekil 5.80 - Borunun bükme pozisyonu



Borunun bükülmesi

Kesintisiz bir hareketle bükme kollarını birbirine yaklaştırınız.

Bükme diskinin üzerinde yer alan aç**ı** bölüntülerini kullanarak istenen aç**ı** değerinde bükme yapabilirsiniz.

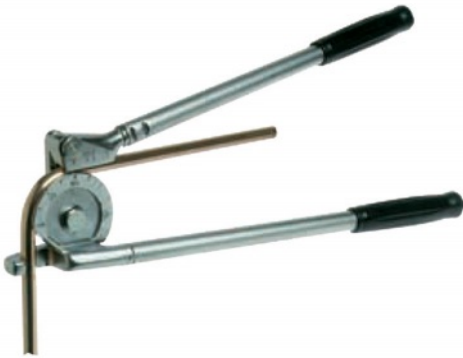
Şekil 5.81 - Borunun bükülmesi



Borunun çıkarılması

Bükme kollarını 180 derece aç**ı**ya getirerek bükülen boruyu aparat**tan** çıkarabilirsiniz.

Şekil 5.82 - Bükülmüş borunun çıkarılması



Bükme örneği

*Şekil 5.83 - Bükme işle**mi***



Bükme örneği

Şekil 5.84 - Bakır borunun bükülme uygulaması



Bükme örneği

Şekil 5.85 - Bükme aparatı

Boru devresinde en az sayıda dirsek ve bağlantı elemanı (fittings) kullanılması önerilir. Özellikle emiş hattında basınç düşümünü en aza indirecek boru planlaması yapılması önem arz eder.

Eğer elle bükme esnasında bakır boruda ezilme meydana geldiyse, ezilen yeri kesip tekrar deneyiniz. Problemi bu aşamada düzeltmek her zaman daha kolaydır. Sistem işletmeye alındıktan sonra, aşırı basınç düşümüne yol açacak böylesine bir problemi bertaraf etmek kolay olmayacaktır.

5.6.2. Sert Lehim İşlemleri

Sert ve yumuşak lehimleme, bakır boruları ve bağlantı elemanlarını birleştirmek için kullanılan yaygın tekniklerdir.

İklimlendirme ve soğutma alanındaki yönetmelikler ve iyi uygulamalar çerçevesinde en uygun yöntem sert lehimlemedir.

İyi uygulanacak sert lehimleme teknikleri, her türlü sıcaklık ile titreşin şartlarında sağlam ve sızdırmaz bağlantılar anlamına gelir.

Sert ve yumuşak lehimlemedeki yegane fark, kullanılan dolgu metali ve uygulama sıcaklığıdır.

Yumuşak lehimleme 450°C'nin altındaki sıcaklıkta gerçekleştirilirken sert lehimleme bu sıcaklığın üstünde uygulanır. Genel sıcaklık aralığı 600-815°C'dir.

Sert lehimlemede genellikle bakır-fosfor (CP) esaslı dolgu metalleri kullanılır. Lehim esnasında buharlaşan fosfor bakır oksit film tabakasına izin vermeyeceğinden lehim tozu (flux) kullanılmasına gerek kalmaz. Sert lehim esnasında borunun içinden çok düşük debide azot geçirilmesi oksidasyonu önleyecektir. Borulardaki oksidasyon, soğutma sistemi ve özellikle kompresör yağlama sistemi için zararlıdır.

Bakır boruların ve bağlantı elemanlarının sert lehimi için izlenecek sıra aşağıdaki gibidir:

1. Ölçme ve kesme
2. Kapak alma
3. Temizleme
4. Montaj ve destek
5. Isıtma
6. Dolgu metalinin uygulanması
7. Soğutma ve temizleme



Emniyetli çalışma kurallarına uyunuz!



5.6.2.1. Lehimleme Basamakları



Borunun kesilmesi

Testere yerine özel kesme aparatı kullanınız.

Şekil 5.86 - Borunun kesilmesi



İç çapakların alınması

İç-dış çapak alma aleti kullanınız.

Şekil 5.87 - İç ve dış çapakların alınması



Çapakların boru içine girmesine müsaade etmeyiniz.

Şekil 5.88 - Tığ eğe ile son işlem



Yüzeylerin temizliği

Tozların boru içine girmesini engelleyerek plastik bulaşık süngeri kullanabilirsiniz. Temizlik sonrası yüzeye dokunmayınız.

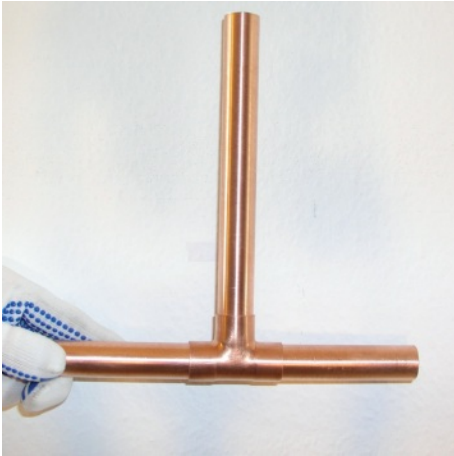
Şekil 5.89 - Boru yüzeyinin temizliği



Bağlantı elemanının temizliği

Bu amaçla tel fırça kullanabilirsiniz.

Şekil 5.90 - Bağlantı elemanlarının (fitting) fırça ile temizliği



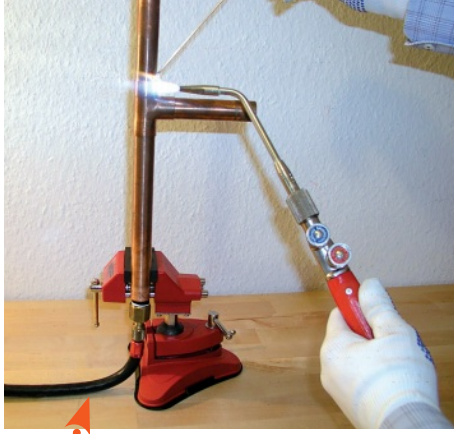
Montaj

Boru ve/veya bağlantı elemanlarını uygun derinlikte birbiri içine yerleştiriniz.

Şekil 5.91 - Boru ve bağlantı elemanının montajı

Boruların Temizlenmesi

Lehim öncesi kuru azot ile boru içlerini süpürerek temizleyiniz.



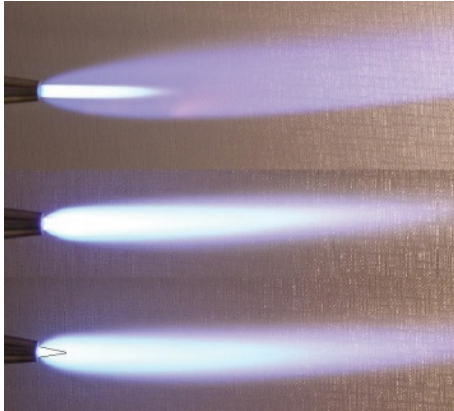
Azot hortumu

Boru hattına azot verilmesi

Borunun içinde oluşacak oksit tabakası soğutma sisteminde ciddi problemlere yol açabilir.

Lehim esnasında düşük debideki (1-2 l/dak) azotu borunun içinden geçirip atmosfere salarak boru içindeki oksidasyon önlenmelidir.

Şekil 5.92 - Boruda azot geçişinin sağlanması



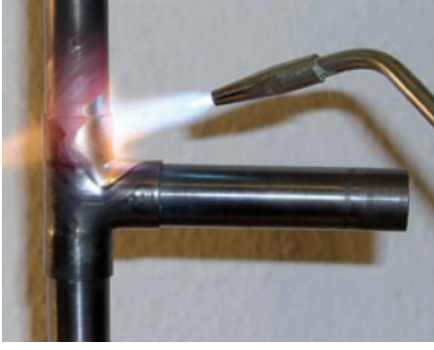
Alevin ayarlanması

Oksijeni biraz kısarak en alttaki alev formunu (nötr alev) elde ediniz.

Mavi alev

Çekirdek alevin etrafı yeşil

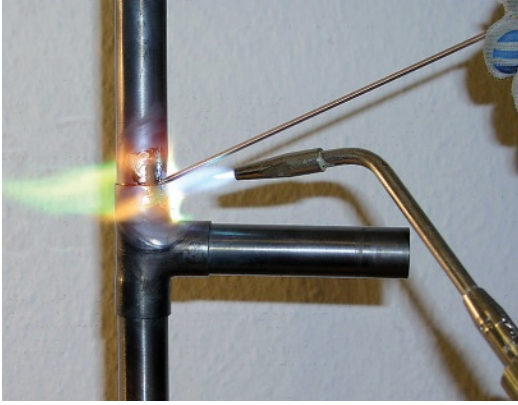
Şekil 5.93 - Şalomanın ayarlanması



Isıtma

Dolgu metalini uygulamadan önce eşit bir ısı dağılımı elde etmek üzere şalomayı boru ve fitting üzerinde hareket ettiriniz.

Şekil 5.94 - Bağlantı noktasına ısı uygulanması

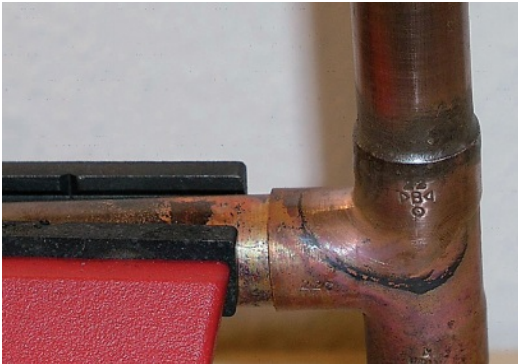


Dolgu metalini kullanmak

Isıtılan bölgenin rengi çilek kırmızısına döndüğünde, dolgu metalinin ucunu bağlantı noktasına dokundurunuz.

Boruyu aşırı ısıtmaktan sakınınız!

Şekil 5.95 - Lehim metalinin uygulanması



Bağlantının tamamlanması

Resimde de görüldüğü gibi dolgu metalini erimiş ve iki borunun arasına dolmuştur. Dışarıda çok az dolgu metalini görünmektedir.

Dolgu metalini

Şekil 5.96 - Dolgu metalinin görünüşü



Isıtmayı sonlandırma

Dolgu metalinin katılaşması için 10-15 saniye bekleyiniz.

Şekil 5.97 - Isıtmayı sonlandırma

Son olarak

Azot akışını kesiniz ve gerekiyorsa ıslak bir bez ile bağlantı yerini soğutunuz.

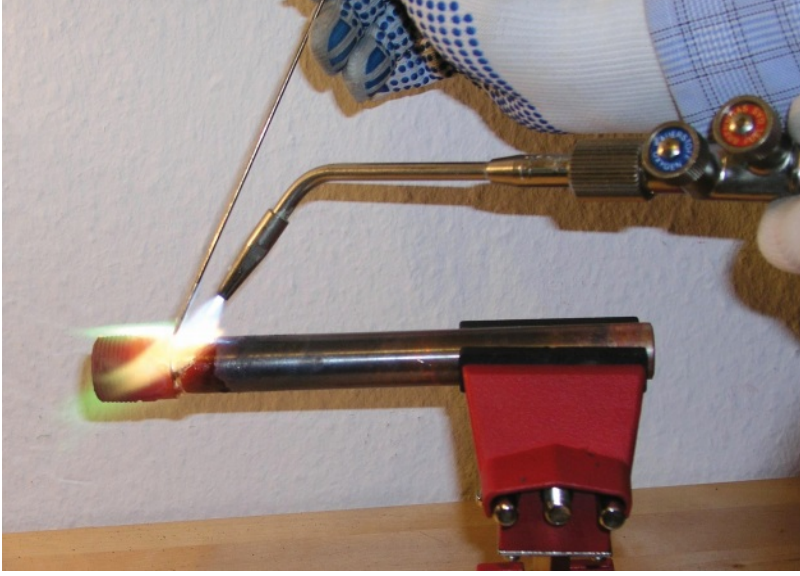


5.6.2.2. Pirinç-bakır sert lehim

Bu tür bağlantılar suda çözünen lehim pastası kullanımını gerektirirler. Küçük bir miktar pastayı borunun dış yüzeyine ve bağlantı elemanının içine sürünüz. Aşırı miktarda uygulamaktan kaçınınız.



Şekil 5.98 - Lehim pastasının uygulanması



Yöntem, bakır-bakır sert lehim ile pirinç-bakır sert lehim aynı olmasına rağmen aralarındaki tek farklılık, pirinç malzemenin ısıtmada önceliğe sahip olmasıdır.

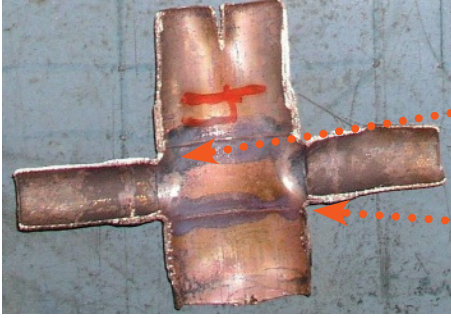
Aşırı ısıtmaktan kaçınmalıdır. Donuk kırmızı renge ulaşması yeterlidir.

Donuk kırmızı renge ulaşıldığında yüksek oranda gümüş içeren dolgu metali uygulanmalıdır.

Şekil 5.99 - Pirinç ara parçası lehimi

Becerileri geliştirme

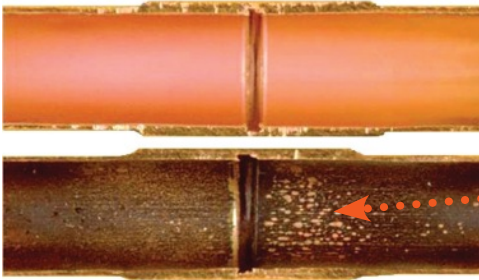
Sert lehim yaptığımız bağlantıyı testere ile keserek, dolgu metalinin iyi nüfuz edip etmediğini gözlemleyebilirsiniz.



Mükemmel nüfuz etmiş dolgu metalı

Yetersiz nüfuz etmiş dolgu metalı

Şekil 5.100 - Lehimlenmiş T bağlantı parçası kesiti



Azot koruyuculuğunda yapılan lehim

İçinden azot geçirilerek yapılmış lehim

Oksit oluşumu

Azot kullanılmadan yapılmış lehim

Şekil 5.101 -Azot altında lehim kesiti

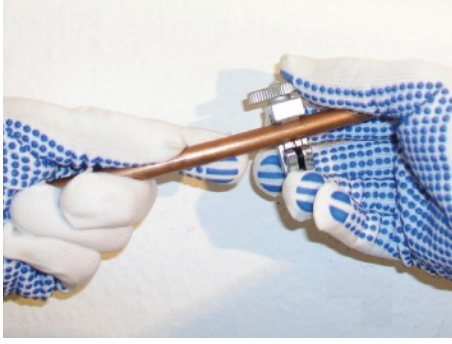
5.7. Havşa Açma

Havşa açma, boruların mekanik birleştirilmesindeki adımlardan biridir. Açık alevin sakıncalı olduğu uygulamalarda havşalı bağlantılar tercih edilebilir.

Havşalı somunlu bağlantıların sayısı mümkün olduğu kadar az olmalıdır. Lehimli bağlantılar sızdırmazlık açısından daha tercih edilen uygulamalardır.



Emniyetli çalışma kurallarına uyunuz!

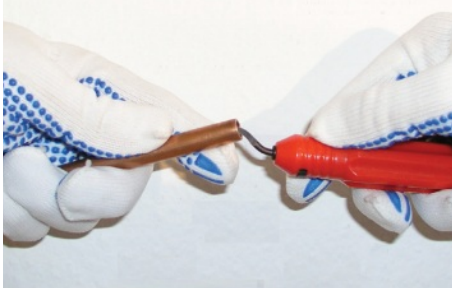


5.7.1. Havşa Açma Adımları

Borunun Kesilmesi

Özel kesme bıçağı kullanarak boru içine çapak girmesini önleyebilirsiniz.

Şekil 5.102 - Borunun kesilmesi



İç çapakların alınması

İşe uygun farklı tipte çapak alıcı alet kullanılabilir.

Şekil 5.103 - İç çapakların alınması



Yüzeyin temizlenmesi

Bulaşık süngeri veya sıfır zımpara ile yüzeydeki yabancı maddeler temizlenir.

Şekil 5.104 - Yüzeyin temizlenmesi



Havşa aleti Şu parçalardan oluşur;

Havşa bloğu

KıŐka

Havşa konisi

Değişik çaplardaki borular için delik

Şekil 5.105- Havşa takımı



Borunun havşa bloğuna yerleştirilmesi

Öncelikle havşalı somunu boruya geçiriniz. Boruyu havşa bloğundaki uygun çaptaki deliğe yerleştiriniz.

Őekil 5.106 - HavŐa açma dűzeni



Havşanın açılması

Konik havşa ucunu borunun ucuna oturtunuz ve sıkmaya baŐlayınız. Çok dirençle karŐılaŐırsanız, bir tur gevŐetip tekrar sıkmaya devam ediniz.

Şekil 5.107



Havşanın kontrolü

Boruyu havşa bloğundan çıkardıktan sonra kontrol ediniz. Eğer havşada çatlak ya da zayıflıklar varsa kesip tekrar açınız.

Şekil 5.108- Havşanın kontrolü



Montaj

Ara bağlantı elemanı ile borunun havşalı ucunu kavuşturunuz ve somunu serbest elle sıkınız.

Şekil 5.109 - parçaların birleştirilmesi

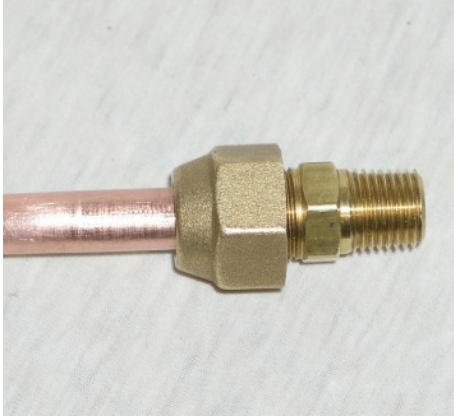


Sıkma

İki anahtar kullanarak bağlantıyı kontra sıkınız. Bağlantıları aşırı sıkmayınız. Aksi takdirde havşaya zarar verebilirsiniz.

Elle boşluğunu aldıktan sonra yarım tur sıkma yapmanız genellikle sızdırmaz bir bağlantı sağlama açısından yeterli olmaktadır.

Şekil 5.110- Parçaların sıkılması



Son durum

Şekil 5.111 - Havşa açılmış bakır boru, ara bağlantı parçası ve havşalı somun

5.8. HİDROKARBON (HC) KULLANAN EV TİPİ SOĞUTUCULARDA SERVİS İŞLEMLERİ

Hidrokarbon (HC) soğutucu akışkanlar modern ev tipi ve küçük ticari soğutucularda yaygın olarak kullanılmaktadır. Yakın gelecekte, küresel ısınma potansiyellerinin (GWP) çok yüksek olması nedeniyle CFC ve HCFC'lerin servis amaçlı dahi olsa belirli oranlardaki temini çok güç olacaktır. Bu nedenle hidrokarbonlar gelecekte daha da önem kazanacaklardır.

HC soğutucu akışkanlar hava ile karışıtklarında ve kıvılcımla temas ettiklerinde yanıcıdır. Bu nedenle yönetmeliklerde belirtilen emniyet tedbirleri gözetilerek servis edilmelidirler. Servis elemanlarının bu doğrultuda eğitim almaları gerekmektedir. Bu eğitim, kullanılan özel servis aletleri, soğutma çevriminin elemanları ve soğutucu akışkan hakkında bilgiler içermelidir.

HC soğutucu akışkan yalnızca onaylı silindirlerde depolanmalı ve nakliye edilmelidir. En uygun tipleri 450 gramlık alüminyum silindirlerdir (servis aracında en fazla iki silindir taşınmalıdır). Değiştirilen kompresörler taşınırken uygun şekilde sızdırmazlık sağlanmalıdır.



Şekil 5.112 - HC soğutucu akışkan şarj seti



Önemli Not



Emniyet nedeniyle kapalı hacimdeki hidrokarbon (HC) soğutucu akışkan konsantrasyonunun 8 g/m³'ü geçmemesi gerekmektedir.

HC'ler havadan ağırdır. Bu nedenle zemin seviyesindeki konsantrasyon daha yüksek olacaktır.

Soğutucu akışkanı bodrum seviyesinde ve kanalizasyona boşaltmayınız. Çalışma alanının her zaman havalandırılması gerekir.

Soğutucu akışkanın açık alevle teması son derece tehlikelidir. Servis ve tamir esnasında LOKRING kaynaksız bağlantılarının kullanılması en uygun yoldur.

Soğutma sisteminin temizlenmesinde, sızdırmazlık testinde ve kısmi tıkanıklarının açılmasında kuru azot kullanılabilir.

Özet

- Servis esnasında sigara içmeyiniz. Açık alev ve dolayısıyla lehim tercih edilmez.
- Servise esnasında kullanılan elektrikli cihazların ark oluşturmaması gerekir.
- Çalışma alanı havalandırılmalıdır.
- HC'ler havadan ağır olduğundan bodrum veya daha alt seviyelerde birikmesine müsaade etmeyiniz.
- Yanıcı/tutuşucu soğutucu akışkanların taşınması ve depolanması konusundaki yönetmeliklere uyulmalıdır.



İlk Adım

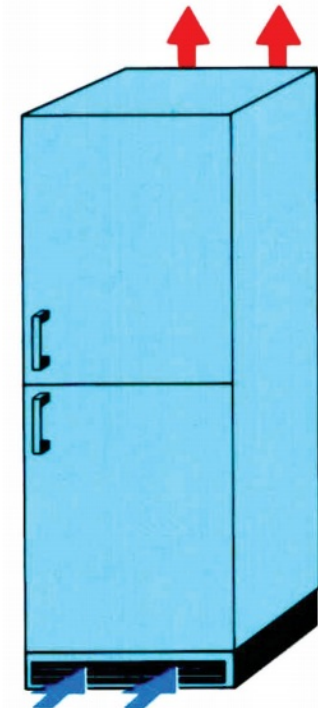
Bir hermetik kompresörlü soğutma sistemine müdahale etmeden önce; gözle, dokunarak ve dinleyerek arıza hakkında ön bilgilere sahip olunmalıdır.

İlk incelemeler şu adımları içerebilir;

1. Kondenserdeki ısı transferine ilişkin bulgular
2. Filtre-kurutucunun sıcaklığı
3. Kompresörün gürültü seviyesi
4. Kompresörün gövde sıcaklığı
5. Evaporatördeki karlanma durumu
6. Kompresörün emme ve basma performansı

- * Eğer sistemde soğutucu akışkan eksikse (kaçak var ise) kondenser girişindeki soğutucu akışkan ılık, çıkışta ise soğuktur.
- * Evaporatördeki aşırı karlanma ısı transferini olumsuz etkiler.
- * Kompresörün yeterli emme/basma yapamaması soğutma etkisini azaltır.

Şekil 5.113- Soğutma sisteminin incelenmesi



5.8.1. Soğutucunun yerleştirilmesi

Soğutucunun yeterli hava sirkülasyonuna sahip bir mahale konulması oldukça önemlidir.

Kondenser yüzeyinin temiz ve hava dolaşımını engelleyen herhangi bir unsur bulunmadığından emin olunuz.

Soğutucu yakınında bir ısı kaynağı bulunmamalıdır.

Kondenser yüzeyinin düzenli olarak temizlenmesi gerekir.

Şekil 5.114 - Soğutucuda hava sirkülasyonu



Termometre ve bir bardak su kullanarak iç sıcaklığı ölçünüz.

Evaporatör yüzeyinin aşırı karlanmamış olması gereklidir. Bu durum ısı transferini azaltacaktır.

Kapı contalarının gövde ile tamamen temas etmesi esastır. Kapı contasının tam oturmadığı yerleri saç kurutması makinası kullanarak lokal olarak ısıtma yaparak düzeltilmelidir.

Şekil 5.115- Dondurucuda sıcaklık ölçümü



Elektronik termometre sensörünü termostat sensörüne iliştirerek kontak açma-kapama sıcaklıklarını ölçünüz.

Soğutucu kapısı kapatıldığında aydınlatma lambasının söndüğünden emin olunuz.

Şekil 5.116 - Sensörün yerleştirilmesi



Termostat düğmesini orta pozisyonun biraz üstüne ayarlayınız (7'lik bölüntüde 4, 4'lük bölüntüde 2,5).

Termostat kompresörü durduruyor mu? Durdurma ve devreye girme sıcaklıklarını termostat üreticisinin değerleriyle karşılaştırınız.

Şekil 5.117 - Sıcaklık ayar aralığı

5.8.2. Soğutma Devresinin Atmosfere Açılması

Eğer bir hermetik soğutma sistemi düzgün işletilirse, ekonomik ömrünün sonuna kadar sorunsuz çalışabilir. Nem, yabancı gazlar ve kir gibi kirleticilerin soğutma sisteminde en düşük seviyede olması istenir.

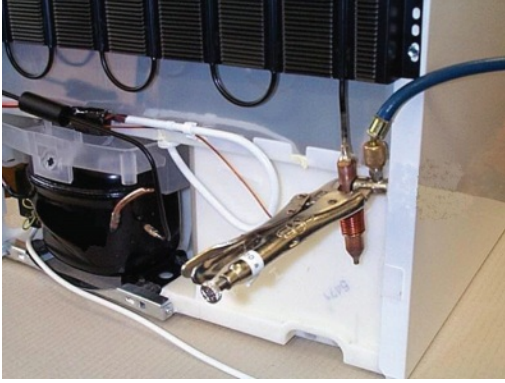
Bu durum tamir ve bakım esnasında da dikkate alınmalı ve gerekli özen gösterilmelidir. Hermetik soğutma sisteminin açılmasını gerektiren tamirlere başlamadan önce diğer tüm muhtemel sebeplerin elendiğinden emin olmanız önemlidir.

Tüm değerlendirmeler sistemin açılmasını gerektiriyorsa aşağıdaki şekilde davranmalıyız.



Manifold setinin bağlanması ve basınç ile sıcaklıkların ölçümü için delici penseyi kompresörün servis borusuna bağlayınız. Kompresör çalışırken sistemi incelemeye devam ediniz.

Şekil 5.118 - Delici pensenin yerleştirilmesi



Soğutucu akışkanı sistemden uzaklaştırmak için delici bir penseyi de filtre kurutucunun yakınında uygun bir yere (yüksek basınç tarafı) monte ediniz.

Sistemden çıkacak zararlı ve yanıcı atıkların iç ortama yayılmaması için boşaltma hortumunu bir pencere veya uygun bir yerden dışarıya uzatınız. Hortumun iç çapının en az 3/8" (10 mm) olması gerekir.

Şekil 5.119 - İkinci bir delici pensenin yerleştirilmesi



Hortumun ucunun pencereden dışarı sarkıtılması ile yanıcı ve kirletici özellikteki soğutucu akışkan güvenli bir şekilde atmosfere atılmış olur.

Şekil 5.120 - Pencerenin havalandırma amaçlı kullanımı

Eğer kompresörün değiştirilmesi gerekmiyorsa, kompresör bir kaç dakika daha çalıştırılarak yağ tarafından emilmiş olan soğutucu akışkan da uzaklaştırılmış olur.

Kompresörü asla vakumda çalıştırmayınız. Aksi halde motor zarar görebilir.



Şekilde görüldüğü gibi sistem kuru azot ile sistem içinde kalan kalıntılardan temizlenebilir.



Kuru azot sistemdeki tüm soğutucu akışkan kalıntılarını dış atmosfere atacaktır.

Şekil 5.121 - Azot ile temizleme

Kuru azot ile temizleme sonrasında azot silindirindeki regülatör vanası kapatılır.

- Boşaltma hortumunu vakum pompasının egzoz çıkışına bağlayınız.
- Diğer hortumu vakum pompasının emiş portu ile filtre-kurutucudaki delici pensenin portu arasına bağlayınız.



Vakum pompası emiş hortumu filtre-kurutucudaki delici penseye bağlanmış.



Vakum pompasının egzoz portuna bağlanmış hortum



Boşaltma hortumunun pencereden dışarıya sarkıtılması

Şekil 5.122 - HC soğutucu akışkanın vakum pompası ve havalandırma hattı vasıtasıyla tahliyesi

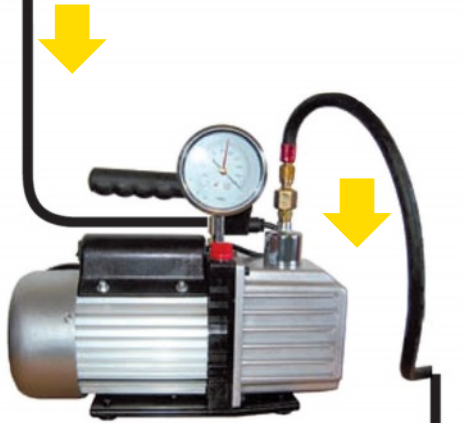
Akışkanlardan ve kalıntılardan temizlenen sistem vakuma alınır. Soğutma sistemi şimdi ilk vakuma alma işlemi için hazırdır. Sistem yaklaşık 5 mbar'a kadar vakum edilmelidir.

Boşaltma hortumunun en az 3/8" (10 mm) iç çapa sahip olması gerekir. Vakum pompasının egzoz portunda aşırı basınç oluşması pompayı tahrip edebilir!

İlk vakum işleminin sonunda pompayı kapatınız.

5.8.2.1. Süpürme İşlemi

Kuru azot silindirindeki basınç regülatörünü açın ve tüm sistemi, delici penseyi, vakum pompasını ve boşaltma hortumunu 1 bar'dan daha düşük basınçta azot ile süpürünüz.



Düşük basınçta azot üfleme

Dışarıya egzoz

Şekil 5.123 - Azotla süpürme işlemi

5.8.2.2. Filtre-Kurutucunun Değiştirilmesi

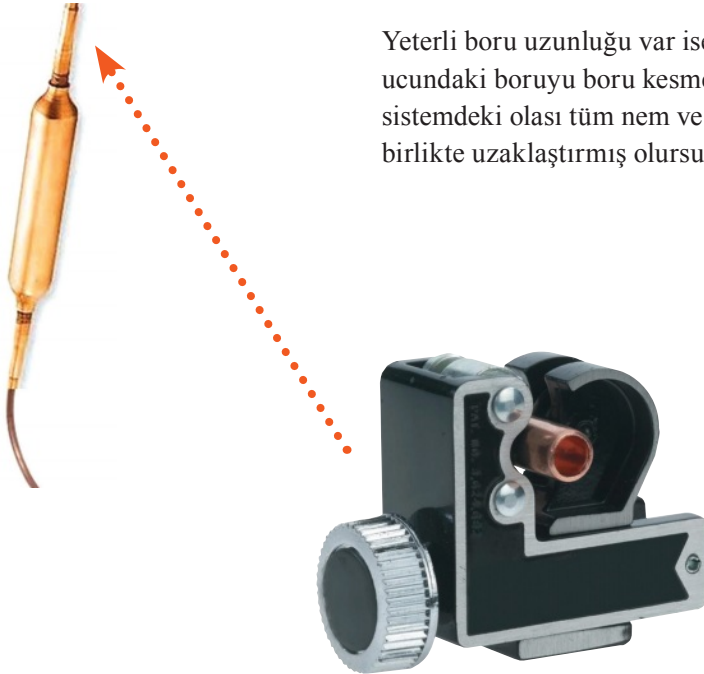
Süpürme işleminden sonra vakum pompasını ve boşaltma hortumunu çıkarınız.

Filtre-kurutucu çıkışından yaklaşık 3 cm mesafeden kılcal boruyu kesiniz. Kılcal boruda çapak ve ezilme olmamasına dikkat ediniz.



Şekil 5.124 - Kılcal borunun kesilmesi

Yeterli boru uzunluğu var ise filtre-kurutucunun diğer ucundaki boruyu boru kesme aparatı ile kesiniz. Böylece, sistemdeki olası tüm nem ve pislikleri filtre-kurutucu ile birlikte uzaklaştırmış olursunuz.



Şekil 5.125 - Filtre-kurutucunun kesilmesi



5.8.2.3. Evaporatör ve Kondenser Kontrolü

Kuru azot silindiri kompresör servis portuna bağlanır.

Silindir çıkış basıncı en fazla 10 bar'a ayarlanır.

Basıncılı kuru azot, sistemde bir tıkanıklık yoksa tüm sisteme dağılacaktır.

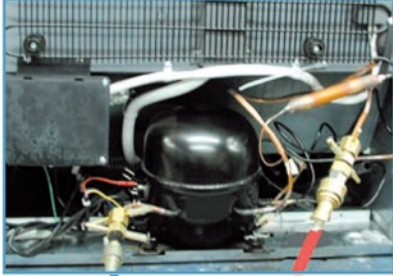


Şekil 5.126 - Azot akışının ayarlanması

Kuru azot kondenserin açık olan ucundan ve diğer taraftaki kılcal borudan dışarı çıkacaktır. Her iki uca da bir bez tutarak kompresör yağ kalıntılarının etrafa saçılması engellenmelidir. Bu temizleme işlemi, borulardaki herhangi bir geçici tıkanıklığı da açacaktır.

Tamir ve parça değişimi esnasında sistem 10-15 dakikadan fazla atmosfer havasına maruz kalmamalıdır. Ortam havası ile teması en alt seviyede tutulmalıdır.

- Tamir için gereken özel ekipmanı hazır bulundurunuz.
- Yedek parçaları hazır ediniz.
- Orijinal filtre-kurutucudan daha büyük ve eğer mümkünse üzerinde servis borusu olan bir servis filtresi monte edin. Yeni filtre-kurutucunun montajı yapılanaya kadar sızdırmazlığı korunmalıdır.



5.8.2.4. Sızdırmazlık Testi

Servis bağlantı kaplinlerini alçak ve yüksek basınç taraflarına bağlayınız.

Bu kaplinler vasıtasıyla manifold setini sisteme bağlayınız.

- ① Alçak basınç tarafı
- ② Yüksek basınç tarafı
- ③ Azot bağlantısı

Kuru azot silindirini manifold setinin ortasındaki porta bağlayınız.

Alçak ve yüksek basınç taraflarından azot göndererek sistemi en fazla 10 bar'a kadar basınçlandırınız.

Şekil 5.127 - Sızdırmazlık testi için bağlantı şeması



Sızdırmazlık testi

1. Azot silindirinin ve manifold setinin vanaları kapalı durumda basıncı gözlemlenir. Basınç düşümü kaçak anlamına gelecektir. Küçük kaçakların tespiti için test bazen 24 saate kadar sürebilir.

2. Sabun köpüğünü tüm bağlantılara uygulayınız. Baloncuk oluşumu kaçak olduğuna işaret eder.

Sistemde kaçak olmadığına kanaat getirildiğinde azot atmosfere salınabilir.

Şekil 5.128 - Baloncuk oluşumu kaçak göstergesidir

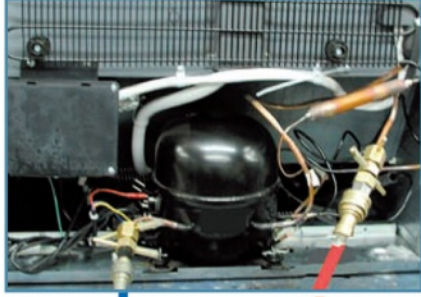
5.8.2.5. Sistemin Vakuma Alınması ve Soğutucu Akışkan Şarjı

Sistem artık son vakuma alma ve şarj işlemine hazırdır. Sistemdeki yoğuşmayan gazlar ve nemi en az seviyede tutmak için soğutucu akışkan şarjı öncesinde 375 mikron (50 Pa, 0,5 mbar) düzeyinde vakuma alınması gereklidir. Bu aşamada bir vakum manometresi kullanmak önemlidir.

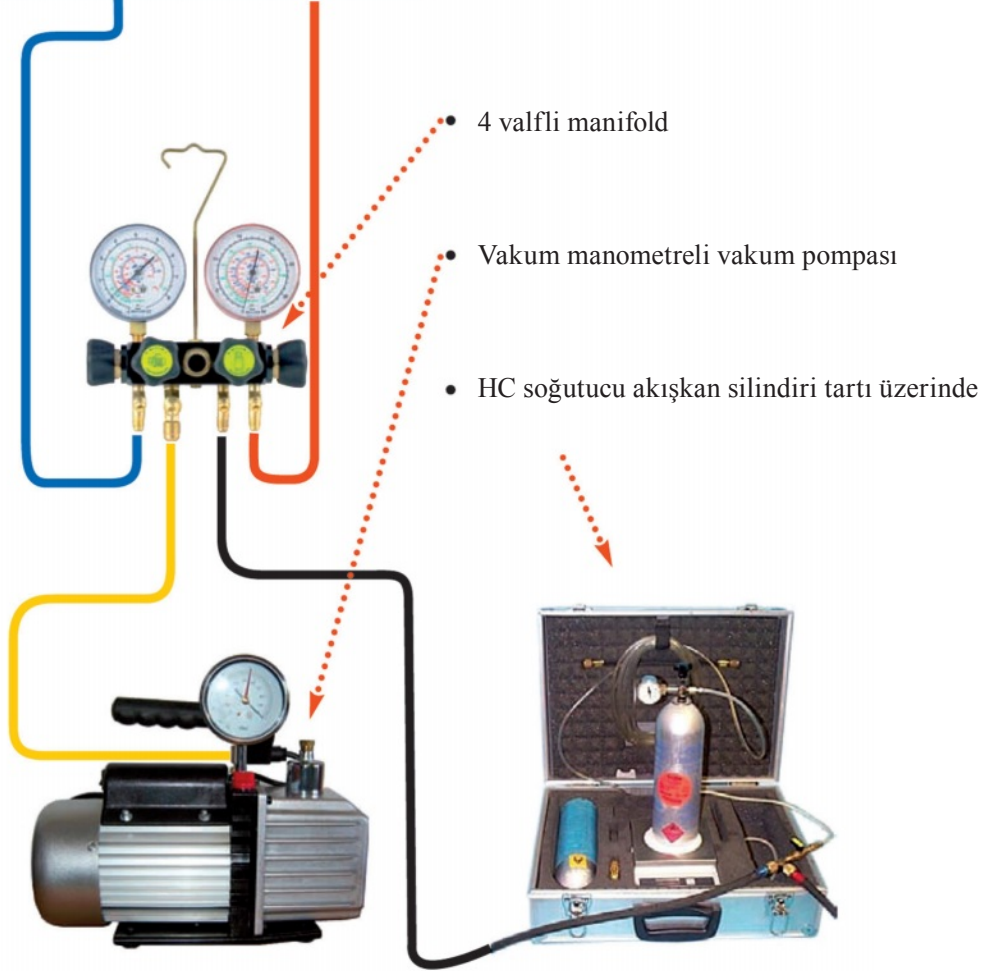
Vakum süresi için genel kural;

1. Kompresördeki servis borusu kullanılarak yapılan tek taraflı vakumda en az süre 30 dakika olmalıdır.
2. Kompresörün ve filtre-kurutucunun servis boruları vasıtasıyla yapılan iki taraflı vakumda en az süre 15 dakika olmalıdır.

Vakumun kararlılığını test için vakum pompası vanasını kapatınız. Vakum manometresinde yükseliş gözleniyorsa, sistemde muhtemel bir kaçak vardır ya da servis hortum bağlantıları gevşektir.



Çabuk bağlantı elemanlarını ve manifold setini kullanarak vakum pompasını ve soğutucu akışkan silindiri sisteme bağlayınız.



Şekil 5.129 - İki taraflı vakum ve soğutucu akışkan şarjı

Vakum işlemi tamamlandığında, manifold üzerindeki vakum vanasını kapatıp şarj işlemine başlanmalıdır.

Şarj edilecek HC miktarı gram cinsinden etiket üzerinde belirtilmiştir.

Şarj işlemi;

1. Toplam şarj miktarının 1/3'ünü buhar fazında sisteme veriniz.
2. Kompresörü çalıştırınız.
3. Geri kalan miktarı buhar fazında yavaşça sisteme ilave ediniz.
4. Sistemin işletme değerlerini (basınç, sıcaklık, vb.) kontrol ediniz.

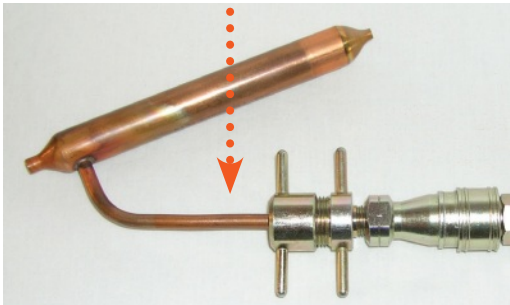


Sistemin Borularının Körlenmesi/ Kapatılması

1. Servis borularının uçlarını pense ile eziniz.
2. Tapa ile servis borusunu körleyiniz.



Tapa



Aynı işlemi filtre-kurutucu üzerindeki servis borusu için de gerçekleştiriniz.

Şekil 5.130 - Sistemin izole edilmesi için sıkıştırma elemanı



Şekil 5.131 - Elektronik kaçak dedektörü ile son sızdırmazlık kontrolü

5.8.2.6. Sistem Kontrolü Ve Son Kaçak Testi

Şarj işleminden sonra kontrol cihazlarının ayar ve fonksiyon testleri yapılmalıdır.

Bu arada sıcaklık ve basınç değerleri kaydedilmelidir. Manifold seti ve hortumlar çıkarıldıktan sonra son kaçak testi uygulanmalıdır.

Kaçak yapması muhtemel noktalara sabun köpüğü ve/veya elektronik kaçak dedektörü ile kontroller gerçekleştirilmelidir. Muhtemel noktalar;

- Havşalı somun bağlantıları
- Servis valfleri
- Hasarlı lehimli bağlantılar
- Evaporatörde hasarlı kurve bağlantıları
- Birbirine sürtünen borular
- Aksesuarlardaki kaynaklı birleştirme noktaları

5.8.3. Soğutucu Akışkanların Geri Toplanması

Soğutucu akışkanların silindirlere geri toplanması özen gösterilmesi gereken bir uygulamadır. Bu nedenle iş güvenliği uygulamalarına özel bir önem verilmelidir. Soğutucu akışkan üreticilerinin önerileri göz ardı edilmemelidir.

Harekete geçmeden önce düşün!

Basınç altında sıvılaştırılmış gazlar tehlikeli durumlara neden olabilirler. Solunum sistemi, göz ve deriye önemli hasarlar verebilirler.



Sıvı soğutucu akışkan ile temas sonucu elin durumu!

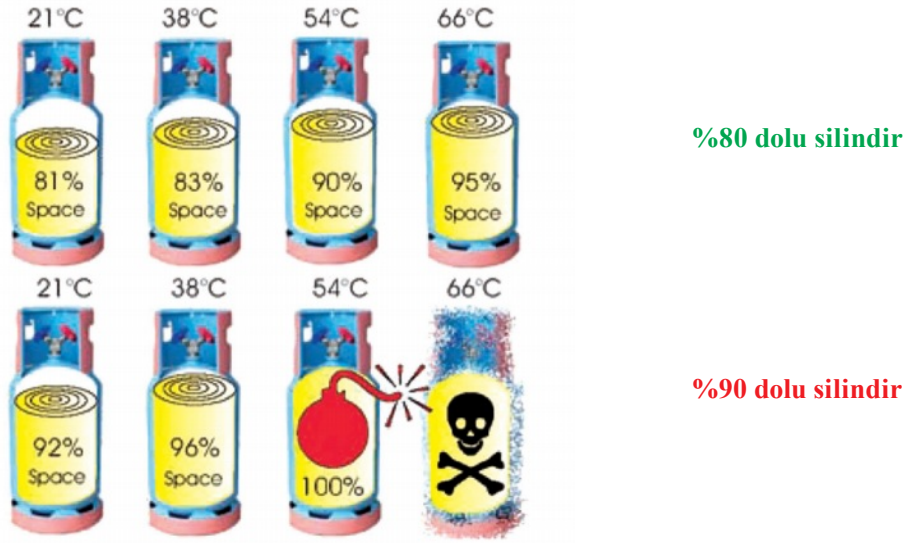
5.8.3.1. Emniyetli Çalışma Tavsiyeleri

Tüm çalışma alanlarında kesinlikle sigara içilmemelidir. Eğer ortamda soğutucu akışkan varsa, havalandırma yapılmalıdır. Soğutucu akışkanlar havadan ağırdır ve havadaki oksijen oranını azaltırlar. Görünür değildir ve kokmazlar. Soğutucu akışkan soluduğunuzun farkına bile varmayabilirsiniz ve bu durum bayılma veya ölüme dahi neden olabilir.

Elektrik akımı taşıyan devrelere temas hayati sakıncalar doğurabilir.

Aşağıdaki hususlara özel önem verilmelidir:

- Soğutucu akışkan silindirlerini aşırı doldurmayınız.
- Her soğutucu akışkan silindirinin üzerinde belirtilen basınç değerini aşmayınız.
- **İş güvenliği ile ilgili yönetmelikler, soğutucu akışkan silindirlerinin en fazla kapasitelerinin %80'ine kadar sıvı soğutucu akışkanla doldurulabileceğini ifade eder.**
- Aşırı doldurulmuş silindirleri nakliye etmeyiniz.
- Farklı soğutucu akışkanları birbiriyle karıştırmayınız.
- Asit, nem ve yağ içermeyen temiz silindirler kullanınız.
- Kullanmadan önce tüm silindirleri gözle kontrol ediniz ve periyodik testlerinin yapıldığından emin olunuz.
- Silindirleri ülkeye göre değişen (ABD'de sarı, Fransa'da yeşil, vb.) renk kodlarına sahiptir. Böylece bir kullanımlık silindirlere kolaylıkla ayırt edilebilirler.
- Silindirleri yüksek sıcaklıklara (genellikle 50°C üstü) ve direkt güneş ışınlarına maruz bırakmayınız.



Soğutucu akışkan ısındığında genişerek patlamaya sebep olabilir.

Şekil 5.133 - Silindirin maruz kaldığı sıcaklıklara bağlı olarak %80 ve %90 dolu silindirlerin durumu



Neden bu durumdalar!

Sebep, silindirlerin aşırı doldurulması.

Şekil 5.134 - Aşırı basınç altındaki silindirlerin durumu



Silindirlerin ayrı sıvı ve buhar valfleri ile emniyet ventili olmalıdır.

Şekil 5.135 - Ayrı sıvı ve buhar valfli silindirler (Kaynak: Manchester Tank & Equipment)

5.8.3.2. Soğutucu Akışkan Silindirleri

Soğutucu akışkan silindirleri, bir kere kullanılıp atılan (depozitosuz) ve tekrar doldurulabilir olmak üzere iki türdür. Depozitosuz silindirler kullanıldıktan sonra hurdaya atılırken, içinde kalan bir miktar soğutucu akışkan kontrolsüz bir şekilde atmosfere kaçabilir. Bu konunun dikkate alınmasında yarar vardır.

Soğutucu akışkan üreticileri soğutucu akışkanları ayırt etmek için renk kodları geliştirmişlerdir.

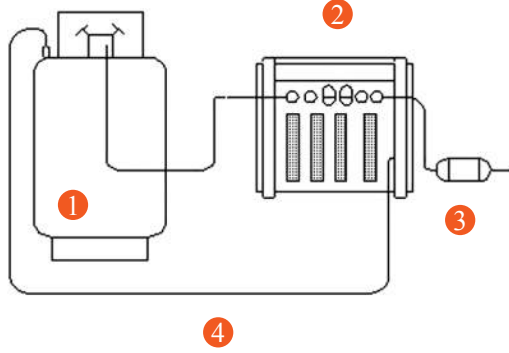
Depozitosuz silindirleri yeniden doldurup, kullanmayınız!

Geri kazanım işlemleri için yalnızca DOT, TÜV ve EN tarafından onaylanmış silindirleri kullanınız!



Şekil 5.136 - Depozitosuz silindirler

5.8.3.2.1. Aşırı Dolu Koruması (ADK) ve Bağlantısı



Aşırı dolu koruması (ADK) için üç farklı yöntem vardır!

1. Silindirde sıvı seviye flatörü vardır.

Silindir hacminin %80'ine ulaşıldığında ADK akışı kesecektir.

- ① Geri kazanım silindir
- ② Geri kazanım ünitesi
- ③ Hortumlu giriş filtresi
- ④ Geri kazanım ünitesine ADK kablo bağlantısı

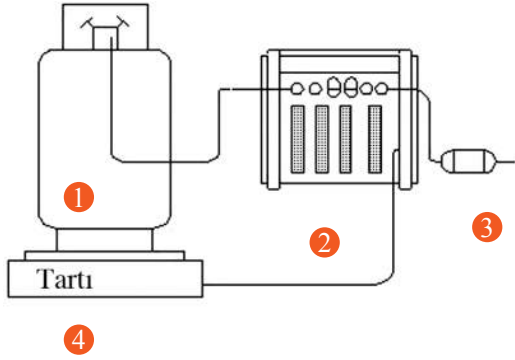
Şekil 5.137 - ADK bağlantısı yapılarak geri kazanım



Şekil 5.138 - Geri kazanım silindiri üzerindeki ADK bağlantısının yapılması



Şekil 5.139 - Geri kazanım silindiri ve geri kazanım ünitesi arasındaki ADK bağlantısının yapılmış hali.

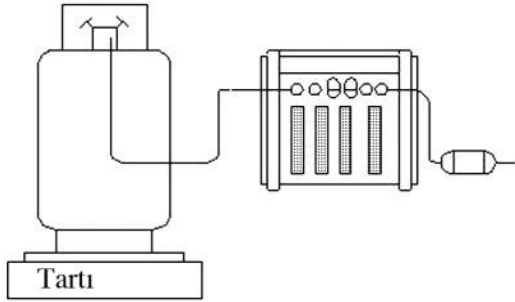


2. Geri kazanım silindirinin elektronik tartı üzerine konulması

İstenilen ağırlık değerine ulaşıldığında geri kazanım ünitesi durdurulacaktır.

- ① Geri kazanım silindiri
- ② Geri kazanım ünitesi
- ③ Hortumlu giriş filtresi
- ④ Geri kazanım ünitesi ile bağlantılı elektronik tartı.

Şekil 5.140 - ADK'ye bağlı tartı ile geri kazanım



3. Geri kazanım silindiri elektronik tartı üzerindeki geri kazanım.

Servis elemanı, silindir %80'ine kadar dolduğunda geri kazanım ünitesini elle/otomatik olarak kapatır.

Şekil 5.141 - Silindir, terazi ve geri kazanım ünitesinin bağlantı şekli

Uyarı!

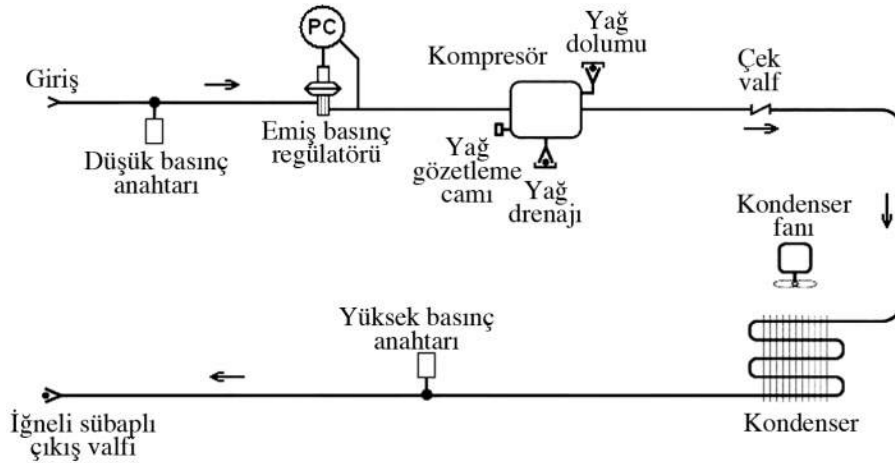
%80 kesme ventili (ADK) her zaman aşırı dolumu önleyemeyebilir. Bu nedenle gerekli güvenlik önlemleri alınmalı ve uyanık olunmalıdır.

5.8.3.3. Soğutucu Akışkan Geri Toplama İşlemi

Gerİ Toplama Ünitesinin Kullanılması

Gerİ toplama üniteleri soğutma sistemine servis valfleri, delici penseler ve musluk valfler vasıtasıyla bağlanırlar. Bazı tipleri soğutucu akışkanı hem sıvı hem de buhar halde toplayabilirken, bazılarının üzerinde kendi depolama tankları vardır.

Gerİ toplama ünitesinde yer alan kompresör sıvı darbelerine karşı koruma mekanizmasına sahip değilse, gerİ kazanım esnasında bu olasılığa karşı fazladan dikkat gösterilmelidir.



Şekil 5.142 - Gerİ toplama ünitesinde soğutucu akışkan akış diyagramı örneği

Yukarıda yer alan çizim, sıvı darbe koruması (emiş basınç regülatörü) ve yağlı bir kompresöre sahip gerİ toplama ünitesine ait prensip şemasıdır.

Kompakt, bağımlı ve pasif olmak üzere üç tip gerİ toplama ünitesi vardır.

Kompakt

Bu ünitelerin kendi kompresörleri vardır. Dolayısıyla, soğutma sisteminin kendisinden herhangi bir desteğe ihtiyaç duymazlar.

Bağımlı

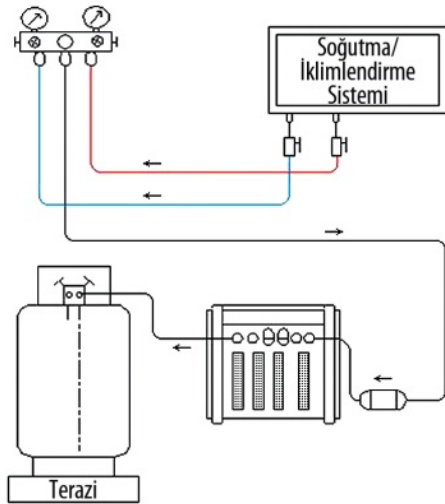
Sistem bağımlı geri kazanım üniteleri, işlemin gerçekleşmesi için soğutma sistemindeki kompresöre veya sistemdeki pozitif basınca ihtiyaç duyarlar.

Pasif

Bu tür üniteler geri kazanım torbaları kullanılırlar. Küçük miktarda soğutucu akışkan içeren ve atmosfer basıncına yakın çalışma basınçlarına sahip ev tipi cihazlardaki soğutucu akışkanın toplanması için uygundur.

Soğutucu Akışkan Geri Toplama Yöntemleri

Yöntem, geri kazanılacak soğutucu akışkanın cinsine göre değişmektedir. Genellikle iki grupta incelenebilir. İlk grupta, atmosfer basıncında -50°C ile 10°C arasında buharlaşma sıcaklığına sahip yüksek basınçlı soğutucu akışkanlar yer almaktadır. İkinci grupta ise, buharlaşma sıcaklığı atmosfer basıncında 10°C 'nin üzerinde olan alçak basınçlı soğutucu akışkanlar bulunmaktadır. Yüksek basınçlı soğutucu akışkanlar sınıfına CFC-12, HFC-134a ve HCFC-22 girerken, CFC-11, CFC-113, HCFC-123 gibi soğutucu akışkanlar düşük basınç sınıfında yer almaktadır.



5.8.3.3.1. Buhar Fazında Geri Toplama

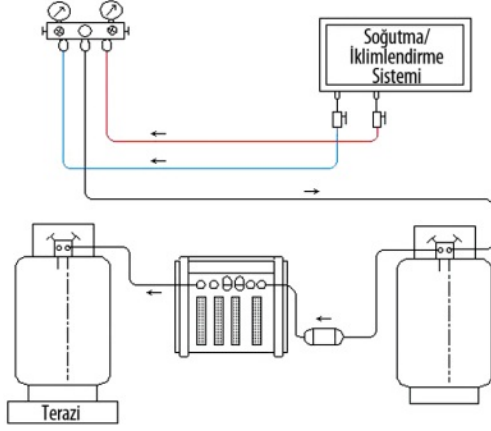
Soğutucu akışkan buhar fazında şekildeki bağlantı tarzıyla geri toplanabilir.

Büyük kapasiteli soğutma sistemlerinde bu yöntem sıvı transferine nazaran daha fazla zaman almaktadır.

Geri toplama ünitesi, soğutma sistemi ve geri kazanım silindiri arasındaki hortumların mümkün olduğu kadar kısa ve büyük çaplı (en az 3/8") olmasında yarar vardır.

Şekil 5.143 - Buhar fazında geri kazanım

5.3.3.3.2. Sıvı Soğutucu Akışkan ve Yağ Geri Toplama

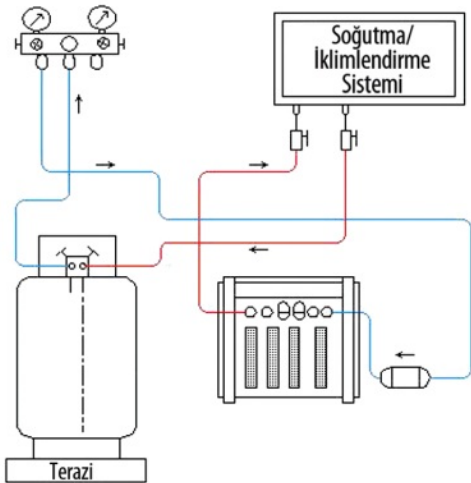


Eğer geri toplama ünitesinin bünyesinde kendine ait bir sıvı soğutucu akışkan pompası yoksa (bağımlı tip) veya bulunsa da sıvıyı sirküle edecek tarzda tasarlanmamışsa, bu durumda iki geri kazanım silindiri kullanmak gerekebilir. Geri kazanım silindirlerinin birisi sıvıya diğeri de buhara ait olmak üzere iki bağlantı portu ve vanası olması gerekir.

Bu bağlantı şekliyle, geri toplama ünitesinin girişine bağlanmış silindir vasıtasıyla kompresör yağı da ayrıştırılmış olacaktır.

Şekil 5.144 - Sıvı soğutucu akışkan ve yağın ayrıştırılması için iki silindirli geri toplama yöntemi

5.8.3.3.3. İt ve Çek (Push and Pull) Sıvı Soğutucu Akışkan Geri Toplama Yöntemi



Geri toplama ünitesi sıvı soğutucu akışkanı soğutma sisteminden çekerken silindirdeki basıncı da düşürecektir.

Geri toplama ünitesi tarafından silindirden çekilen buhar, soğutma sisteminin buhar tarafından (alçak basınç) itecektir.

Şekil 5.145 - İt ve Çek geri toplama yöntemi

Not: Geri kazanımda %80 kesme anahtarının çalışması

%80 kesme anahtarları soğutucu akışkan geri toplama işleminde bir emniyet donanımı olarak yer almaktadırlar.

Birçok cihazda bu anahtarlar, soğutucu akışkan akışını kesmeden geri toplama ünitesini durdururlar. Bu durum silindirin aşırı doldurulmasına ve servis teknisyeni için aşağıdaki olası senaryolarda tehlikeli sonuçlara yol açabilir.

1. İt-Çek işlemi esnasında sifon işlemi başladığında, cihazı (geri toplama ünitesi) durdursanız dahi silindirin aşırı dolumunu engelleyemezsiniz.

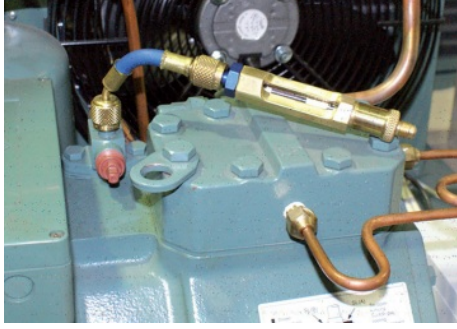
2. Silindirde önemli miktarda sıcaklığı düşük soğutucu akışkan varsa ve soğutma sistemi sıcak bir ortamda ise, cihazı durdurmak soğutucu akışkanın daha soğuk olan silindire doğru akışını engellemeyecektir. Sonuç olarak, cihaz dursa da silindir dolmaya devam edecektir.

Uyarı: %80 kesme anahtarı her zaman aşırı dolumu engellemeyebilir. Bu nedenle servis teknisyenin karşı karşıya bulunduğu durumun ciddiyetini kavraması ve buna göre davranması gerekir.

Sistem basınç altındayken bu tür emniyet elemanlarının kontrolsüz terk edilmemesi gerekmektedir!

5.8.3.3.4. Soğutucu Akışkan ve Yağın Kirlilik Kontrolü

Soğutucu akışkan ve yağ testlerini yapabilmek için atmosfere sızıntıya neden olmadan sistemden soğutucu akışkan ile yağ örneği almak gerekir. Bu işlem servis valflerinin durumuna göre değişkenlik gösterebilir.



Soğutucu akışkandaki asit ve su seviyesini ölçen değişik test kitleri mevcuttur.

Şekil 5.146 - Kompresör emiş hattından yağ testi



Şekil 5.147 - Geri kazanım silindiri üzerinden test



Bazı durumlarda yağa asit testi uygularız.

Yağda asitlenme olması, sistemde bulunan sudan dolayı kısmi ya da tam motor yanması meydana geldiğinin göstergelerinden biridir.

Şekil 5.148 - Hermetik kompresörden yağ örneğinin alınması



Şekil 5.149 - Yarı hermetik kompresörden yağ örneğinin alınması

5.8.4. Soğutucu Akışkanın Geri Kazanımı (Yeniden Kullanımı)

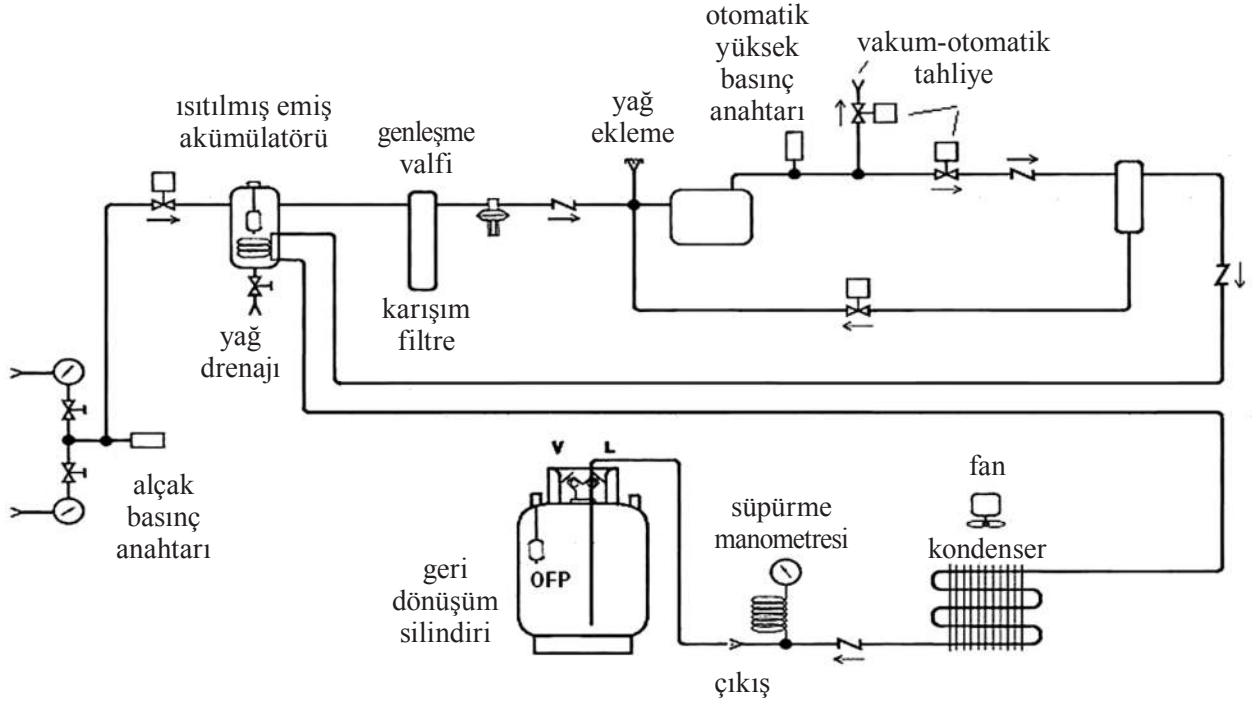
Geri kazanılan soğutucu akışkan, mevcut soğutma sisteminde veya başka bir sistemde kullanılabilir. Bün-yesindeki kirleticilerin yoğunluğu verilecek kararda rol oynayacak en önemli unsurlardan biridir.

Soğutucu akışkan içindeki muhtemel kirleticiler, asit, nem, yoğuşmayan gazlar ve metal partiküller ola-bilmektedir. Bu kirleticilerin düşük yoğunlukta bulunması dahi soğutma sisteminin ömrünü kısaltacaktır.

Kirlenmiş soğutucu akışkan temizleme işleminden geçirilerek tekrar kullanılabilir. Bu geri kazanım üni-teleri sisteme direkt bağlanabildiği gibi (taşıt klimaları), soğutucu akışkanı geri kazanım silindirinde de temizleyebilir.

Bir geri dönüşüm ünitesinin ana parçaları;

1. Kompresör
2. Termostatik genişleme valfi (TXV) veya sabit basınç regülatörü (CPR)
3. Emiş akümülatörü veya drenaj valfli yağ seperatörü
4. Filtre (bir veya daha fazla)
5. Elle ya da otomatik yoğuşmayan gaz süpürme
6. Kondenser
7. Depolama tankı



Şekil 5.150 - Geri dönüşüm ünitesinin akış şeması

5.8.5. Ev Tipi Soğutucularda Soğutucu Akışkan Geri Toplama

Ev tipi soğutucular istisnasız hermetik sistemlerdir. Servis valfleri olmayan hermetik sistemden soğutucu akışkanı geri toplamak mümkündür. Bir delici pense tip valf veya musluk tipi valf soğutma devresindeki servis borusuna irtibatlanabilir. Bu valfler sadece servis amaçlıdır ve işlem sonrası yerlerinden sökülmelidirler.



Sistemdeki soğutucu akışkan şarjı çok az olduğundan, buhar fazında geri toplama tercih edilir.

Eğer mümkünse, pense ya da musluk tip servis valflerini hem alçak hem de yüksek basınç tarafına monte ediniz.



Şekil 5.151 - Delici pense servis valfinin montajı

Ev tipi soğutucular için değişik soğutucu akışkan geri toplama yöntemleri

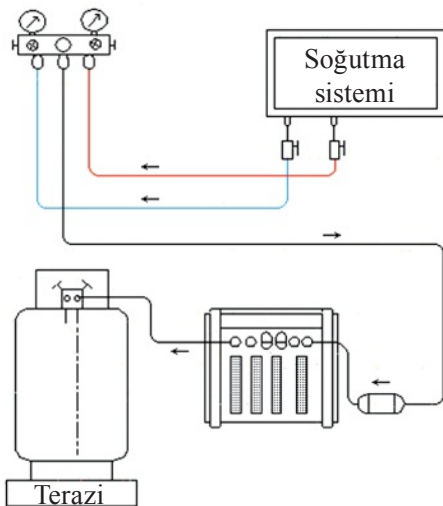
1. Geri toplama ünitesi ve silindiri
2. Soğutucu akışkan geri toplama amaçlı el pompası ve geri toplama silindiri/torbası
3. Vakum pompası ve geri toplama torbası



Şekil 5.152 - Geri toplama silindirinin bağlanması

Geri toplama ünitesi ve silindiri

1. Geri toplama silindirini terazinin üzerine koyunuz.
2. Geri toplama ünitesinin çıkış hortumunu geri toplama silindirinin sıvı valfine irtibatlayınız.
3. Manifold setinin orta portunu geri toplama ünitesinin girişine bağlayınız.
4. Manifold setinin alçak ve yüksek basınç hortumlarını, soğutucunun alçak basınç tarafındaki servis borusuna (kompresörün üzerinde) ve filtre-kurutucu üzerindeki yüksek basınç servis valfine bağlayınız.
5. Geri toplama işlemini başlatınız.



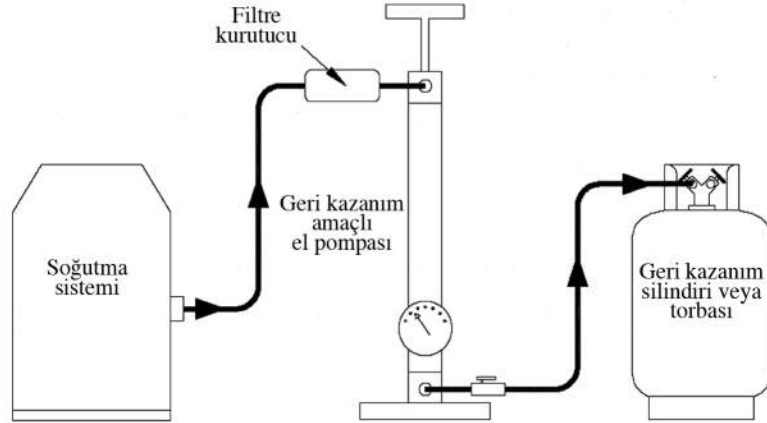
Şekil 5.153 - Geri toplama ünitesi ve silindiri kullanımı



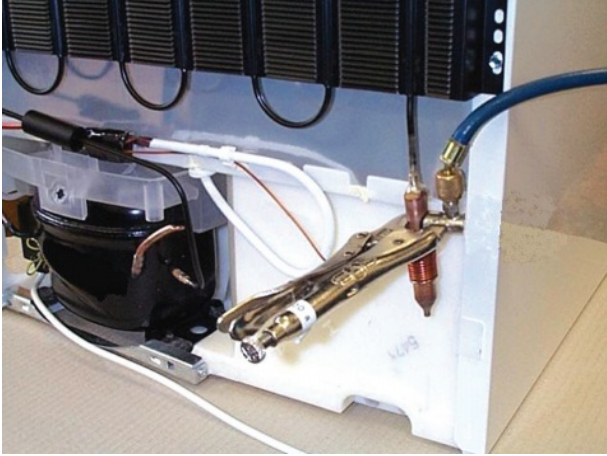
Soğutucu Akışkan geri toplama amaçlı el pompası ve geri toplama silindiri/torbası

1. Geri toplama amaçlı el pompasının çıkışını geri toplama silindirine veya geri toplama torbasının girişine bağlayınız.
2. Soğutma sisteminin servis valflerinden birini el pompasının girişine bağlayınız.
3. Pompanın aşağı-yukarı hareketiyle geri toplama işlemi yapınız.

Şekil 5.154 - El pompasının bağlantısı



Şekil 5.155 - Geri toplama ünitesi ve silindiri kullanımı



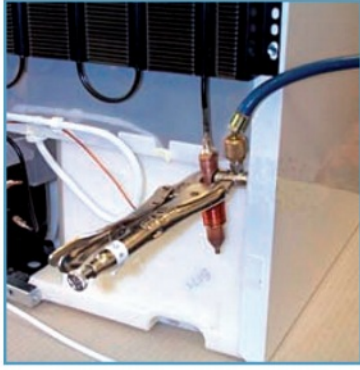
Vakum pompası ve geri toplama torbası

1. Adım - Basınçların dengelenmesi

- a. Geri toplama torbası üzerinde 1/4" SAE (Society of Automotive Engineers) iğneli sübaplı erkek bağlantı ağzı mevcuttur.
- b. Üzerinde küresel vana bulunan bir servis hortumu ile geri toplama torbası ve delici penseli servis valfini birbirine bağlayınız. Torbaya servis hortumunun dilli ucunu bağlamayı unutmayınız. Aksi takdirde torba üzerindeki valfin iğnesine baskı uygulanmadığı için valf açmayacaktır.
- c. Delici penseli servis valfini veya musluk valfi sisteme bağlayınız ve vanasını açınız.
- d. Soğutucu akışkan geri toplama torbasına dolacaktır.
- e. Basınçlar dengelenince valfi kapatınız (hortum üzerindeki küresel vanayı ve delici pense valfi) ve torbayı çıkarınız. Hortumdaki küresel vanayı kapattığınızdan hortumdaki soğutucu akışkan atmosfere salınmayacaktır.



Şekil 5.156 - Delici pense ile geri toplama torbasının bağlanması



2. Adım - Vakum pompası bağlantısı

- Servis hortumu ile geri toplama torbasını vakum pompası çıkışına bağlayınız.



- Delici penseye bağlı hortumu manifold setinin alçak basınç portuna bağlayınız ve vanayı açınız.
- Manifold setinin vanalarını açınız.
- Geri toplama torbasına bağlı hortumun üzerindeki küresel vanayı açınız.
- Vakum işlemini başlatınız.
- Sistemi yaklaşık 10 dakika vakum ediniz.
- Geri toplama işlemini başlatınız.

Soğutucu akışkan geri toplama torbasında anormal bir karşı basınç olması vakum pompasına zarar verebilir!

Şekil 5.157 - Geri toplama torbasının vakum pompası çıkışına bağlanması

5.9. Tadilat (Retrofit) İşlemleri

CFC ve HCFC'lerin devre dışı kalmalarıyla birlikte bu soğutucu akışkanlarla çalışan iklimlendirme soğutma sistemlerinin yenileriyle değiştirilmeleri ya da alternatif soğutucu akışkanları kullanabilmeleri için değişiklikler yapılması gereği ortaya çıkmıştır. Bunu gerçekleştirirken de cihazın performansında önemli değişikliklerin olmaması ile ekonomik hayatının sonuna kadar çalışması beklentiler arasında yer almaktadır.

Genel olarak tadilat işlemi

Tipik bir tadilat işlemi aşağıdaki maddelerden bir ya da birkaçını için alır;

- Soğutucu akışkan
- Yağ
- Filtre-kurutucu
- Genleşme valfi
- Kompresör
- Yalıtım malzemesi, elastomerler
- Santrifüj chillerler için hava süpürme sistemi, çark

CFC/HCFC ile ilgili tadilat problemleri

- Çalışmalar göstermiştir ki, CFC-12 ile kıyaslandığında %1-7 daha fazla enerji sarfiyatı söz konusudur.
- HFC-134a çok düşük çözünürlüğe sahiptir ve mineral yağlar HFC-134a ile iyi karışmamaktadır.
- Kompresöre yağ dönüşünde problemler yaşandığından muhtemel kompresör arızaları ortaya çıkabilmektedir.
- Genleşme valfinden ve eşanjör yüzeylerinde kirlilik oluşmakta bu da sistem performansını olumsuz etkilemektedir.

Alternatif soğutucu akışkanlar için yağlar

- HFC soğutucu akışkanlarla polyolester (POE) yağlar kullanılmalıdır.
- Kullanılacak alternatif soğutucu akışkanla uyumsuz olduğundan, mevcut sistemdeki yağ kalıntılarının tamamen temizlenmesi gerekir.
- Mevcut sistemdeki soğutucu akışkan iyi süpürülmeyecek olursa, CFC'deki klor ile yeni yağ kimyasal reaksiyona girerek sorunlara sebep olabilmektedir.

Polyolester sentetik yağlar (POE) CFC-12, HCFC-22 ve CFC-502 soğutucu akışkanlarla beraber kullanılabilirler.

Yağ kullanımı için dikkate alınması gereken hususlar;

1. POE yağlar mineral yağlardan daha fazla su absorbe ederler.
2. O nedenle kullanımlarında çok özen gösterilmelidir.
3. Doğru vakum almazsa olmazdır!
4. Tadilat yapılan POE yağ kullanılan sistemde olası nemi tutmak üzere daha büyük kapasiteli bir filtre-kurutucu gerekebilir.
5. CFC'ler ve mineral yağ ile uyumlu olan malzemeler POE yağda çözünebilir. Bu nedenle filtre-kurutucular sıklıkla kontrol edilmelidirler.

Bu nedenle imalatçının önerdiği yağın kullanılması önemlidir.

Mineral yağ kalıntısı

Tadilat yapılan sistemde müsadde edilen mineral yağ kalıntısı miktarı

Buharlaştırma sıcaklığına bağlı olarak mineral yağ kalıntısı miktarı

Buharlaştırma sıcaklığı	Sistemdeki mineral yağ kalıntısı
-15°C'den az	% 1 - 3
-15°C - -5°C	Yaklaşık % 5
0°C üstü	% 5 - 10

Tadilat kategorileri

Tam uyumlu (drop-in) tadilat

Soğutma sisteminde herhangi bir eleman değişikliği yapmadan gerçekleştirilen tadilattır. Mineral yağın POE ya da polialkalinlikol (PAG) yağ ile değiştirilmesi gerekebilir. Yeni soğutucu akışkanı şarj etmeden önce tüm sistemin kuru azot ile süpürülmesi gerekir.

Basit/ekonomik tadilat

Bu tür tadilat, conta, o-ring, filtre-kurutucu gibi bazı uyumsuz parçanın değişimini ön görür. Bu tür tadilat sonucu verim veya kapasitede bir düşüş gözlenebilir.

Sistem optimizasyonu yoluyla tadilat

Kompresör, eşanjör, genişleme valfi gibi ana elemanların değişimi sonucunda gerçekleştirilen alternatif soğutucu akışkana geçiş işlemi, bazı tasarımsal değişiklikler gerektirebilir.

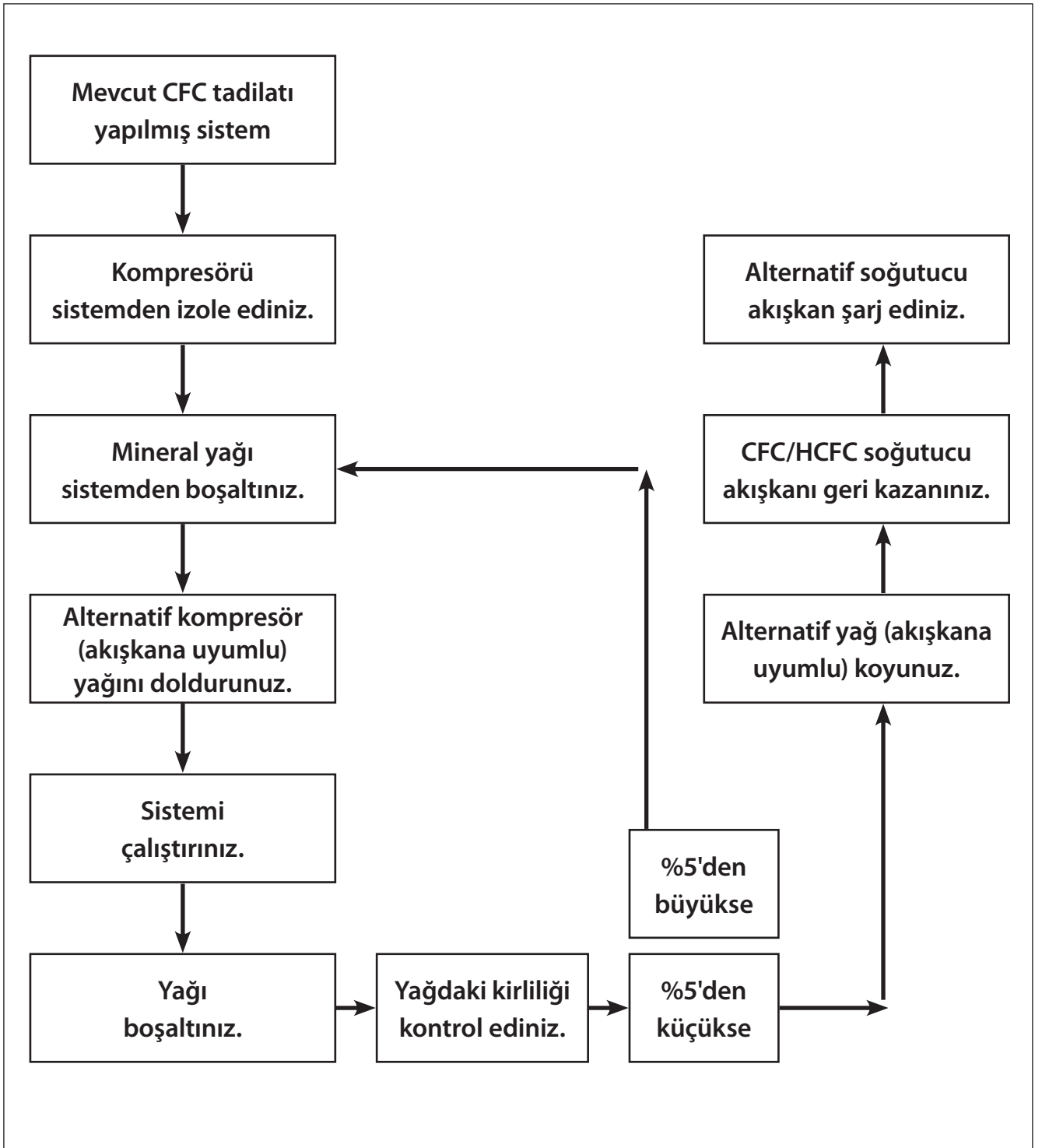
Sonuçlar

- Düzgün çalışan sistemlerin alternatif soğutucu akışkan kullanmak üzere tadilata ihtiyacı yoktur.
- Bu sistemlerin ozon tabakasına zarar vermeyecek tarzda işletilmeleri yeterlidir.
- Eski iklimlendirme-soğutma sistemleri için yeni bir cihaz ile değişim tadilattan daha ekonomik ve enerji verimli bir çözüm olarak görülmektedir.
- Tadilatla temel olarak iki tür maliyet vardır; işçilik ve parça.
- Maliyet hesabında, soğutucu akışkan seçimine bağlı olarak ortaya çıkan yağ problemi önemli role sahiptir. Uzun boru hatlarına ve birden fazla evaporatör ve aksesuarlara (yağ ayırıcı, sıvı tankı, vb) sahip sistemlerde kullanılacak yeni yağ kullanılarak mineral yağ kalıntısı kalmayana kadar yıkama yapılmalıdır.
- Soğutma sistemi düzenli periyodik bakımlarla tadilat işleminin olumlu sonuçlarından daha kısa sürede yararlanabilir.
- CFC ve HCFC ithalatının yasaklanması ile ortaya çıkacak sıkıntı, tadilat işlemlerini gündemde tutacaktır.

Tadilat Uygulaması

Mevcut sistemde toplanması gereken veriler şunlardır;

1. Soğutucu akışkan tipi
2. Tüm temel eleman ve aksesuarların marka ve modelleri
3. Sıvı tankının kapasitesi
4. Ana kontrol elemanlarının markaları
5. İkincil kontrol elemanlarının markaları
6. Boru hattının uzunluğu
7. Kompresör, kondenser ve evaporatör arasındaki yükseklik farkları
8. Mevcut cihazın özellikleri
9. Oda sıcaklığı, çalışma basınç ve sıcaklıkları.
10. Sistemin işletilmesine ilişkin geçmiş veriler (özellikle kompresör motorunun yanması gibi).



Şekil 5.158 - Tadilat akış şeması

HFC cinsi karışım soğutucu akışkanların şarjında karışım oranının sabit kalabilmesi için soğutucu akışkanın silindirden sıvı fazında çıkması gerekir. Eğer sisteme buhar fazında girmesini istiyorsanız, manifold seti vanasını ya da servis valfini kısarak bunu garanti altına alabilirsiniz.

Soğutucu akışkan silindirlerinin de sızdırmaz olması gerekmektedir. Aksi takdirde, yukarıda bahsedildiği gibi karışım oranı değişebilecektir. Soğutucu akışkan revizyonu tamamlandıktan sonra sistem uygun tarzda etiketlenmelidir.

- Sistemi alternatif soğutucu akışkanla şarj ederken aşırı şarja karşı dikkatli olunmalıdır!
- Önceki CFC şarjının %75'i ile başlamak uygun bir çözümdür. Gerektiği taktirde ilave yapılabilir.

Optimum şarj değeri sistemin tasarımına ve işletme şartlarına bağlı olarak değişmekle beraber, birçok sistem için orijinal şarj miktarının ağırlık olarak %75-90'ı denebilir.

Sistemi çalıştırın ve rejime girmesini bekleyin. Eğer şarj eksikse, uygun işletme değerlerine ulaşılan kadar küçük miktarlarda ilaveler yapınız.

Gözetleme camında baloncuk görülmeyene kadar soğutucu akışkan şarjı yapmak aşırı şarja sebep olabilir.

Uygun işletme şartlarının sağlanması için basınç otomatiklerinin yeniden ayar edilmesi gerekir. Örneğin:

- evaporatör basınç regülatörleri
- değişik kesme ve devreye girme anahtarları
- kondenser fanlarını devreye sokan basınç anahtarları
- kondenser çıkış basıncı kontrolleri
- karter basınç regülatörü
- diğer kontroller

HFC ler ve polyolester (POE) yağların iyi karışma özellikleri nedeniyle kompresör karterindeki yağ seviyesine dikkat edilmelidir. Uygun akım değerleri için kompresör imalatçısının verileri kontrol edilmelidir.

Tadilat sonrası değerlendirme için bölümün sonundaki formu kullanabilirsiniz.

Önemli notlar

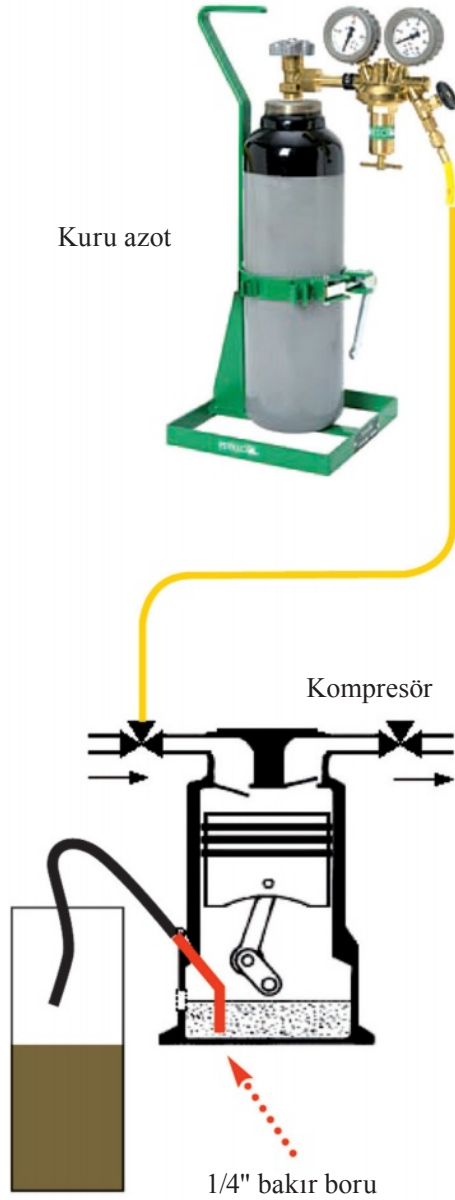
Hemen hemen tüm karışım soğutucu akışkanlar en az bir yanıcı madde içerdiğinden, havanın soğutma sistemine soğutma sistemine girmesi engellenmelidir. Bunun yanı sıra sızdırmazlık testlerinde hava/soğutucu akışkan karışımlarının kullanılmasına müsaade edilmemelidir.

Hava ve oksijeni sızdırmazlık testlerinde kullanmayınız.

Bu testlerde yalnızca oksijen içermeyen azot (OFN) kullanılmalıdır.

5.10. Pratik Uygulamalar

5.10.1. Yağ Değişimi (Drenaj)



1. Sistemi muhtemel kaçaqlara karşı kontrol ediniz ve gerekiyorsa tamir ediniz.
2. Soğutucu akışkan toplama (pump down) işlemi sonrası kompresör üzerindeki servis valflerini kapatınız.
3. Gerekiyorsa kompresörde kalan soğutucu akışkanı uygun teknikler kullanarak geri kazanınız.
4. Kompresör karterindeki yağ doldurma portunu açınız.
5. 1/4" bakır boruyu karterin dibine ulaşana kadar bu delikten içeri sokunuz.
6. Delikle boru arasındaki boşluğu kauçuk conta ile sıvayınız.
7. Düşük basınçta küçük miktar kuru azotu kompresöre gönderiniz.
8. Yağ, bu basıncın etkisiyle karterden yağ kabına itilecektir.
9. Bu atık yağı çevreye zarar vermeden uygun yöntemle bertaraf ediniz.

Şekil 5.159 - Kuru azot kullanarak yağ değişimi



• Azot desteği ile yağın boşaltılması

• Kirli yağ

Şekil 5.160 - Kompresörde yağ değişim işlemleri



• Kompresör yağ doldurma deliği

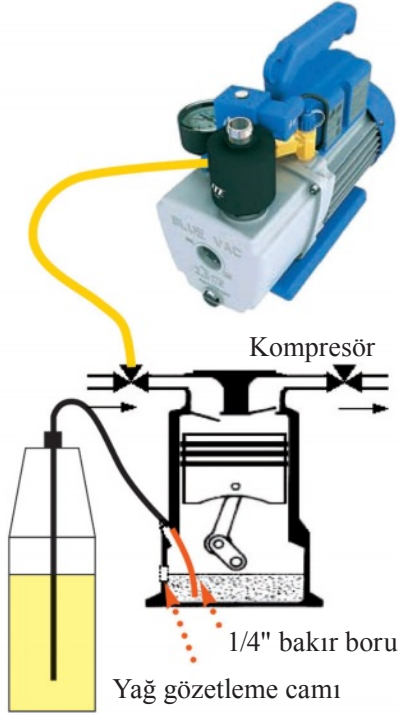
Şekil 5.161 - Kompresör yağ doldurma deliği



Hermetik kompresörde yağ boşaltma işlemi

1. Kompresörü sistemden ayırınız.
2. Baş aşağı çeviriniz.
3. Karterdeki yağı emiş borusu veya servis borusu vasıtasıyla boşaltınız.
4. 150 ml kadar polyolester (POE) yağ doldurun ve çalkalayınız.
5. Kalan yağı da boşaltınız.

Şekil 5.162 - Hermetik kompresörden yağ boşaltma



Kompresör karterine yağ dolumu

1. Vakum pompasını kompresör emiş servis valfine bağlayınız.
2. 1/4" bakır borunun diğer ucunu bir POE yağ tenekesinin dibine ulaşacak tarzda daldırınız.
3. Vakum pompasını çalıştırınız.
4. Kompresörün karterinde oluşacak düşük basınç nedeniyle yağ tenekeden çekilecektir.
5. Kartier gözetleme camından yağ seviyesini kontrol ederek boşaltılan yağ hacmi kadar şarj ediniz.
6. Yağ akışını kesiniz.
7. Şarj edilen yağ miktarını ölçünüz.
8. Kompresörü vakum ediniz.
9. Kompresör servis valflerini açınız.
10. Kompresörü çalıştırınız.
11. Sistemde kaçak kontrolü yapınız.

Şekil 5.163 - Vakum pompası yardımıyla yağ değişimi

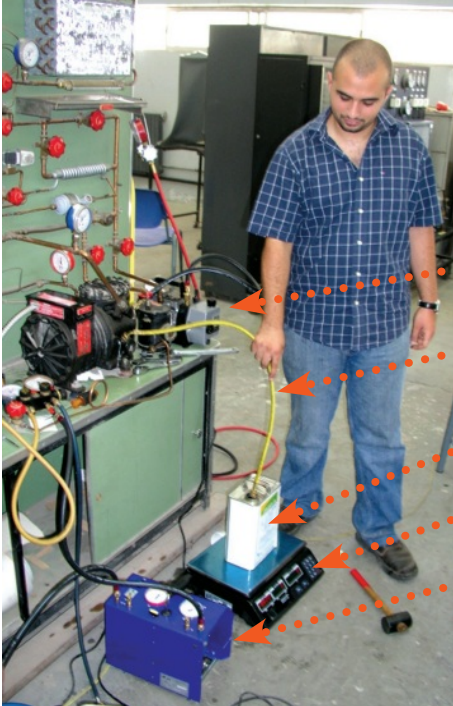
POE yağların havadaki nemi çok hızlı bünyelerine almalarından dolayı, sadece kullanacağımız kadar yağı bir kaba almamız doğru olacaktır. Açılmış POE yağ tenekelerini ileriki kullanımlar için depolamayınız.



Yağ dolum işlemi (Örnek 1)

- Kompresörün emiş servis valfine vakum pompası bağlantısı
- POE yağ dolum düzeneği

Şekil 5.164 - Yağ dolum işlemi



Yağ dolum işlemi (Örnek 2)

- Vakum pompası
- Kartere hortum bağlantısı
- POE yağ tenekesi
- Tartı
- Geri toplama ünitesi

Şekil 5.165 - Kompresör yağ doldurma deliği

Tablo 5.2 - Soğutma Sistemi Tadilat Veri Formu

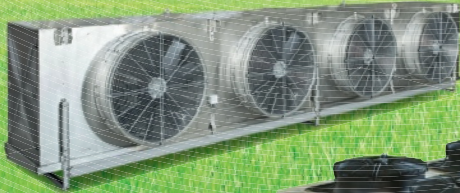
Soğutma Sistemi Tadilat Veri Formu			
Servis Şirketi Adı			
Adres			
Telefon ve Faks			
Kayıt No.			
Müşteri Adı			
Adres			
Telefon ve Faks			
İrtibat Kurulan Kişi			
Montaj/Cihaz Verileri			
Montaj Tipi		Üretici	
Model No.		Seri No.	
Kompresör Tipi		Üretici	
Model No.		Seri No.	
İşletme Verileri			
Eski		Yeni	
Soğutucu Akışkan Tipi		Soğutucu Akışkan Tipi	
Soğutucu Akışkan Şarj Miktarı		Soğutucu Akışkan Şarj Miktarı	
Yağ Tipi		Yağ Tipi	
Yağ Şarjı		Yağ Şarjı	
Emiş Basıncı		Emiş Basıncı	
Basma Basıncı		Basma Basıncı	
Emiş Hattı Sıcaklığı		Emiş Hattı Sıcaklığı	
Basma Hattı Sıcaklığı		Basma Hattı Sıcaklığı	
Dış Ortam Sıcaklığı		Dış Ortam Sıcaklığı	
Oda Sıcaklığı		Oda Sıcaklığı	
Alçak Basınç (Kesme Değeri)		Alçak Basınç (Kesme Değeri)	
Yüksek Basınç (Kesme Değeri)		Yüksek Basınç (Kesme Değeri)	
Elektriksel Veri			
Güç Kaynağı			
Güç Kaynağı (V)		Güç Kaynağı (V)	
Kompresörün Çektiği Akım		Kompresörün Çektiği Akım	
Diğer Montaj Verileri			
Basma Hattı Çapı		Basma Hattı Uzunluğu	
Sıvı Hattı Çapı		Sıvı Hattı Uzunluğu	
Emiş Hattı Çapı		Emiş Hattı Uzunluğu	
Emiş Hattında Yalıtım (E/H)		Kompresör-Evaporatör Yükseklik Farkı	
Kondenser Tipi		Evaporatör Tipi	
Filtre-Kurutucu Tipi		Filtre-Kurutucu Tipi	
İmza Alanları			
Teknisyenin İmzası	Tarih	Müşteri İmzası	Tarih

Tablo 3 - Tadilat sonrası cihaza yapıştırılacak etiket

Tadilat - Cihaz Etiketi	
Şirket	
Teknisyenin Adı	
Adres	
Telefon ve Faks	
Kayıt No.	
HFC-R134a'ya dönüştürülmüştür Bu sistem HFC-134a ve sentetik yağ kullanımı için tasarlanmıştır	
Soğutucu Akışkan Şarjı	
Yağ Şarjı (Eski)	
Yağ Şarjı (Yeni)	
Tadilatı Yapan	
Tadilat Tarihi	
İmza	

Sürdürülebilir çevre için yenilikçi ürünler

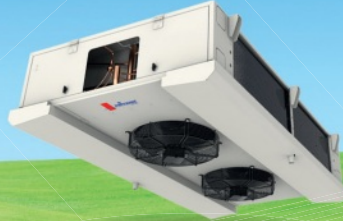
Tasarım ve uygulamalarınızda Friterm A sınıfı ürünleri tercih ediniz.



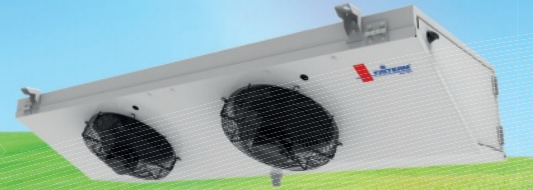
Paslanmaz Borulu
NH₃ ve Glikol
Soğutucular



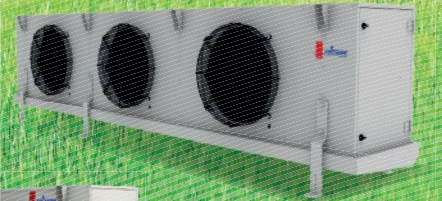
Yatay Tip
Hava Soğutmalı
Kondenser



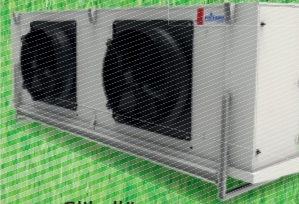
Çift Üflemeli Oda Soğutucular



Kabin Soğutucular



Freon
Oda Soğutucular



Glikollü
Oda Soğutucular



Merkez/ Fabrika 1:
İstanbul Deri Organize Sanayi Bölgesi Dilek Sokak
No:10 X-12 Özel Parsel Tuzla 34957 İstanbul / TÜRKİYE
Fabrika 2:
Makine İhtisas Organize Sanayi Bölgesi 6.Cadde 17. Sokak
No:1 Demirciler Köyü Dilovası 41455 Kocaeli / TÜRKİYE
Tel: +90 216 394 12 82 (pbx) **Faks:** +90 216 394 12 87
info@friterm.com www.friterm.com

FRITERM®

ADYABATİK SOĞUTMA SİSTEMLERİ

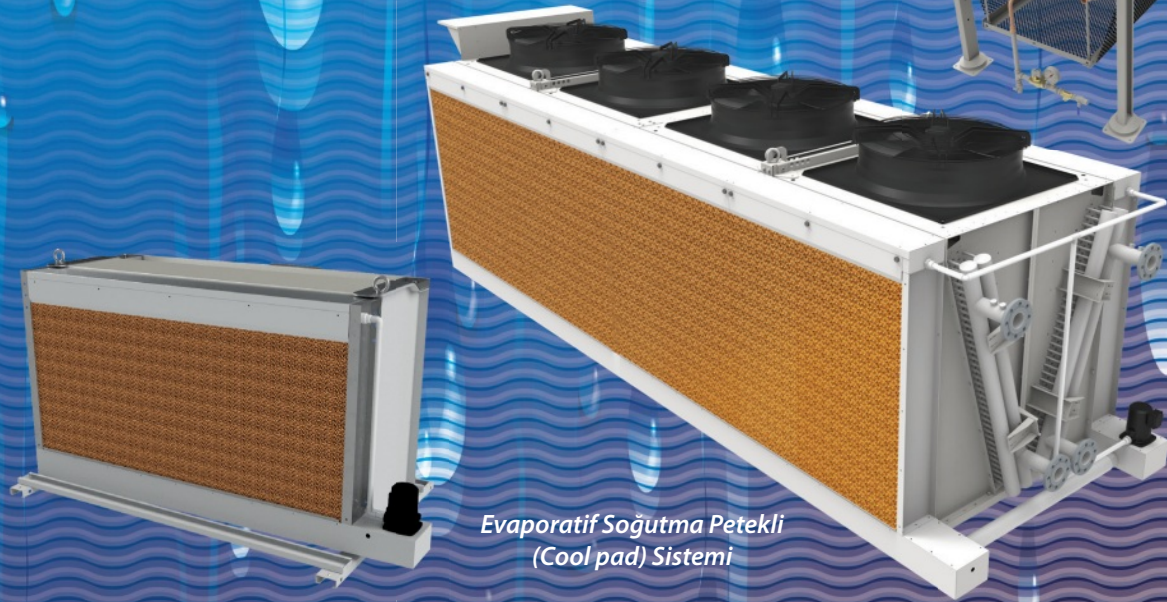
Friterm kuru soğutucu ve kondenserlerde enerji ve su kayıplarından tasarruf sağlayan, makine verimliliğini artıran Cool Pad Adyabatik Soğutma Sistemleri kullanarak sağlıklı ve çevreci ürünler sunar.



Doğrudan Spreyleme Sistemi



Ağ Üzeri (Ecomesh) Spreyleme Sistemi



Evaporatif Soğutma Petekli (Cool pad) Sistemi

SIAD EAC CE ISKİD MEMBER OF EUROVENT eurammön

FRITERM®
1979'dan beri

Merkez/ Fabrika 1:
İstanbul Deri Organize Sanayi Bölgesi Dilek Sokak
No:10 X-12 Özel Parsel Tuzla 34957 İstanbul / TÜRKİYE
Fabrika 2:
Makine İhtisas Organize Sanayi Bölgesi 6.Cadde 17. Sokak
No:1 Demirciler Köyü Dilovası 41455 Kocaeli / TÜRKİYE
Tel: +90 216 394 12 82 (pbx) Faks: +90 216 394 12 87
info@friterm.com www.friterm.com

TUV NORD ISO 9001 S.I.A. TEİD İSKAV eHEDG rehva SEKTÖR İŞ ETİK İLKELERİNİ UYGULUYORUZ

twitter.com/friterm facebook.com/friterm linkedin.com/company/friterm

FRITERM

Friterm Product Selection FPS 6.0



Oda Soğutucular & Endüstriyel Soğutucular (Soğutkan, DX)
Unit Air Coolers & Industrial Air Coolers (Refrigerant, DX)



CO2 DX Evaporator
CO2 DX Evaporator



Oda Soğutucular & Endüstriyel Soğutucular (Su/Glikol)
Unit Air Coolers & Industrial Air Coolers (Water/Glycol)



Pompalı Evaporator
Pump Evap



Hava Soğutmalı Kondenserler (Soğutkan)
Air Cooled Condensers (Refrigerant)



Hava Soğutmalı Amonyak Kondenser
Air Cooled Ammonia Condenser



Kuru Soğutucular & Yağ Soğutucular
Dry Coolers & Oil Coolers



Şok Dondurucular (Soğutkan, DX)
Blast Freezers (Refrigerant, DX)

FRITERM® AKADEMİ

FRITERM®
1979'dan beri

FRITERM®
Doğaya Doer Sanayi