TİCARİ VE EVSEL SOĞUTUCULARDA DOĞAL SOĞUTUCU AKIŞKAN KULLANIMININ ÇEVRESEL VE EKONOMİK ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

Volkan COŞKUN

YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE EĞİTİMİ

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ŞUBAT 2010
ANKARA

Volkan COSKUN tarafından hazırlanan TİCARİ VE EVSEL SOĞUTUCULARDA DOĞAL SOĞUTUCU AKIŞKAN KULLANIMININ ÇEVRESEL VE EKONOMİK ETKİLERİNİN İNCELENMESİ adlı bu tezin yüksek lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Yrd. Doç.Dr. Hüseyin USTA
Tez Danışmanı, Makine Eğitimi Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Makine Eğitimi Anabilim DalındaYüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Mehmet ÖZKAYMAK
Makine Eğitimi Anabilim Dalı, Karabük Üniversitesi
Yrd. Doç. Dr. Hüseyin USTA
Makine Eğitimi Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi
Yrd. Doç. Dr. Tayfun MENLİK
Makine Eğitimi Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi
Yrd. Doç. Dr. Kurtuluş BORAN
Makine Eğitimi Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi
Yrd. Doç. Dr. Musa Galip ÖZKAYA
Makine Eğitimi Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Tarih: 10/02/2010

Bu tez ile Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Bilal TOKLU
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Volkan COŞKUN

TİCARİ VE EVSEL SOĞUTUCULARDA DOĞAL SOĞUTUCU AKIŞKAN KULLANIMININ ÇEVRESEL VE EKONOMİK ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Volkan COŞKUN

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Şubat 2010

ÖZET

Soğutma sistemlerinin tasarımında soğutucu akışkan seçimi önemli bir parametredir. Tasarımda soğutucu akışkanların temin güçlüğü, ekonomikliği ve çevreye olan etkileri de göz önüne alınması gereken diğer parametrelerdir. Geleneksel ve yapay soğutucu akışkanlar oldukça pahalıdır ve bu soğutucu akışkanların temininde güçlükler yaşanabilmektedir. Geleneksel ve yapay soğutucu akışkanların bir kısmı da ozon tahribatı (ODP) ve sera etkisine (GWP) de neden olmaktadır. Bu çalışmada geleneksel ve yapay soğutucu akışkan yerine kullanılabilecek doğal soğutucu akışkanların ekonomiye ve çevreye olan etkileri araştırılmıştır. Araştırma sonucuna göre doğal soğutucu akışkanların hem ekonomik hem de çevre dostu olduğu sonucuna varılmıştır.

Bilim Kodu : **708.3.015**
Anahtar Kelimeler : **Soğutma, Soğutucu akışkan, Doğal soğutucu akışkan, Çevre**
Sayfa Adedi : **104**
Tez Yöneticisi : **Yrd. Doç. Dr. Hüseyin USTA**

THE INVESTIGATION OF ENVIROMENTAL AND ECONOMICAL EFFECTS OF NATURAL REFRIGERANT USING IN THE INDUSTRIAL AND DOMESTİC REFRIGRATORS

(M.Sc. Thesis)

Volkan COSKUN

GAZI UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY
February 2010

ABSTRACT

The refrigeration selection is an important parameter for the design of refrigeration system. Difficulty in supply, cost and environmental effects are also the other parameters to be taken into account. Conventional refrigeration's are more expensive and are not obtained easily. Some of the conventional and synthetic refrigerants have ozone depletion potential (ODP) and global warning potation (GWP). In this study, the effects of natural refrigerations wich is used on the environment, instead of conventional and synthetic refrigerants, the economy, were investigated.

Science Code : **708.3.015**
Key Words : **Cooling, Refrigerant, Natural refrigerant, Enviroment**
Page Number : **104**
Adviser : **Yrd. Doç. Dr. Hüseyin USTA**

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren hocam Yrd. Doç. Dr. Hüseyin USTA' ya, hocam Yrd. Doç. Dr. Tayfun MENLİK'e ve hocam Arş. Gör. Dr. İbrahim VARİYENLİ'ye ayrıca arkadaşım Mehmet AKTAŞ'a ve her zaman yanımda olan ve benden desteklerini esirgemeyen sevgili aileme teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET iv

ABSTRACT v

TEŞEKKÜRLER vi

İÇİNDEKİLER vii

ŞEKİLLERİN LİSTESİ xi

RESİMLERİN LİSTESİ xii

ÇİZELGELERİN LİSTESİ xiii

SİMGELER VE KISALTMALAR xiv

1. GİRİŞ 1

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI 3

3. SOĞUTMA 7

3.1. Soğutmanın Gelişimi ve Uygulama Alanları 7

3.2. Soğutma Çevrimler i9

3.2.1. Soğutma makinaları 10

3.2.2. Carnot çevrimi (Tersinir çevrim) 10

3.2.3. Brayton soğutma çevrimi 12

3.2.4. Stirling soğutma çevrimi 13

3.2.5. Absorpsiyon ile soğutma çevrimleri 14

3.2.6. Vorteks tüpü 15

Sayfa

3.2.7. Enjektör soğutma sistemi 16

3.3. Buhar Sıkıştırmalı Soğutma 16

3.3.1. Çok kademeli sıkıştırma ile yapılan soğutma çevrimleri 18

3.4. Soğutma Sistemi Ana Elemanları 21

3.4.1. Kompresör 21

3.4.2. Evaporatör 26

3.4.3. Kondenser 28

3.4.4. Kılcal (kapiler) boru 30

3.4.5. Termostatik genleşme valfi 31

3.4.6. Susturucu 32

3.4.7. Alçak veya yüksek basınç otomatikleri (prosestatlar) 33

3.5. Soğutma Sisteminin Ara Elamanları 34

3.5.1.Drayer (susturucu) 34

3.5.2. Soğutucu akışkan sıvı toplama tankı (Resiver) 34

3.5.3. Manometre 35

3.5.4. Termometre 36

3.5.5. Vanalar 36

3.5.6. Basınç kontrol cihazları(Prosestat) 39

3.5.7. Isıtıcılar 40

3.5.8. Yağ ayırıcı 41

Sayfa

3.5.9. Yağ seviyesi kontrol cihazı 42

3.5.10. Gözetleme ve nem kontrol cihazları 42

4. SOĞUTUCU AKIŞKANLAR / SOĞUTKANLAR 43

4.1. Soğutucu Akışkanlarda Aranan Özellikler 45

4.2. Alternatif Soğutucu Madde Seçimini Etkileyen Ana Etmenler 48

4.3. Soğutucu Akışkanların Çevreye Olan Etkileri 50

4.3.1. Ozon tahribatı 50

4.3.2. Sera gazları 52

4.4. CFC İçeren Maddelerle İlgili Uluslararası Anlaşmalar Ve Yaptırımlar 53

4.4.1. Viyana sözleşmesi 53

4.4.2. Montreal protokolü 53

4.4.3. İklim değişikliği çevre sözleşmesi 54

4.4.4. Kyoto protokolü 54

4.4.5. Kopenhang zirvesi 55

4.4.6. Ülkelerin CFC içeren gazlarla ilgili anlaşmalara ve yaptırımlara yaklaşımı 55

4.5. Soğutma Sistemlerinde Kullanılan Soğutucu Akışkanlar 56

4.5.1. Doğal soğutucu akışkanlar 61

4.5.2. Alternatif soğutucu akışkanlar 67

4.6. Soğutucu Akışkanların Kullanım Alanları 71

4.7. Soğutucu Akışkanların Türkiye'deki Durumu 72

Sayfa

4.8. Soğutucu Akışkanlarla İlgili Avrupa Birliğinin Düzenlemeleri 75

5. SOĞUTMA CİHAZLARI 80

5.1. Ev Tipi Soğutucula 80

5.1.1. Buzdolapları 80

5.1.2. Klima 81

5.2. Ticari Soğutma 81

5.2.1. Ticari soğutma uygulama alanları 82

6. YÖNTEM 84

6.1. Kullanılan Soğutucu Akışkanların Çevresel Etkileri 84

6.2. Kullanılan Soğutucu Akışkanların Ekonomik Etkileri 87

6.3. Doğal Soğutucu Akışkanların Çevresel Etkileri 88

6.4. Doğal Soğutucu Akışkanların Ekonomik Etkileri 88

7. SONUÇ VE ÖNERİLER 90

7.1. Sonuçlar ve Tartışmalar 90

7.2. Öneriler 90

KAYNAKLAR 91

EKLER 93
EK-1 Soğutucu Akışkanların Birim Fiyatları (2000-2009) 94

ÖZGEÇMİŞ 104

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil **Sayfa**

Şekil 3.1. Carnot ısı makinası çevrimi 11

Şekil 3.2. Mükammel gaz denklemi..... 11

Şekil 3.3. Brayton çevrimi 12

Şekil 3.4. Stirling soğutma çevrimi..... 13

Şekil 3.5. Pistonlu makine..... 13

Şekil 3.6. Absorpsiyon ile soğutma çevrimleri 15

Şekil 3.7. Vortex tüpü 15

Şekil 3.8. Enjektörlü soğutma sistemi..... 16

Şekil 3.9. Buhar sıkıştırma çevrimi..... 17

Şekil 3.10. Çok kademeli sıkıştırma ile yapılan soğutma çevriminin akım şeması... 19

Şekil 3.11. İki Kademeli sıkıştırma İle yapılan bir soğutma işleminin (T-S) Şekil diyagramı..... 20

Şekil 3.12. Pistonlu kompresör 23

Şekil 3.13. Roary kompresörler 24

Şekil 3.14. Scroll kompresörler..... 25

Şekil 3.15. Evaporatör (Buharlaştırıcı) 26

Şekil 3.16. Susturucu iç yapısı 33

Şekil 3.17. Yağ ayırıcı..... 40

Şekil 4.1. CFC'lerin ozona etkisi 51

Şekil **Sayfa**

Şekil 6.1. En çok kullanılan doğal soğutucu akışkanlarla ozona zararlı olan akışkanların çevreye olan etkileri 88

Şekil 6.2. Doğal soğutucu akışkanların yıllık birim fiyatları 89

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim **Sayfa**

Resim 3.1. Kompresör 21

Resim 3.2. Helisel-vida tipi dönel kompresör 23

Resim 3.3. Kondenser (Yoğuşturucu) 28

Resim 3.4. Kılcal (Kapiler) boru 30

Resim 3.5. Termostatik genleşme valfi 31

Resim 3.6. Dıştan dengelemeli termostatik genleşme valfi 32

Resim 3.7. İçten dengelemeli termostatik genleşme valfi 32

Resim 3.8. Prosestat 33

Resim 3.9. Soğutma cihazlarında kullanılan ara ekipmanlar 34

Resim 3.10. Drayer (Kurutucu) 34

Resim 3.11. Soğutucu akışkan sıvı toplama deposu (Resiver) 35

Resim 3.12. Monametre 35

Resim 3.13. Açma kapama vanası 36

Resim 3.14. Elektronik sıcaklık transmitleri 39

Resim 3.15. Isı değiştiricileri 41

Resim 3.16. Yağ ayırıcı 41

Resim 3.17. Yağ seviyesi kontrol cihazı 2

Resim 3.18. Gözetleme ve nem kontrol cihazları 42

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge **Sayfa**

Çizelge 4.1. Başlıca saf soğutucu maddeler 44

Çizelge 4.2. Karşım ile elde edilmiş başlıca soğutucu maddeler 45

Çizelge 4.3. Soğutucu olarak kullanılan maddelerin fiziksel ve termodinamik özellikleri 47

Çizelge 4.4. Bazı kimyasal bileşiklerin hem ozon tabakasına hem de sera etkisi için yapılan araştırma sonuçları 52

Çizelge 4.5. CFC içeren soğutucu gazlarla ilgili alternatifler 67

Çizelge 4.6. En çok kullanılan soğutucuların kullanım alanları ve oranları 72

Çizelge 4.7. Türkiye'de CFC tüketim miktarları 74

Çizelge 6.1. En çok tercih edilen soğutucu akışkanların çevresel özellikleri 85

Çizelge 6.2. Ozon tabakasına zarar veren gazlar ve bu zararlı olan gazlara alternatif olarak kullanılabilecek olan gazlar 86

Çizelge 6.3. Alternatif soğutucu gazlar 86

Çizelge 6.4. Soğutucu akışkanların birim fiyatları 87

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Kısaltmalar	**Açıklama**
BFKV	Basınç Farkı Kontrol Valfi
BM	Birleşmiş Milletler
CFC	Kloroflorokarbon
COP	Performans Katsayısı
ÇBKV	Çıkış Basınç Kontrol Valfi
EPA	Çevre Koruma Ajansı
EVO	Enerji Verim Oranı
GWP	Küresel Isınma Potansiyeli
HBFC	Hidrobromoflorokarbon
HCFC	Hidrokloroflorokarbon
ITH	100 Yıllık Entegre Zaman Genişliği
IIR	Izobütilen Izopren Kauçuk
İDÇS	İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi
KEB	Kompresör Emiş Basıncı
LFL	Tutuşma Alt Sınırı

Kısaltmalar	Açıklama
MF	Çok Taraflı Fon
ODP	Ozon Tabakasını Tahrip Etme Potansiyeli
OECD	Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü
OSA	Onaylı Salınım Azaltımları
OTİM	Ozon Tabakasını İncelten Madde
TEWI	Toplam Eşdeğer Isınma Etkisi
TGT	Temiz Gelişim Tekniği
TLV	Zehirlilik Sınır Değeri
TTGV	Türkiye Teknoloji Geliştirme Vakfı
TXV	Termostatik Genleşme Valfi
UNDP	Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı
UNEP	Birleşmiş Milletler Çevre Programı
UNFCC	İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi
UNIDO	Birleşmiş Milletler Sanayi Kalkınma Örgütü

1. GİRİŞ

Soğutma, bir maddenin veya ortamın sıcaklığını çevre sıcaklığının altına düşürmek ve o sıcaklıkta muhafaza etmek için ısısının alınması işlemidir. Soğutma ihtiyacının doğmasının iki sebebi vardır. Bunlar; gıdaları muhafaza etmek ve yaşanılan ortamı konfor derecesine getirmektir [1].

Doğal yaşamın en önemli halkasını oluşturan insanoğlu, geleneksel endüstriyel etkinliklerle ekolojik dengenin yok olduğunu geç de olsa fark etmiştir. Geleneksel teknolojilerin çevreyi kirletme potansiyellerinin yüksek oluşu, bilim dünyasını, doğayla uyumlu yeni alternatif sistemlerin uygulamaya konulması zorunluluğuna şartlandırmıştır. Soğutma ve klima alanında kullanılan soğutucu akışkanlar da ozon tabakasının delinmesi ve sera etkisi ile çevre kirliliğine katkıda bulunmaktadır.

Bu gerçeklerden dolayı 1970'li yıllardan beri Montreal Protokolü, Londra konferansı gibi bir takım uluslar arası aktivitelerle klasik CFC/HCFC türü soğutucu akışkanların üretimine yasaklama ve sınırlama getirilmiştir.

Ticari soğutuculardа genellikle R–22, R–404A, R–507 ve daha az olsa da R–134a kullanılmaktadır. Ticari soğutuculardа en çok tercih edilen kimyasal R–22'dir. Bunun sebebi teknolojisinin yaygın olması ve kullanımının 2030 yılına kadar uzatılmış olmasıdır. Gaz üreticileri R–22'ye dayalı değişik karışımlar geliştirilme aşamasındadırlar. R–22 ve karışımları geçici alternatifler olmalarına rağmen, ozon tabakasına zarar vermeyen tamamen güvenli alternatifler geliştirilinceye kadar kullanılacağı görülmektedir. Bununla birlikte yeni alternatif soğutucu akışkan/ soğutucu akışkan karışımlarında; yanmama, zehirsiz olma ve kimyasal kararlılık gibi özelliklerin aranması koşulları sınırlı kaynak rezervine sahip dünyamızda hem çalışma alanını sınırlandırmakta hem de tasarlanacak yeni sistemlerin maliyetini oldukça artırmaktadır.

Yeni kullanılacak akışkanlar içerisinde doğal soğutucu akışkanların ağırlıklı olması hem maliyetleri düşürecek hem de çevreye olumsuz etkileri azalacaktır.

Bu çalışmada amaç, geleneksel ve yapay soğutucu akışkanların yerine kullanılabilecek doğal soğutucu akışkanların ekonomiye ve çevreye olan etkilerini araştırmaktır. Bunun için, Türkiye İstatistik Kurumundan Türkiye'deki mevcut sistemlerde kullanılan soğutucu akışkanlara ait ithalat rakamları ($ / kg) ve Çevre Ve Orman Bakanlığından da bu soğutucu akışkanlara ait Ozon Delme Potansiyelleri ve Atmosferde Kalma Sürelerine ait veriler alındı. Mevcut soğutma sistemlerinde en çok kullanılan soğutucu akışkanlar ile doğal soğutucu akışkanlar Türkiye İstatistik Kurumundan ve Çevre Ve Orman Bakanlığından alınan bilgiler kullanılarak incelendi. Soğutma sistemlerinde en çok kullanılan soğutucu akışkanlar ile doğal soğutucu akışkanların ekonomiye ve çevreye olan etkileri karşılaştırıldı.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Bu konu hakkında yapılmış olan çalışmaların bazıları aşağıda özetlenmiştir.

Doğan (1999) yüksek lisans tezinde, ozona zarar veren R-12 gibi ozona zarar veren soğutucu akışkanların yerine ozona zarar vermeyen R-134a, R-404a ve R-290 gibi soğutucu akışkanların kullanımını sağlayacak teknoloji değişimini araştırmıştır. Araştırmaya göre ticari soğutucunun aynı yoğuşturucu ve buharlaştırıcı akışkan sıcaklıklarında, aynı soğutucu akışkanın kullanılması durumunda ve farklı soğutma yüklerinde sistemin yüksek ve düşük çalışma basınçları sabit kalmaktadır. Bu durum da yüksek ve düşük çalışma basıcı diğer soğutkanlardan düşük olan R-134a için bir avantaj oluşturmuştur. Farklı soğutucu akışkanlar için sistemin yüksek ve düşük çalışma basınçları karşılaştırmış ve R-22 ile R-404A ve R-290 soğutucu akışkanlarının çalışma basınçlarının birbirine çok yakın olduğunu görmüş ve bu yakınlığın R-12 ve R-134a arasında da olduğunu saptamıştır. Ticari Soğutuculardа istenilen şartlara ulaşmak için bazı soğutucu akışkanlarda kapasite artırımının yapılması gerektiğini ve bu kapsamda da değişen kapasite'ye göre diğer elemanların tekrar hesaplanarak değiştirilmesi gerekliliğini ortaya koymuştur [2].

Sözen, Menlik, Özdemir ve Özbaş (2008) Güneş Enerjisi ile Soğutma projesinde %35 verim elde ettiklerini, kullandıkları mini buzdolaplarında -15 dereceye kadar sıcaklığı düşürdüklerini belirtti. Ayrıca daha da büyük kolektörler kullanabildikleri anda dolap sıcaklığını daha da düşürmenin mümkün olacağı sonucuna varmıştır [3].

Özkaya, Variyenli ve Gedik (2009) Ev Tipi Soğutuculardа Farklı Soğutucu Akışkanların Performanslarının Deneysel İncelenmesi adlı çalışmalarında, R-134a soğutucu akışkanının R-404a ve R-407c akışkanlarına göre daha uygun olduğu, R-404a ve R-407c soğutucu akışkanlarının yüksek basınçlı sistemlerde daha verimli olacağını tespit etmişlerdir [4].

Çomaklı, Şimşek, Özyurt ve Bakırcı (2009) Soğutma/Isıtma Sistemlerinde Kullanılan Soğutucu Akışkanlar ve Alternatifleri adlı araştırmada, alternatif soğutucu akışkan seçiminde soğutucu karışımların öncelikli olarak değerlendirilmesinin faydalı olacağı sonucuna varmışlardır [5].

Ataer, Özalp ve Bıyıklıoğlu (1999) yaptıkları çalışmada, buhar sıkıştırmalı soğutma sistemlerine kullanılabilecek ozon tabakasını etkilemeyen soğutucu akışkanlar karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma için R-134a, R-404A, R-407A, R-410a, R-507 ve R-290 (Propan) alternatif akışkanlar olarak seçilmiş ve bu soğutucu akışkanlar için tek kademeli bir buhar sıkıştırmalı soğutma çevriminin termodinamik analizi yapılmıştır. Sonuç olarak ta R-134a ve R-290 soğutucu akışkanları yüksek etkinlik katsayısına sahip olduğu görülmüştür. Kompresör gücü ve soğutucu akışkan kütle debisi açısından buhar sıkıştırmalı soğutma sistemlerinde kullanılan ve ozon tabakasını etkileyen soğutucu akışkanlara alternatif olarak R-134a uygun bir alternatif soğutucu akışkandır. Kompresör gücü açısından R-507 en uygun alternatif soğutucu akışkan olarak görülmektedir. Yoğuşturucu ve buharlaştırıcı basınçları dikkate alındığında, buhar sıkıştırmalı soğutma sistemlerinde R-134a'nın kullanılmasının uygun olduğunu saptamışlardır [6].

Dönmez ve Ekiz (2001) hazırlamış oldukları makalelerinde, Amerika'da yapılan çalışmalar sonucunda Ticari soğutma için doğal gaz ekipmanının kullanımının, pik elektrik talebini azaltabileceğini veya yok edebileceğini belirlemişlerdir. Doğal gazlı soğutma ile düşük maliyetli olduğu, daha az bakım ve onarım gerektirdiği, daha yüksek verim elde edildiği ve çevreye daha az zarar verdiğin belirtmişlerdir [7].

Ayvaz (1992) Ozon Tabakasını Delen Ve Sera Etkisi İle Yeryüzünü Isıtan Gazlara Alternatifler adlı araştırmasında, CFC gazlarının stratosferdeki ozon üzerine etkisi ve sera tesiri gibi olumsuz yönleri bilinmekteyken Montreal Protokolüyle getirilen sınırlamaların yetersiz ve geç kalınmış olunduğu birçok kesim tarafından bilindiğini; şu anda bu gazların en kısa zamanda tamamen yasaklanması veya en azından üretim ve tüketimlerinin % 85 oranında azaltılmasına gidilmesi konusunda bir uzlaşmaya varıldığını ve bu sağlanamazsa refah düzeyini yükseltmekte kullanılmaya çalışılan bu maddelerin insanlığa bir felâket getirebileceğinin altını çizmiştir [8].

Keçebaş ve Kayfeci (2008) Alternatif Evsel Klima Sistemlerinin Klasik Buhar Sıkıştırmalı Sistemlerle Karşılaştırılması adlı çalışmalarında, bu sistemlerin çevre, verim ve satın alma maliyetleri yönünden karşılaştırılmaları yapılmış ve soğutma ve ısıtma verimleri yönünden buhar sıkıştırmalı sistem avantajlı bulunmuş; fakat çevresel etkileri nedeni ile de dez avantajlı olduğu saptanmıştır. Klima sistemlerinin ise çevreye zararsız, basit, güvenilir bulunmuş fakat pahalı oldukları saptanmıştır [9].

İsa ve İslamoğlu (2003) yapmış oldukları çalışmalar sonucunda, R-22 alternatifi soğutucu akışkanlar olan 407-C, 410-A ve 417-A'nın özellikleri ve bunların dönüşümü için gerekli bilgiler verilmektedir. R-22 soğutucu akışkanla çalışan ünitenin, alternatif soğutucu akışkanlara dönüşümü öncesinde öncelikleri belirlemek amacıyla, aşağıda verildiği gibi bir kontrol listesinin hazırlanması önermektedir.

1. Soğutma kapasitesi
2. Enerji verimliliği
3. Kompresör çalışma süresi
4. Alternatif akışkanın geçmiş uygulama kayıtları
5. Üretici garantisi
6. Üreticinin servis tavsiyeleri
7. Akışkanın bulunabilirliği [10].

Onat, İmal ve İnan (2005) Soğutucu Akışkanların Ozon Tabakası Üzerine Etkilerinin Araştırılması ve Alternatif Soğutucu Akışkanlar adlı araştırmalarında, akışkanların fiziksel özellikleri değerlendirildiğinde R-12 yerine R-134a ve R-401A; R-502 yerine R-404A; R-22 yerine R-407C ve R-410A; R-11 yerine R-123; R-13 yerine R-508B soğutucu akışkanlarının kullanılmalarının daha uygun olduğu sonucuna varmışlardır [11].

Koyun ve Acar (2005) Soğutma Sistemlerinde Kullanılan Soğutucu Akışkanlar ve Bu Akışkanların Ozon Tabakası Üzerine Etkileri isimli çalışmada, soğutma sistemlerinde kullanılan soğutucu akışkanlar, bu akışkanların ozon tabakasına olan etkileri ve alternatif soğutucu akışkanları incelemişlerdir. Sonuç olarak özellikle soğutma sistemlerinde en çok kullanılan CFC grubu soğutucu akışkanların ozonu

tahrip etme potansiyelleri oldukça yüksek olduğunu saptadılar. CFC grubu soğutucu akışkanların yerine aynı özellikleri gösteren fakat ozon tabakası üzerinde hiçbir olumsuz etkisi olmayan HFC ve HCFC soğutucu akışkanlarının ve karışımlardan oluşan diğer alternatif soğutucu akışkanların kullanılmasını önermektedirler [12].

Ağra (2005) Alternatif Soğutucu Akışkanlardan İzobütan'ın Yatay Boru İçinde Yoğuşmda Isı Transferi Katsayısının Tespiti adlı çalışmasında iç çapı 4mm dış çapı 6mm olan pürüzsüz düz bakır boru içersinde hidrokarbon soğutucu akışkanlardan R-600a'nın halka akış şartlarındaki yoğuşması sırasında taşınım katsayısının; istenen kuruluk derecesi test bölgesinin girişinde ayarlanarak farklı kuruluk dereceleri ve farklı kütlesel akılardaki deneysel sonuçları verilmiştir. Deneyler sırasında test bölgesine gönderilecek olan soğutucu akışkanın giriş kuruluk derecesi sistemde ayarlandıktan sonra akım tipinin gözle tespit edilebilmesi için test borusu girişine özel olarak tasarlanmış gözetleme camı yerleştirilmiştir. Ölçüm sisteminde geliştirilen bir yöntemle (Ts-Tw) fark değerinin veri toplama ünitesinden doğrudan ölçülmesi sağlanarak taşınım katsayısı hesaplanmıştır. Deneylerden elde edilen verilerle kuruluk derecesinin azalması ile taşınım katsayısının da azaldığı ve sabit kuruluk derecesinde kütlesel akının artması ile de taşınım katsayısının arttığı görülmüştür. Deneysel çalışma sonucunda elde edilen taşınım katsayılarının Shah ve Dobson-Chato'un geliştirdiği korelasyonlarla ±20% uyumlu olduğunu saptamıştır [13].

Moo-Dong Yeon ve Yongchan, R-290 ve R-600a (55/45) soğutucu akışkanı kullanılarak doğrudan soğutmalı küçük kapasiteli buzdolabı performans özellikleri adlı araştırmalarında, mevcut R-134a kullanılan bir cihazda %55 propan %45 izobütan karışımı kullanılmış ve mevcut R-134a kompresörünü karışımda çalışacak şekilde güncellenmiş ve optimum kılcal boru uzunluğu kullanılmıştır. Karışımın R-134a dan %50 daha hızlı şarj olduğunu, kılcal boru uzunluğunun 500mm daha fazla olduğunu, R-134a'nın %12.3 daha çok enerji kullandığını ve karışımın daha hızlı soğuttuğunu (-15 C ye %28.8 daha önce ulaştığı) bulmuşlardır [14].

3. SOĞUTMA

3.1 Soğutmanın Gelişimi ve Uygulama Alanları

Soğutma amacıyla yıllardır değişik fiziksel ve kimyasal özellikte madde kullanılmıştır. Bunlar arasında su, karbondioksit, amonyak gibi doğal maddelerin yanı sıra yapay maddeler de yer almıştır.

En basit ve eski soğutma şekli soğuk yörelerde tabiatın meydana getirdiği buzları muhafaza edip bunları sıcak veya ısısı alınmak istenen yerlere koyarak soğutma sağlanmasıdır. Kışın meydana gelen kar ve buzun muhafaza ederek sıcak mevsimlerde bunu soğutma amaçlı kullanma yönteminin M.Ö. 1100 yılarından beri uygulanmakta olduğu bilinmektedir. Bu uygulamanın bu gün dahi yurdumuzun bazı yörelerinde geçerli bir soğutma şekli olduğu görülmektedir.

Diğer yandan, eski Mısırlıların kullanmaya başladıkları ve halende kullanılmakta olan bir sistem olan geceleri açık gökyüzünü görecek tarzda yetiştirilen seramik testilerde suyun soğutulabileceği bilinmektedir. Bu soğutma şekli gökyüzünün gece karanlıktaki sıcaklığının mutlak sıfır (-273 ^{0}C) seviyesinde ışıma (radyasyon) yolu ile ısınan gökyüzüne iletilmesi yoluyla yapılmaktadır.

Ticari maksatla ilk büyük buz satışı 1806 yılında *Frederic Tudor* tarafından ve Antil Adaları'na 130 tonluk bir buz kütlesinin Favorite adlı tekneyle götürülmesi ile başlamıştır. Daha sonra *Buz Kralı* adı ile tanınan bu şahıs ilk denemesinde zarar etmesine rağmen bu zararın tamamıyla depolama olanaklarının yetersiz olmasından kaynaklandığını fark etmiştir. Fakat buz işinde büyük kazançlar bulunduğunu görebilmiş ve buz ticaretine devam ederek 1850 yıllarında 150.000 ton'a ulaşan bir buz ticareti hacmi gelişmiştir. 1864'de ise buz sattığı ülkeler arasında Antiller, İran, Hindistan, Güney Amerika ülkeleri bulunuyor.

Doğadan tabi yollarla elde edilen buz ile soğutma şeklinden 1880'lere kadar geniş ölçüde yararlanılmıştır.

Soğutma amaçlı ilk makinelerde (1834 yılında *Perkins* ve daha sonra 1856'da *Harrison* tarafından geliştirilen) soğutucu madde olarak eter kullanılmıştır. Soğutucu madde olarak eterin kullanılması ne amaca uygun ne de yeteri kadar güvenli olmuştur. 1870'lerde Karbondioksit (CO_2), Amonyak (NH_3) ve Kükürtdioksit (SO_2) gibi daha uygun maddelerin soğutucu olarak kullanabileceği keşfedilmiştir. Bu soğutucular uzun yıllar boyunca alternatifleri çıkana kadar kullanılmaya devam edilmiştir.

Mekanik soğutma vasıtasıyla buz imalinin ticari sahaya girmesi ise 1890 yıllarını bulmuştur. Klima sahasında büyük çapta ilk uygulama, 1904 yılında New York Ticaret Borsasına 450 ton/frigo'luk bir makine konularak gerçekleştirilmiştir. Konutlarda kullanılmak maksadıyla soğutucu (buzdolabı) yapımı 1910 yılında görülmeye başlandı. J. M. Larsen 1913'de elle çalışan böyle bir soğutucu (Buzdolabı) yaptı. Otomatik olarak çalışan buzdolapları 1918'de Kelvinator Company tarafından imal edilmeye başlandı ve ilk yıl 67 dolap satıldı. 1918-1920 yılları arasında toplam 200 dolap yapılarak satıldı. Absorpsiyon prensibiyle çalışan otomatik bir buzdolabı da (Electrolüx) 1927 yılında Amerika'da satışa çıktı.

Bu konuda Türk tarihine baktığımız zaman Göçer olanlar hayvanları ile yazın yüzlerce kilometre yol kat ederek daha soğuk yerlere göçerken, yerleşik hayat sürenlerin büyük çoğunluğu da topluca yazın daha serin olan yaylalarına taşınma alışkanlıkları edinmişlerdir. Yazlık ile kışlık yerleşimi arasındaki mesafe bazen 100 km.'ye varan uzaklıkları bulmaktadır. Türkler içeceklerin soğutulması için testi, küp ve bardak imalini geliştirmiş ve gıda maddelerinin bozulmadan saklanmasına önem vermişlerdir. Etin bozulmadan değerlendirilmesi için pastırma ve sucuk, sütün bozulmaması için de yoğurt, peynir ve tereyağı yapmışlardır. Peynir ve tereyağının bozulmadan muhafazası için küçükbaş hayvanların derisinden ve işkembesinden yararlanma alışkanlıkları (tulum) günümüze kadar gelmiştir. Ayrıca gıda maddelerinin bozulmaması için kilerlerde, serin mağaralarda ve samanlıklarda saklanması yoluna gitmişlerdir. Türkler et, balık, meyve ve sebzelerin kurutularak muhafazasına da büyük önem vermişlerdir.

Soğutmanın uygulama alanları:

a. Gıda maddelerini muhafaza etmekte,
b. Bitki, çiçek, ilaç, vb. organik ve organik bazlı maddeleri muhafaza etmekte,
c. Proses sırasında uygulanan soğutma için, (Kimyasal, endüstriyel, vb.)
d. Buz imalatında,
e. Buz pateni sahalarında zemin koşullarını temin etmede,
f. Gazlarda, soğutma yöntemi ile arındırma işlemlerinde.
g. Çok derin (Ultra soğuk) soğutma uygulamaları (Süper Konduktivite, Gazların sıvılaştırılması işleminde,
h. Tıp uygulamaları ve Metalürji uygulamalarında,
i. Klima uygulamalarında ve Evaporatif soğutmada, Isı depolamada, Enerjinin geri kazanımında, Güneş enerjisi ve Jeotermal enerjilerin kullanımında [15].

3.2. Soğutma Çevrimleri

İdeal bir çevrimde soğutucu akışkanın yoğuşturucudan çıkış durumu, kompresör çıkış basıncında doymuş sıvı haldedir. Gerçek çevrimde ise kompresör çıkışı ile kısılma vanası girişi arasında bir basınç düşmesi olur. Akışkanın genleşme vanasına girmeden önce tümüyle sıvı durumda olması istenir.

Uygulama esnasında doymuş sıvı durumunu elde etmek zor olduğu için yoğuşturucudan çıkış durumu genellikle sıkıştırılmış sıvı bölgesinde olur. Soğutucu akışkan doyma sıcaklığından daha düşük bir sıcaklık derecesinde soğutulur; Yani "aşırı" soğutulur. Bu durumda soğutucu akışkan buharlaştırıcıya daha düşük bir entalpi'de girmiş olur. Böylece soğutulan ortamdan daha çok ısı çeker. Genleşme valfi ile buharlaştırıcı birbirlerine çok yakındır bu nedenle de aradaki basınç kaybı da küçük olur.

Soğutma çevriminde optimize edilmek istenen bir nokta da ısı transfer oranıdır. Soğutma sistemlerinde çok iyi ısı iletkenliğine sahip olan bakır ve alüminyum gibi materyaller kullanılır. Diğer bir deyişle ısı bu malzemeler içinden kolayca akar.

Isı transfer yüzeyini artırmak ısı transferini artırmanın başka bir yoldur. Küçük motorlardaki pistonların etrafında ve soğutma kanatçıklarında olduğu gibi. Bu ısı transfer yüzeyini artırmak yolu ile ısı transfer oranını artırmaya bir örnektir. Sıcak motorda, istenen sıcaklığı geçen hava ise temas halindeki kanatçıklar vasıtası ile fazla sıcaklığı dışarı çok kolayca atabilir.

Hava soğutmalı kondenserler ve evaporatörler gibi soğutma sistemi ısı transfer elemanları çoğunlukla bakır boru ve alüminyum kanatçıklar ile yapılır. Daha sonra fanlar yardımı ile hava kanatçıklar içinden geçirilerek ısı transferi artırılır [1].

3.2.1. Soğutma makinaları

İdeal bir soğutma makinası, tersinir ısı makinası olan Carnot çevriminin ters yönde çalıştırılması ile elde edilir.

Soğutma makinalarında temel ilke; soğuk bir ortamdan sıcak bir ortama ısı pompalamaktır. Bu nedenle soğutma makinaları aynı zamanda ısı pompası olarak da kullanılabilir.

Soğutma makinası düşük sıcaklıktaki ortamdan Q ısısını alarak bunu daha yüksek sıcaklıktaki ortama vermekte ve bunun için (W) işini harcamaktadır.

Bir soğutma makinasının etkinliği (performans katsayısı), soğutulan ortamdan alınan ısı miktarının, bu soğutmayı yapmak için harcanmış olan işe oranı olarak tanımlanır.

Soğutma makinası performans katsayısı: $COP = Q/W$ (3.1)

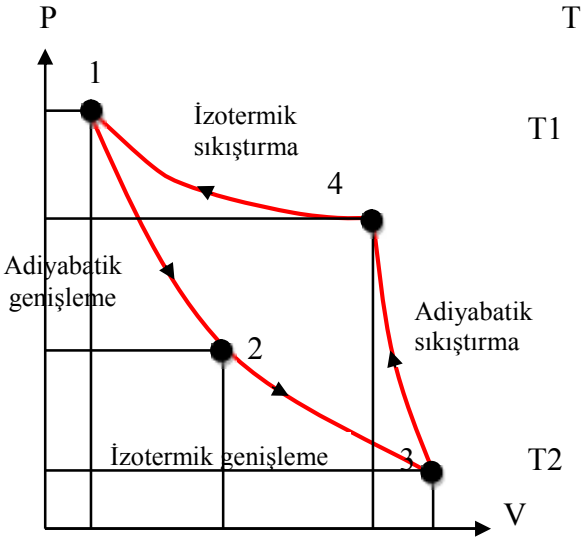
3.2.2. Carnot çevrimi (Tersinir çevrim)

Carnot çevrimi bir Fransız mühendisi olan *Sadi Carnot* tarafından düşünülmüştür. Çevrim tersinir olduğundan, çevrimdeki bütün hal değişimleri de tersinirdir. Bu nedenle kaynaklarla ısı alışverişi sonsuz küçük sıcaklık farkları altında gerçekleşmektedir.

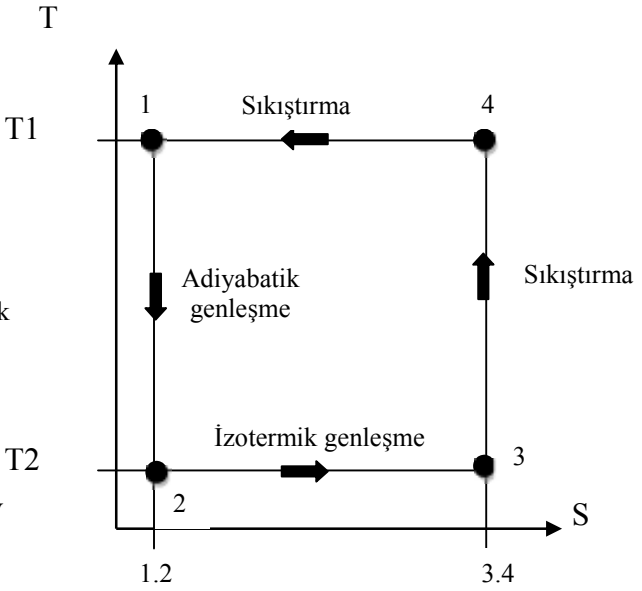
Başka bir deyişle Carnot makinesinde iş yapan akışkanın sıcaklığı, ısı alışverişi esnasında, ısı kaynaklarının sıcaklıklarına eşit kalacaktır.

Çevrimdeki iki hal değişimi, $T_{sıc}$ ve $T_{soğ}$ sıcaklıklarındaki iki ısı kaynağı ile tersinir sabit sıcaklıkta ısı alışverişi olduğuna göre, çevrimi tamamlayabilmek için iki hal değişimine daha ihtiyaç vardır. Bunlarda soğuk ve sıcak kaynak sıcaklıkları arasında, tersinir adyabatik genişleme ve tersinir adyabatik sıkıştırma hal değişimlerinden ibarettir.

Sonuçta, Carnot çevrimi iki tersinir sabit sıcaklık, iki tersinir adyabatik hal değişimlerinden meydana gelmiş bir tersinir çevrimdir.



Şekil 3.1. Carnot ısı makinası çevrimi



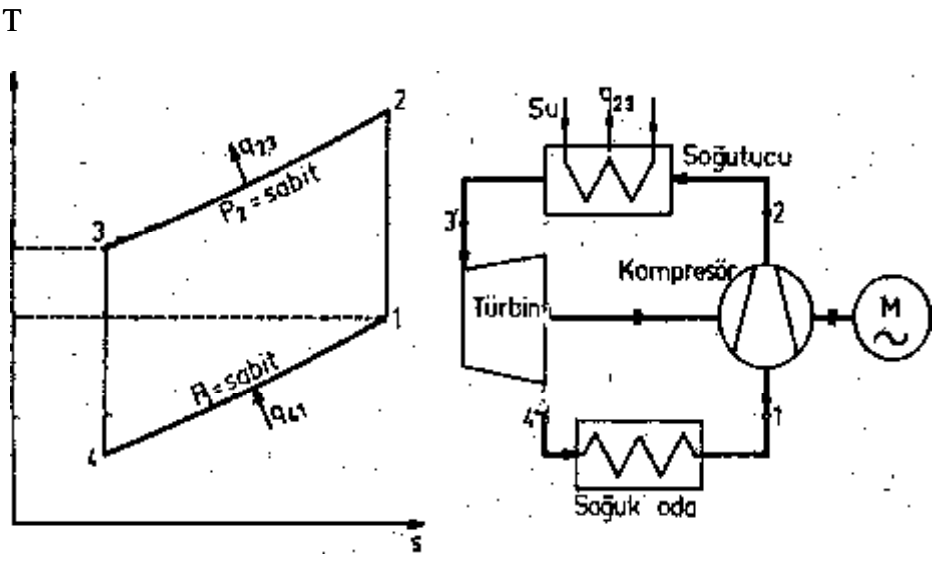
Şekil 3.2. Mükemmel gaz çevrimi

Carnot ısı makinası çevrimi Şekil 3.1'de P-V diyagramında gösterilmiştir. Şekil 3.2'de mükemmel gaz çevrimi çizilmiştir. Carnot çevrimi, tersinir hal değişimlerinden meydana geldiğinden, çevrim ters yönde de çalıştırılabilir ve buna, ters Carnot çevrimi veya tersinir soğutma çevrimi denir. Bu durumda ısı alışverişinin de yönleri değişir. Sistem buharlaşabilen bir gazla soğutkanla çalışabilir.

3.2.3. Brayton soğutma çevrimi

Brayton çevrimi saat ibrelerinin aksi yönde çalıştırılırsa bir soğutma makinası çevrimi elde edilir. Kompresöre 1 noktasında ve soğuk odanın T_o sıcaklığında giren gaz 2 noktasına kadar izentropik olarak sıkıştırıldıktan sonra soğutucuda su ile $T_ç$ çevre sıcaklığına kadar soğutulur. 3 noktasından 4 noktasına kadar türbinde izentropik olarak genişleyen ve sıcaklığı soğuk odanın T_o sıcaklığının altına düşen gaz soğuk odadan q_{4-1} ısısını alarak devresini tamamlar.

Çevre ile ısı alışverişi sırasında gazın sıcaklığı büyük ölçüde değiştiğinden zıt yönde çalışan Brayton çevriminin soğutma etki kat sayısı aynı soğuk oda ve çevre sıcaklıkları arasında çalışan Carnot çevriminin soğutma etki kat sayısından çok daha küçüktür.

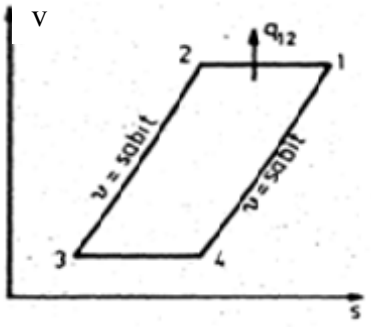


Şekil 3.3. Brayton çevrimi

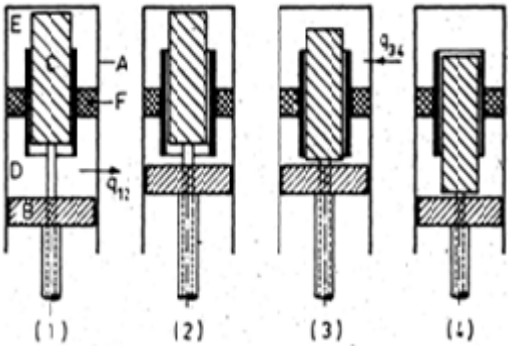
Şekil 3.3′ten soğuk odadan çıkan akışkanın T_1 sıcaklığının türbine giren akışkanın T_3 sıcaklığından daha küçük olduğu görülmektedir. Dolayısı ile çevrime bir ısı değiştirgeci eklemek suretiyle türbin girişindeki sıcaklığı çevre sıcaklığının altına düşürme olanağı vardır. Böylece soğuk oda içerisinde çok düşük sıcaklıkların elde edilmesi mümkün olur.

3.2.4. Stirling soğutma çevrimi

Stirling çevrimi saat ibrelerinin aksi yönünde çalıştırılırsa soğutma etki katsayısı aynı sıcaklık sınırları arasında çalışan Carnot soğutma çevriminin soğutma etki katsayısına eşit olan bir soğutma çevrimi elde edilir. Philips şirketi tarafından uygulama alanına konulan bu çevrim 100-200 K dolaylarındaki düşük sıcaklıkların elde edilmesinde kullanılmıştır.



Şekil 3.4. Stirling soğutma çevrimi



Şekil 3.5. Pistonlu makine

Bilindiği gibi Stirling çevrimi 2 adet sabit sıcaklık süreci ile 2 adet sabit hacim sürecinden oluşmaktadır. (Şekil 3.4.) 2 noktasından 3 noktasına kadar sabit hacimde hal değiştiren akışkandan çekilen ısıyı 4 noktasından 1 noktasına kadar sabit hacimde hal değiştiren akışkana ideal bir ısı değiştirici aracılığı ile vermek gerekmektedir.

Bu amaçla (Şekil 3.5.) pistonlu makine A silindiri içersinde hareket eden B pistonu ile şaftı B pistonunun içinden geçen bir C pistonunu içermektedir. Silindir içersinde A ve D harfleri ile işaretlenmiş olan bölgelerin arasında ısıl kapasiteleri yüksek olan bir malzemeden yapılmış F jeneratörü bulunmaktadır.

Çevrimin gerçekleşmesi aşağıda açıklandığı gibi gerçekleşir:

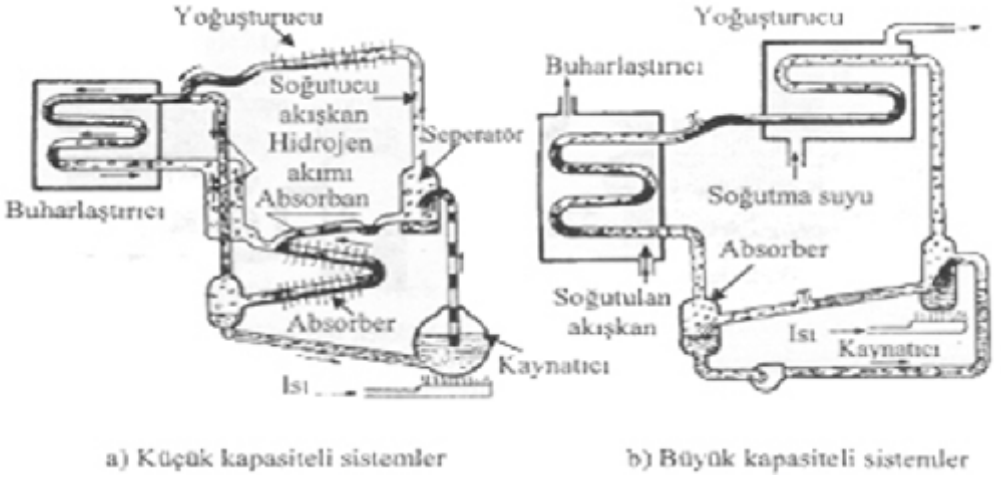
a. Pistonlar 1 konumunda iken B pistonu yukarı doğru hareket ederek D bölgesi içerisinde bulunan gazı sıkıştırmaya başlar. Sıkıştırma sürecinde sıcaklığın sabit tutulabilmesi için silindirin çeperlerinden çevreye ısı çekilir. Böylece 1-2 izotermik sıkıştırma süreci gerçekleşmiş olur.

b. C pistonu aşağı doğru hareket ederek D bölgesinde bulunan gazın bir kısmının jeneratör üzerinden E bölgesine geçmesi sağlanır. Bu sırada B pistonu hareketsiz kaldığından bu işlem sabit hacimde gerçekleşir 2-3. Jeneratör içersinden geçen gaz soğur gazın verdiği enerji jeneratörde depo edilir. Jeneratörü oluşturan malzeme içersindeki sıcaklık D bölgesinden E bölgesine doğru azalır.
c. Her iki piston birden aşağı doğru hareket ederek E bölgesinde bulunana gazın genişlemesine ve böylece soğumasına neden olur. Fakat silindir çeperinden ısı verilerek sıcaklık sabit tutulur. Böylece silindirin çeperi etrafında dolaşan bir gaz soğutularak sıvılaştırılabilir 3-4.
d. C pistonu yukarı doğru hareket ederek E bölgesinde bulunan gazın bir kısmını D bölgesine doğru gönderir ve başlangıçtaki konumunu alır. Bu sırada soğuk olan E bölgesinden gelen gaz jeneratör içersinden geçerken ısınır ve daha önce jeneratöre bırakmış olduğu ısıyı geri alır 4-1. Jeneratör içersindeki sıcaklık gradyanı bu ısı geçişini tersinir olmasını sağlar.

Yukarıda kısaca açıklanan Stirling soğutma makinasında silindir içersindeki gaz kütlesinin tümünün aynı çevrimi izlemediği görülmektedir. Gazın büyük bir kısmı D ve ya E bölgesinde kalmakta ve ısı alışverişine katılmamaktadır.

3.2.5. Absorpsiyon ile soğutma çevrimleri

İki fazlı soğutma çevrimlerinde iş, buharın sıkıştırılması amacıyla harcanır. Bu iş yerine ısı enerjisi kullanılarak absorpsiyon yöntemi ile soğutma yapılabilir. Absorpsiyon yöntemi ile soğutmada, akışkan olarak (amonyak + su) veya (lityum bromür + su) gibi sıvı - buhar faz değişimlerinin yapılabildiği uygun bir çözelti kullanılır. Bu çözelti ısıtılarak yüksek basınçlı akışkan buharı elde edilir. Akışkan buharı bir kondenserde soğutma suyu ile yoğunlaştırılarak yüksek basınçta doygun sıvı elde edilir **(**Şekil 3.6).

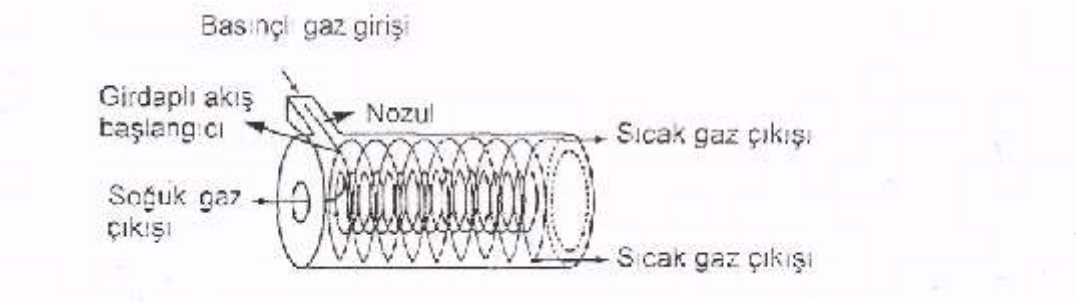


Şekil 3.6. Absorpsiyon ile soğutma çevrimleri

Absorpsiyon yöntemi ile çalışan bir soğutma çevriminde dört temel ünite vardır. Bunlar:

a. Jeneratör
b. Kondenser
c. Evaporatör
d. Absorber

3.2.6. Vorteks tüpü



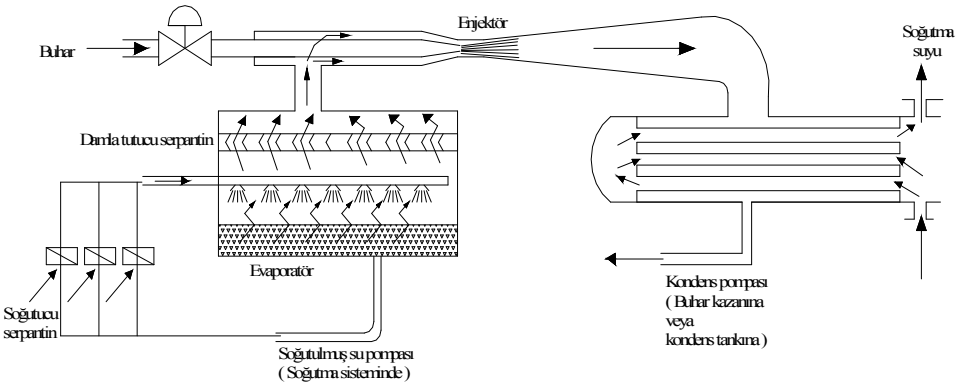
Şekil 3.7. Vorteks tüpü

Hareket eden parçası bulunmayan, basit bir borudan (tüp) ibaret olan bu soğutma şeklidir (Şekil 3.7.). Bulucusu George Ranque (1931) ve geliştirici Rudoqh Hilsch' in adlarıyla anılır (Ranque Tüpü veya Hilsch Tüpü). Boruya, dışarıdan teğetsel şekilde verilen basınçlı gaz ses hızına yakın bir hıza ulaşır ve boruyu terk eden dış

zarfa yakın kısımlarda sıcak, çekirdek (eksene yakın) kısmında ise soğuk akımlar meydana geldikten sonra; boruyu terk ediş yönüne göre "*Aynı Yönlü Akım*" ve "*Ters Yönlü Akım*" adlarıyla anılır. Bu soğutma çevriminde oldukça düşük sıcaklıklar elde edilebilmektedir. Örneğin 7 atü giriş havası ile çalışan ve yarısı soğutulmak diğer yarısı ısıtılmak üzere ayarlanan bir vorteks tüpünde soğutulan hava –34°C' ye düşerken ısıtılan kısımdaki sıcaklık +33°C'ye çıkmaktadır.

3.2.7. Enjektör soğutma sistemi

Esas prensip yönünde bir sıkıştırma çevrimi olan Enjektör çevriminde, buharlaştırıcıda buharlaşan soğutkan buharları bir enjektör ile sürüklenerek buharlaşma basıncının muhafaza ve kontrolünü sağlar. Böylece bir sistemde, enjektördeki sürükleme etkisini meydana getiren akışkan ile buharlaştırıcıda buharlaşan ve sürüklenen buhar karışmaktadır. Bu nedenle her ikisinin de aynı maddeden olması sistem tasarımını oldukça basitleştirecektir. Sürükleyici akışkanı buhar ve soğutkan maddesi su olan uygulama, bu çevrimde en çok uygulanan akışkan maddelerdir ve "*Buhar-Jet Soğutma Sistemi*" adı ile anılır (Şekil 3.8.).



Şekil 3.8. Enjektörlü soğutma sistemi

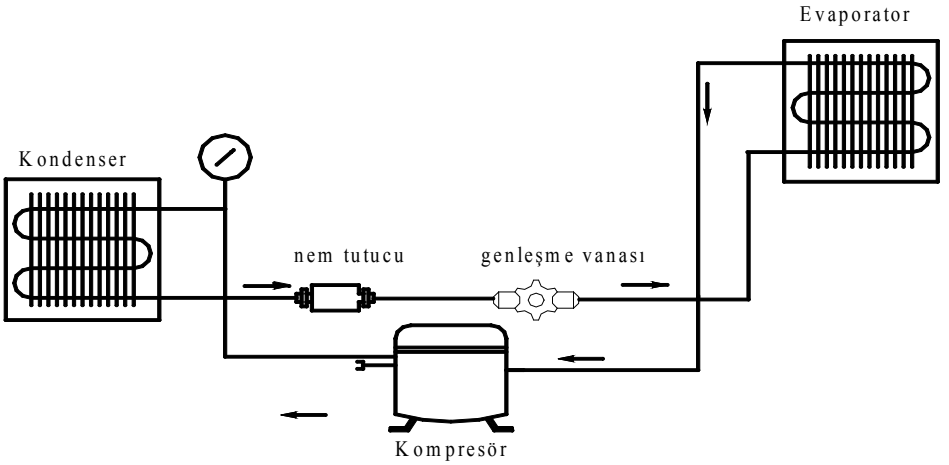
3.3. Buhar Sıkıştırmalı Soğutma

Soğutmacılıkta en sık uygulanmakta olan ve en çok tercih edilen sistem buhar sıkıştırmalı soğutma sistemidir. Bu tip soğutma çevriminde sistemde kompresör,

kondenser, (yoğunlaştırıcı) genleştirici (genleşme vanası veya kılcal boru) ve evaporatör (buharlaştırıcı) bulunur. Sistem elemanları bakır boru ile birbirlerine seri olarak bağlanırlar ve kapalı bir devre oluşturulurlar

Sistemin havası boşaltıldıktan sonra sistem içerisine bir miktar çalışma gazı (soğutucu akışkan) enjekte edilir. Sistemin çalışmasını anlamak için genleşme vanasını tam açık kabul edelim. Kompresör çalışmaya başladıktan sonra sistem içerisindeki gazı az bir basınç farkı ile dolaştıracaktır (Şekil 3.9.).

Çevrimde iki farklı basınç ve iki farklı sıcaklık bölgesi bulunur. Basınçlar; emme hattındaki buharlaşma basıncı ya da alçak basınç bölgesi, basma hattındaki yoğunlaşma basıncı veya yüksek basınç bölgeleridir. Sıcaklıklar ise emme hattındaki düşük sıcaklık bölgesi ve basma hattındaki yüksek sıcaklık bölgeleridir. Sistemde kullanılan gazın ısıl özelliği dikkate alınarak soğutulacak hacmin iç şartlarına göre düşük sıcaklık ve dış şartlara göre de yüksek sıcaklık sağlayacak şekilde basınçlar kompresör gücü, gaz miktarı ve genleşme vanası (veya kılcal boru uzunluğu) gibi üç değişkenin bileşkesi ile ayarlanır.



Şekil 3.9. Buhar sıkıştırma çevrimi

Genleşme vanasının yavaş yavaş kısıldığını düşünürsek sistemde iki basınç bölgesi oluşacaktır. Bu basınç bölgeleri: genleşme vanasının gerisinde kompresörün basma ucuna kadar yüksek basınç bölgesi ve genleşme vanasından sonra yine kompresörün emiş ucuna kadar düşük basınç bölgesidir. Genleşme vanası kısıldıkça basınçlar arasındaki oran artacaktır. Yüksek basınç bölgesindeki akışkan sıkıştırıldıkça

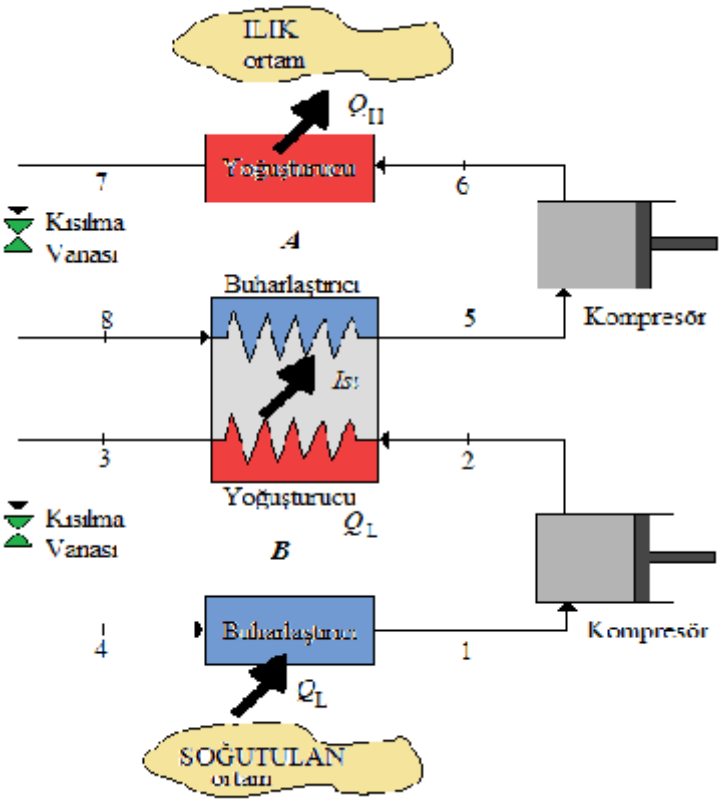
sıcaklığı da artacaktır. Basınç şiddeti sistemdeki soğutucu akışkanın ısıl özelliğine bağlı olarak, belirli bir basınçta ve çevre sıcaklığından yüksek sıcaklıkta yoğunlaştırıcıda ısı atarak yoğunlaşacaktır. Bu yoğunlaşma sırasında yoğunlaşma gizli ısısı açığa çıkar çevre sıcaklığından yüksek sıcaklıkta olduğu için çevreye ısı atılır.

Diğer taraftan genleşme vanasından sıvı halde geçen akışkan, oluşturulan bu düşük basınçta ve düşük sıcaklıkta buharlaştırıcıda buhar hale geçer. Sıvı halden gaz hale geçen soğutucu akışkan buharlaşma gizli ısısını buharlaştırıcıdan alır buharlaştırıcı sıcaklığı çevre sıcaklığının altında olacak şekilde ayarlandığından çevreden buharlaştırıcıya ısı akışı olur. Yoğunlaştırıcıdan atılan ısı buharlaştırıcıda geri kazanılmış olur. Kazanılan bu ısı da akışkana geçer ve buharlaştırıcının bulunduğu ortamda soğuma meydana gelir.

3.3.1. Çok kademeli sıkıştırma ile yapılan soğutma çevrimleri

Düşük sıcaklıklara soğutma yapıldığında buharlaştırıcıdan çıkan doygun kuru buharın istenilen basınca tek kademede sıkıştırılması güçleşir. Buharın ara soğutmalı olarak çok kademeli sıkıştırılması çevrimin performans katsayısını artırıcı rol oynar. Çok kademeli sıkıştırma yaparak kompresördeki basınç oranını düşürmüş oluruz ve kompresörün sıkıştırılma için harcanan iş azalmış olur. Böylece kompresörden çıkan kızgın buhar sıcaklığının aşırı derecede artması da önlenmiş olur.

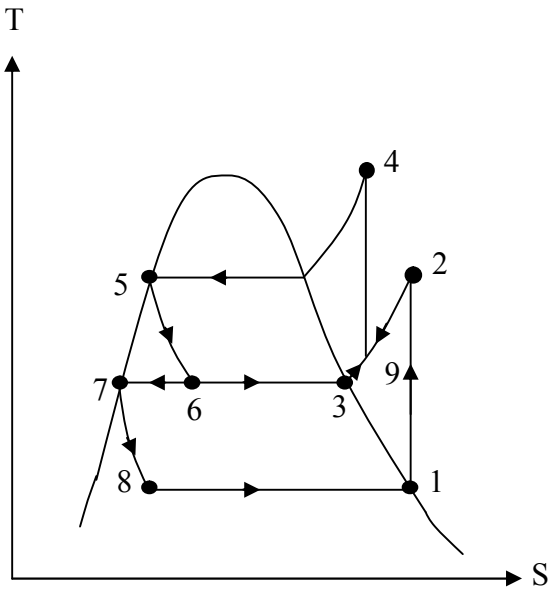
İki kademeli sıkıştırma ile yapılan soğutma çevriminin akım şeması Şekil 3.10'da görülmektedir.



Şekil 3.10. İki kademeli sıkıştırma ile yapılan soğutma çevriminin akım şeması

İki kademeli soğutma çevrimlerinde düşük sıcaklıktaki buharlaştırıcıdan çıkan doygun kuru buhar (1) noktasında birinci kompresöre girer ve bir ara basınca kadar sıkıştırılır. Kompresörden (2) noktasında çıkan kızgın buhar önce soğutma suyu ile soğutulur. Bu kızgın buharı doygun kuru buhar haline kadar soğutabilmek için, birinci genleşme sonucu elde edilen sıvı haldeki akışkandan bir miktar kızgın buhar içine enjekte edilmesi gerekir. (5) noktasındaki doygun kuru buhar ikinci kompresöre girerek burada daha yüksek bir basınca sıkıştırılır. Sıkıştırılan kızgın buhar yoğunlaştırıcıya gider(6). Kondenserde soğutma suyu ile yoğunlaştırılmış olan (7) noktasındaki doygun sıvı birinci genleşme valfinde sabit entalpi'de ara basınca kadar genişletilir. Böylece akışkanın bir kısmı sıvı hale gelirken bir kısmı da buhar haline dönüşür ve (8) noktasından buharlaşma odasına gider. Buharın bir kısmı kuru buhar olarak (5) noktasına bir kısmı da sıvı buhar olarak (3) 2. Kısılma vanasına gider doygun sıvının ikinci valften sonra (4) evaporatör basıncına genleştirilir ve buharlaştırıcıdan doygun kuru buhar olarak çıkar(1) ve soğutma işlemi tamamlanmış

olur. İki kademeli sıkıştırma ile yapılan bir soğutma işleminin (T,S) diyagramında görünüşü Şekil 3.11'de verilmektedir.



Şekil 3.11. İki kademeli sıkıştırma ile yapılan bir soğutma işleminin (T,S) diyagramı

İki kademeli sıkıştırma ile yapılan soğutma çevrimlerinde (2) noktasındaki 1 kg kızgın buharı doygun kuru buhar haline kadar soğutmak için enjekte edilmesi gereken sıvı kütlesi (m) aşağıdaki şekilde ısı denkliği kurularak hesaplanır.

$$m\, h_7 + (1 - m)\, h_2 = h_3 \qquad (3.2)$$

(6) noktasından (3) noktasına geri dönen doygun kuru buhar kütlesini bulmak için önce (6) noktasındaki ıslak buharın kuruluk yüzdesinin hesaplanması gerekir.

$$h_5 = h_6 = x_6\, h_b + (1 - x_6)\, h_s \qquad (3.3)$$

3.4. Soğutma Sisteminin Ana Elemanları

3.4.1. Kompresör



Resim 3.1. Kompresör

Kompresör, sistemde kullanılan soğutucu akışkanın cinsine bağlı olarak değişen gaz pompasıdır (Resim 3.1).

Yukarı ve aşağı hareketli pistonu ya da pistonları vardır. Pistonun aşağı yönlü hareketinde akışkan buharı (gazı) silindir içine alınır. Yukarı yönlü harekette bu gaz sıkıştırılır. Bu arada çekvalf gibi çalışan çok ince valfler vardır ki bunlar gazın sıkıştırılması esnasında geldiği yere dönmesini engeller. Bu pistonlar açılıp kapanarak akışkan basıncını istenen düzeye getirirler. Sıkıştırılmış sıcak gaz boşaltma kanalına gelir. Akışkan sistem bileşenlerine doğru hareket eder.

Soğutma kompresörünün sistemdeki görevi;

- Buharlaştırıcı Soğutucudaki ısı ile yüklü soğutucu akışkanı buradan uzaklaştırmak ve böylece arkadan gelen ısı yüklenmemiş akışkana yer temin ederek akışın sürekliliğini sağlamak.
- Buhar haldeki soğutucu akışkanın basıncını kondenserdeki yoğuşma sıcaklığının karşıtı olan seviyeye çıkarmaktır.

Böylece soğutma süreci istenildiği sürece tekrarlanır. Gazı sıkıştırmamızın sebebi tekrar sıvı fazına geçişi sağlayabilmektir. Bu sıkıştırma gaza biraz daha fazla ısı yükler.

İdeal bir kompresörde aranan genel ve kontrol karakteristikleri:

- Sürekli bir kapasite kontrolü ve geniş bir yük değişimi-çalışma rejimine uyabilme,
- İlk kalkışta dönme momentinin mümkün olduğunca az olması,
- Verimlerin kısmi yüklerde de düşmemesi,
- Titreşim ve gürültü seviyelerinin kısmi ve tam yüklerde ve değişik şartlarda belirli seviyesinin üstüne çıkmaması,
- Değişik çalışma şartlarında emniyet ve güvenirliliği muhafaza etmesi,
- Ömrünün uzun olması ve arızasız çalışması,
- Daha az bir güç harcayacak birim soğutma değerini sağlayabilmesi,
- Maliyetinin mümkün olduğu kadar düşük olması istenir.

Fakat bu karakteristiklerin tümüne birden sahip olan bir kompresör yok denecek kadar azdır. Uygulamalardaki şartlara bağlı olarak yukarıda belirtilen karakteristik özelliklerden en çoğunu sağlayabilen kompresör kullanımda tercih edilecektir.

Genel yapıları itibariyle soğutma kompresörleri:

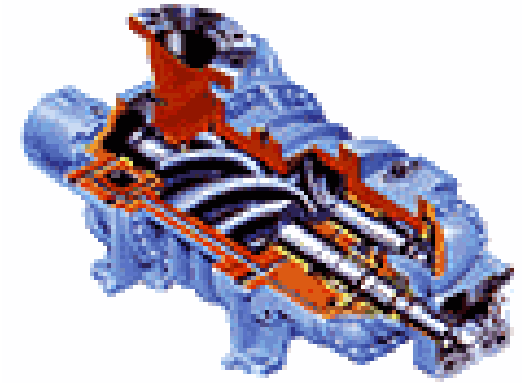
a. Pozitif Sıkıştırmalı Kompresörler
   - Helisel-Vida Tipi Dönel Kompresörler,
   - Pistonlu Kompresörler,
   - Paletli Dönel Kompresörler,
b. Santrifüj Kompresörler olarak sınıflandırabiliriz.

<u>Pozitif sıkıştırmalı kompresörler</u>

Helisel-Vida Tipi Dönel Kompresörler

Çalışma prensibi yönünden dişli yağ pompasına benzeyen bu kompresörler, birisi erkek diğeri dişi bir helisel vida çiftinden meydana gelmektedir. Bu helisel vida çifti bir dış gövde içerisine yerleştirilmiş ve her iki başlarından yataklanmıştır. Dış gövde refrijeran giriş/çıkış ağızlarını da içerir.

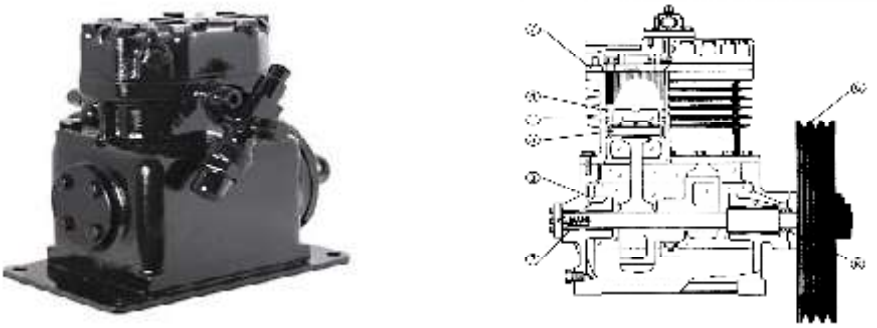
Refrijeran/soğutucu gazın helisel boşluklarındaki hareketi hem radyal hem de aksiyal yönde oluşmaktadır. Helisel dişlilerden birisi (genellikle erkek helisel dişli) tahrik gücünü sıkıştırma işlemine iletir ve bu işlem sırasında diğer dişli serbest durumda tahrik edeni takip ederek döner. Ancak, her iki helisel dişlinin de ayrı ayrı tahrik gücü verilerek, senkronize edilmiş devir sayılarıyla tahrik edildiği tasarımları da mevcuttur (Resim 3.2.).



Resim 3.2. Helisel-Vida Tipi Dönel Kompresörler

Pistonlu Kompresörler

Bir silindir içerisinde gidip gelme hareketi yapan bir pistonla sıkıştırma işlemini yapan bu tip kompresörlerde tahrik motorunun dönme hareketi bir krank/biyel sistemi ile doğrusal harekete çevrilir (Şekil 3.12.).



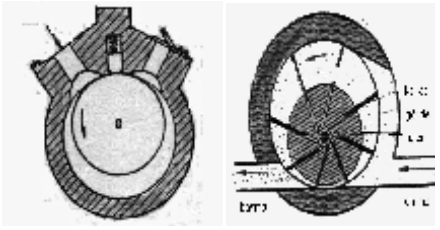
Şekil 3.12. Pistonlu kompresör

Paletli Dönel Kompresörler

Dönel kompresörler, pistonlu kompresörlerin gidip gelme hareketi yerine sıkıştırma işlemini yaparken dönel hareketi kullanırlar. Bu dönel hareketten yararlanma şekli ise değişik türden olabilir. (Tek/dönmeyen paletli tip kompresörler, Çok/dönen paletli dönel kompresörler)

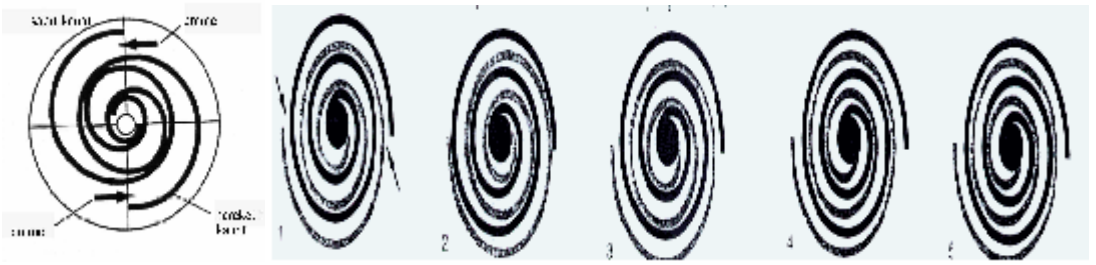
Rotary Kompresörler:

Bu tip kompresörlerde piston yerine, dönel hareketle çalıştıklarından bu şekilde adlandırılır. Genellikle küçük güçlerle çalışan cihazlarda kullanılırlar. Pistonlu kompresörlere göre daha sessiz ve daha az yer kaplarlar. Daha az enerji harcarlar, ancak arıza riski fazla ve onarımı olanaksızdır (Şekil 3.13.).



Şekil 3.13. Roary kompresörler

Scroll kompresörler çalışma prensibi, geleneksel pistonlu ve alternatif kompresörlerin çalışma prensiplerinden çok farlıdır. Arşimet spirali denilen, iki spiralden oluşmaktadır. Bu iki spiral iç içe biri diğerinin içinde olarak pozisyonlaşmıştır ve bu şekilde orak şeklinde bir takım cepler oluştururlar. Sıkıştırma esnasında, spirallerden biri sabit kalır; alttaki spiral ise rotor üzerindeki ekzantrik kısma monte edildiğinden, rotatif değil, yörüngesel olarak hareket ederler **(**Şekil 3.14).



Şekil 3.14. Scroll kompresörler

Santrifüj kompresörler

Santrifüj kompresörlerde pompalama işlemi çarpma-savurma etkisiyle gerçekleşir. Pompalama kuvveti pervane hızına ve donen pervane ile akan akışkanın (soğutucu) arasındaki acısal momente bağlıdır.

Akışları sürekli olduğu için hacimsel kapasiteleri aynı boyuttaki pozitif yer değiştirmeli kompresörlerinkinden daha büyüktür

Kompresörlerde performans faktörü (Hermetik)

Son yıllarda, enerji tasarrufu üzerine çekilen dikkat nedeni ile performans faktörü endüstri için önemli bir hale gelmiştir. Bunun için artık EVO (enerji verim oranı) terimi kullanılmaktadır ve soğutma ve de klima ünitelerinin gerçek performansı *Arı* yönetmeliklerinde onaylanmakta ve listelenmektedir. Bu listeler herkese açıktır ve kıllanacak olan kişiler kendince değerlendirmelerde bulunabilirler.

Kompresör performansına ait öncelikle kompresör tasarım mühendislerinin kullandığı ve soğutma teknisyenleri için pratik kullanımı olmayan dört tanımlama ve ölçü vardır. Bu tanımlama ve ölçüler şunlardır:

- Kompresör verimi sadece silindir içinde olan bitinle ilgilidir. Gerçek sıkıştırmanın, ideal sıkıştırmadan sapmasının bir ölçüsüdür ve silindirin içinde yapılan işe göre tanımlanır.
- Hacimsel verim, strok başına silindire giren taze buhar hacminin piston yer değiştirmesine oranı olarak tanımlanır.

- Gerçek kapasite İdeal kapasitenin ve toplam hacimsel verimin bir fonksiyonudur.
- Fren Beygir Gücü İdeal kompresöre ve kompresörün sıkıştırma, mekanik ve hacimsel verimlerine olan güç girişinin bir fonksiyonudur.

3.4.2. Evaporatör (Buharlaştırıcı)



Şekil 3.15. Evaporatör (buharlaştırıcı)

Bir soğutma sisteminde evaporatör sıvı refrijeranın buharlaştığı ve bu sırada bulunduğu ortamdan ısıyı aldığı cihazdır. Diğer bir ifadeyle, evaporatör bir soğutucudur (Şekil 3.15.).

Kondenserden direkt olarak veya refrijeran deposundan geçerek ve direkt ekspansiyonlu sistemde (kuru tip) ekspansiyon valfi, kılcal boru veya benzer bir basınç düşürücü elemanda adyabatik olarak genişletildikten sonra evaporatöre sıvı-buhar karışımı şeklinde giren refrijeranın büyük bir kısmı sıvı haldedir. Evaporatörde ısı olarak buharlaşan refrijerana, emiş tarafına geçmeden önce bir miktar daha ısı verilmesi ve 3-8 °C arasında kızgınlık verilerek kızgın buhar durumuna gelmesinin birçok faydaları vardır. Bunların en başında, kompresöre büyük zarar verebilen sıvı refrijeranın kompresöre gelmesi gösterilebilir.

Evaporatör tipleri, uygulamanın özelliklerine göre 3 ana grupta toplanabilir;

a. Gaz haldeki maddeleri soğutmak için kullanılan evaporatörler (genellikle hava),
b. Sıvı haldeki maddeleri soğutucu evaporatörler (Su, salamura, antifriz, metilen glikol, kimyasal akışkanlar, vs.)
c. Hava soğutucu evaporatörler

Sıvı taşmalı tip evaporatör

Sıvı taşmalı tip evaporatörlerde ise refrijeran evaporatörde sıvı halde bulunur ve ısıyı alarak buharlaşan kısmı bir sıvı - buhar ayrıştırıcısından (surge tank) geçtikten ve sıvı kısmı ayıldıktan sonra buhar halinde kompresöre ulaşır. Sıvı refrijeranın evaporatöre beslenmesi seviye kumandalı (flatörlü, manyetik. vs.) bir vana ile yapılır. Sıvı ayrıştırıcı tankta biriken sıvı refrijeran tekrar evaporatöre gönderilir ve soğutma işleminde yararlanır. Direkt veya sıvı taşmalı tertiplerde çalışan evaporatörlerin hepsinde de refrijeran basıncı, kondenser tarafındaki basıncı, kondenser tarafındaki basınca oranla çok daha düşüktür. Bu nedenle, evaporatör tarafına sistemin "*Alçak Basınç Tarafı*" adı verilir.

Cebri hava sirkülasyonlu evaporatörler (ünit soğutuculu)

Cebri hava sirkülasyonu (Forced Convestion) evaporatörler daha az ısı geçiş alanı ile daha yüksek kapasiteler sağlayabilmektedir ve uygulamanın durumu izin verdiği sürece tercih edilir. Türkiye'de Erfos (Airforce) adıyla anılan bu tür soğutucular Ünit soğutucu diye de tanımlanmakta ve hava hareketi çoğunlukla aksiyal/pervane tipi bazen de radyal/santrifüj tip (kanalla hava iletimi ve aşırı basınç kaybı mevcutsa) vantilatörlerle sağlanmaktadır. Bu cihazlar soğutucu, soğutucu serpantin, hava vantilatörü ve damlama tavası ile saç dış muhafazadan meydana gelmektedir. Hava vantilatörü, üfleyici ve emici şekilde çalışacak tarzda yerleştirilebilir.

Hava soğutucu evaporatörler

Hava soğutucu evaporatörler havanın ısı geçirme katsayısı düşük olduğundan bunu telafi etmek ve hava geçiş yüzeylerini arttırmak maksadıyla genellikle kanatçıklar ilave edilir. Isıl film katsayısını daha da arttırmak üzere hava geçiş hızlarını arttırmak için vantilatörlerle cebri bir hava hareketi sağlanabilir.

3.4.3. Kondenser (Yoğuşturucu)



Resim 3.3. Kondenser (Yoğuşturucu)

Kondenser görünüşte evaporatör ile aynıdır (Resim 3.3). Isı transferine etki etmek için aynı temel prensipleri kullanır. Ancak bu kez amaç, sıvı faza geçen akışkan kullanarak çevrimi evaporatör vasıtası ile tamamlamaktır. Bunun içinde ısıyı atmak gereklidir. Sıcak gaz fazındaki akışkanın ısısı tahminen 57.2°C (135°F) ve kondenser kanatçıklarına gelen hava akımı 32.2°C (90°F) olduğu için, eğimli yüzeydeki topun aşağı yönlü yuvarlanması gibi ısı da havaya doğru atılır. Soğutma sürecinin ana tarifinde yer aldığı gibi ısı bir yerden bir yere hareketlenir, yer değiştirir. Kompresör basmaya devam ettiği için soğutucu akışkanın çevrime devam etmesi amacıyla bir basınç yükler. Böylece ısının bir yerden bir yere taşınması prensibi çalışmaya devam eder. Yani kondenserdeki ısı alış–verişinin üç safhada oluştuğu düşünülebilir; kızgınlığın alınması, refrijeranın yoğunlaşması ve aşırı soğutma.

Kondenserler kullanılış şekillerine göre 4 ana gruba ayrılır. Bunlar:

a. Doğal çekişli (ev tipi soğutuculardа)
b. Mekanik çekişli-fanlı (ticari ve endüstriyel soğutma uygulamalarında)
c. Su soğutmalı
d. Evaporatif (buharlaştırmalı)

<u>Hava soğutmalı kondenserler</u>

Özellikle 1 hp’ ye kadar kapasitedeki gruplarda istisnasız denecek şekilde kullanılan bu tip kondenserlerin tercih nedenleri; basit oluşları, kuruluş ve işletme masraflarının

düşüklüğü, bakım–tamirlerinin kolaylığı şeklinde sayılabilir. Ayrıca, her türlü soğutma uygulamasına uyabilecek karakterdedir (ev tipi veya ticari soğutucular, soğuk odalar, pencere tipi klima cihazları gibi). Çoğu uygulamalarda, hava devridaim fanı, açık tip kompresörün motor kasnağına integral şekilde bağlanır ve ayrık bir tahrik motoruna ihtiyaç kalmaz.

Kondenserin alanın takriben % 85' i yoğuşturma olayına hizmet eder ki kondenserin asli görevi budur. % 5 civarında bir alan kızgınlığın alınması ve % 10 ise aşırı soğutmaya (subcooling) hizmet eder. Hava soğutmalı kondenserlerde yoğuşan refrijeranı kondenserden almak ve depolamak üzere genellikle bir refrijeran deposu (receiver) kullanılması usul haline gelmiştir. Bundan maksat, kondenserin faydalı alanını sıvı depolaması için harcamaktadır.

Su soğutmalı kondenserler

Bilhassa temiz suyun bol miktarda, ucuz ver düşük sıcaklıklarda bulunabildiği yerlerde gerek kuruluş ve gerekse işletme masrafları yönünden en ekonomik kondenser tipi olarak kabul edilebilir. Büyük kapasitedeki soğutma sistemlerinde genellikle tek seçim olarak düşünülür. Kondenser seçiminde de suyun basınç düşümü (sürtünme ve diğer akış kayıpları sebebiyle) önemli olup 5–7 mSS seviyesine aşmamalıdır. Aksi halde aşırı halde sirkülasyon pompası manometrik basıncı gerekecek ve güç sarfı artacaktır. Diğer bir husus kondenserin çalışma şartlarında gereken "*aşırı soğutmayı*" (subcooling) sağlamasıdır. Özellikle sıvı refrijeran gidiş borusu uzun olan veya basınç kaybı meydana getiren vana, dirsek, drayer gibi elemanların veya düşey yükselmesinin fazla olduğu uygulamalarda sıvı refrijeran köpürmesi olayı meydana gelerek kapasitenin önemli derecede düşmesine sebep olur ki bunu önlemek için sıvıyı "aşırı soğutması" gereklidir. Bu maksatla, kondenserin en alt seviyesine, sıvı refrijeranın içine daldırılmış soğutucu boruları konulur.

Evaporatif kondenserler

Hava ve suyun soğutma etkisinden birlikte yararlanılması esasına dayanılarak yapılan evaporatif kondenserler bakım ve servis güçlükleri, çabuk kirlenmeleri, sık

sık arızalanmaya müsait oluşları nedeniyle gittikçe daha az kullanılmaktadır. Evaporatif kondenserler, hava ve su gibi yoğuşturma vasıtaları ile sıcak gazın sıvıya dönüşmesini sağlar. Evaporatif kondenserde su akışkan boru demetleri üzerine fıskiyeler (meme) yardımıyla püskürtülür. Alt kısımdaki haznede toplanan su pompa yardımıyla tekrar emilerek fıskiyelere gönderilir. Eksilen su şamandıralı sistemle ilave edilir. Evaporatif kondenserler içten çekmeli ve içe üflemeli tip olarak 2 ye ayrılır.

3.4.4. Kılcal (Kapiler) boru



Resim 3.4. Kılcal boru

Yoğuşturucu ile buharlaştırıcı arasına yerleştirilmiş Evaporatörde istenilen basınç düşümünü sağlamak amacıyla, çoğunlukla iç çapı 0,5 ile 2,00 mm. arasında değişen ve iç çapa bağlı olarak arzu edilen basınç düşümü için yeterli uzunlukta kılcal (kapiler) boru kullanılır. İç çapı çok küçük olduğu için bu adı alır. Kılcal boru, genleşme elemanları içinde en basit ve en ucuz soğutucu kontrol veya akış ayar elemanıdır (Resim 3.4).

Esas itibariyle iki görevi vardır.

- Kondenserden çıkan sıvı haldeki akışkanın basıncını düşürerek ve miktarını ölçerek (gerekli miktarda) evaporatöre ulaştırır.
- Kompresör durduğu zaman alçak ve yüksek basınç devreleri arasında bir köprü vazifesi görerek yüksek basınç tarafındaki akışkanın alçak tarafına geçmesini sağlar. Böylece her iki devre basıncı birbirine eşitlenmiş olur (dengeleme olayı)

ve kompresör tekrar kalkış yaparken büyük bir basınç yükü ile karşılaşmaz ve daha kolay devreye girer.

Çalışma prensibi:

a. Küçük kesitli uzun boruda büyük basınç kaybı oluşur böylece kılcal boru içerisindeki sıvı gazdan daha kolay ve çabuk hareket eder,
b. Evaporatöre sıvı yığılması olduğunda evaporatör basıncı artar ve bu basınç artışı kılcal borudaki dönüşümü artırır ve akış yavaşlar
c. Kompresör durduğu zaman kılcal boru sıvıyı geçirmeye devam eder ve böylece alçak ve yüksek basınç tarafları dengelenir. Bu da kompresörün kalkışı esnasında zorlanmasını önler.
d. Kılcal boruda kızgınlık ayarı yapılmaz. Ancak borunun çapı ve boru değişimi yoluyla basınç farklılıkları elde edilebilir.

3.4.5. Termostatik genleşme valfi



Resim 3.5. Termostatik genleşme valfi

Termostatik genleşme valfleri, soğutucu sıvının evaporatörlere püskürtülmesini ayarlar. Püskürtme soğutucunun kızgınlığı ile kontrol edilir. Valfler özellikle "kuru tip" evaporatörlere likit basılması için uygundur. Kabaca termostatik genleşme valfi, evaporatör serpantinlerindeki soğutucu miktarını kontrol eder (Resim 3.5.).

Emme basıncı düştükçe genleşme valfi, evaporatöre daha fazla soğutucu girmesini sağlar ve emme basıncı yükseldikçe genleşme valfi, basıncı sabit bir seviyede koruyarak evaporatöre daha az miktarda soğutucu akışkan girmesini sağlar. Valften bu şekildeki soğutucu akışı, ısı yüküne bağlı olmaksızın ünitenin azami seviyede soğutma yeteneğine sahip olmasını sağlar. Genleşme valfi, sistemin yüksek ve alçak basınçlı taraflarını ayırmaktadır. Termostatik genleşme valfleri, içten dengelemeli ve dıştan dengelemeli valfler olarak iki çeşittir.



Resim 3.6. Dıştan dengelemeli



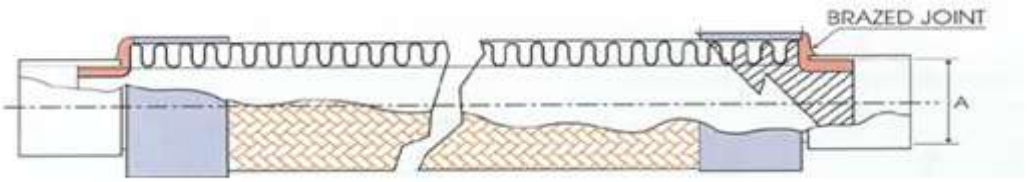
Resim 3.7. İçten dengelemeli

Evaporatördeki basınç düşümünü telafi etmek için dıştan dengelenmiş valf kullanılır. Bu valfte, içten dengeleme memesi çıkarılır ve diyafram altındaki basınç, termostatik hissedici ucun yanındaki evaporatörün çıkışından alınır. Bütün diğer durumlar, içten dengelemeli valf ile aynıdır.

İçten dengelemeli tip valflerde valf çıkış basıncı, gövde içindeki bir kanal vasıtasıyla termostatik elementin diyaframının altına iletilir. İçten dengeli valfler, evaporatördeki basınç kaybına karşılık gelen sıcaklık düşümü 1 K geçmediği, bir kompresör ve evaporatörlü soğutma sistemlerinde kullanılır (Resim 3.6.). Dıştan dengelemeli tipte ise evaporatör ve/veya distribütördeki basınç kaybının yüksek olduğu soğutma sistemlerinde, performansı artırmak için kullanılır (Resim 3.7.).

3.4.6. Susturucu

Genellikle pistonlu kompresörlerin uzak mesafedeki kondensere refrijeran gazı basmasında daha etkin şekilde ortaya çıkan periyodik piston darbelerinin yutulması, gürültünün alınması maksadıyla kullanılır (Şekil 3.16.).



Şekil 3.16. Susturucu içyapısı

3.4.7. Alçak veya yüksek basınç otomatikleri (Prosestatlar)



Resim 3.8. Prosestat

Prosestatlar özellikle soğutma ve iklimlendirme tesislerindeki kompresörleri çok düşük emme ve çok yüksek basma basıncından korumak amacı ile kullanılır (Resim 3.8). Basınç kontrol cihazları, kompresörleri ve hava soğutmalı kondenserlerin fanlarını çalıştırmak ve durdurmak için de kullanılabilirler. Prosestatlar, tek kutup çift kontak değiştirme anahtarları içerirler. Anahtar pozisyon, prosestat ayarı ve bağlantı yerindeki basınca bağlı olarak değişir.

Soğutma sisteminin alçak basınç/emiş, yüksek basınç/basma tarafındaki basınçları çalışma esnasında sürekli olarak izleyip tehlikeli sınırlara ulaştığında kompresör motorunu durdurmak üzere sisteme bağlanırlar. Alçak basınç ve yüksek basınç otomatikleri ayrı ayrı ve tek başına uygulanabildiği gibi hem alçak hem yüksek basınç değerlerini izleyip her iki değeri sınırlamak üzere kumanda veren kombine basınç otomatikleri şeklinde de uygulanır. Alçak basınç otomatiği aynen işletme ayar ve kontrol elemanı olarak uygulandığı şekilde soğutma devresine bağlanır. Ancak, ayar değeri olarak daha düşük ve emniyetli sınırın alt değeri alınarak ayar edilir.

3.5. Soğutma Sisteminin Ara Elemanları



Resim 3.9. Soğutma cihazlarında kullanılan ara ekipmanlar
a)Drayer b)Sıvı toplama deposu c)Monametre d)Termometre e)Valfler f) Prosestat g) Isıtıcı h) Yağ ayırıcı i) Yağ seviyesi kontrol cihazı j) Gözetleme ve nem kontrol cihazları

3.5.1. Drayer (Kurutucu)



Resim 3.10. Drayer

Drayer (filtre-kurutucu) sistemdeki su ve nemi etkin şekilde tutmaya, zararlı asitlere karşı devreyi korumaya yarayan bir dış muhafaza ile dolgu maddelerinden oluşan sıvı hattı elemanıdır (Resim 3.10.).

Aynı zamanda, devre üzerinde hareketli parçaların da aşıntılarını, talaş, kaynak çapağı, tortu vb. pislikleri de tutar. Filtrasyon (süzme) sırasında yabancı tanecikleri ve yağı ayrıştırarak istenmeyen maddeleri de bünyesinde toplar.

3.5.2. Soğutucu akışkan sıvı toplama deposu

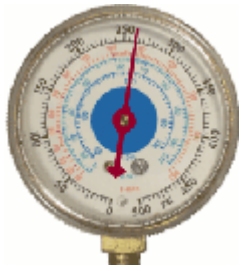


Resim 3.11. Soğutucu akışkan sıvı toplama deposu

Sıvı soğutucu akışkan toplanma deposu, servis maksadıyla soğutucu akışkanların sistemden toplanıp depolanması, sistemde meydana gelen dalgalanmaların karşılanması, bazı soğutma sistemlerindeki sıvı depolama gereksiniminin karşılanmaları maksatlarıyla kullanılır (Resim 3.11.).

Genel anlamda sistemin yüksek basınç tarafında, sıvı ile sıcak gaz arasında bir yastık/tampon vazifesi görmek, evaporatöre sıcak gazın gitmesini önlemek maksadıyla kullanılır.

3.5.3. Manometre



Resim 3.12. Manometre

Gaz veya sıvı akışların basıncını ölçme amaçlı kullanılır. U şekilli bir borudan oluşur. Boru içindeki sıvıya yapılan akışkan basıncına bağlı olarak ölçüm yapar. Soğutmacılıkta kullanılan manometreler çoğunlukla "yüksek basınç tarafı " (0 atm ile 20 atm arası taksimatlı) ve "alçak basınç tarafı" (760 mmHg vakum ile 10 atm) adıyla anılırlar (Resim 3.12).

3.5.4. Termometre

Sıcaklıkların ölçüldüğü değişik birçok ölçü aletleri vardır ki bunlara genellikle termometre denir. Civalı, alkollü termometreler en ucuz ve basit sıcaklık ölçü cihazlarıdır. Artık günümüzde dijital göstergeli termometreler kullanılmaktadır.

3.5.4. Vanalar

Açma-kapama vanaları



Resim 3.13. Açma kapama vanası

Vananın takılmış olduğu hattaki soğutucu akışkan geçmişini durduran veya açan elle kumandalı akış kontrol elemanıdır. Kullanıldığı sistemdeki sayısı mümkün olduğunca az olmalıdır (Resim 3.13).

Servis vanaları

Bu tip vanalarla sistemdeki soğutucu akışkanı atmosfere veya silindire tahliye etmeden sisteme şarj manifoltu bağlanarak sıvı veya buhar halde akışkan deşarjı yapılabilir. Sıvı deposu çıkışındaki servis vanası, ileri konuma getirilerek akışkan kondenserde toplanabilir, tamir sistemin servis veya tamir yapılacak bölümünü diğer bölümlerden ayırmak mümkündür.

Çıkış sıcak gaz by-pass vanaları

Birçok soğutma ve klima sisteminde, düşük/kısmi yüklerde, serpantin yüzeyinde karlanmayı önlemek veya emiş basıncının emniyetli seviyelerin altına düşmesini

önlemek maksadıyla, minimum bir evaporatör basıncını muhafaza etmek gerekir. Bu da kompresörden çıkan sıcak gazın bir kısmını emiş tarafına sevk etmekle (by-pass ile) sağlanabilir.

Çıkış basıncı kontrol vanaları

Sistem için gerekli olan sıvı toplama deposu basıncını sağlamak için kondenser ile sıvı toplama deposu basınçları farkını hissederek bu fark belirli bir seviyeyi aştığında sıcak gazı sıvı toplama deposuna sevk ederek sistem için gerekli olan basıncı sağlayan bir "Basınç farkı kontrol vanası (BFKV)" kullanılır. Böylece, ÇBKV etkisiyle, soğuk havalarda kondensere sıvı yığılıp kondenzasyon basıncı yükselecek ve sıvı toplama deposu basıncına göre farkı belirli bir sınırı aştığında (tahmini 1-1.5 At.) BFKV açılarak sıvı toplama deposuna, basıncı yükselmiş sıcak gaz sevk edecek, sıvı toplama deposu basıncı da böylece yükselmiş olacaktır. Bu amacı gerçekleştirmek için kullanılan cihazlardır. ÇBKV basınç ayarı değeri, kullanılan soğutucu akışkan cinsine göre değiştirilerek yoğuşma sıcaklık/basınç uyumluluğu sağlanır.

Çekvalfler

Geri tepme valfleri, soğutma tesisatlarında, normal akış yönün tersi yönde bir akışın meydana gelmemesi istenen yerlerde kullanılır. Geri tepme valfi, normal yöndeki akış sırasında valfin giriş ve çıkış ağızları arasında meydana gelen basınç farkı/kaybı ile açılır. Bu basınç farkı çok azaldığında veya çıkış tarafı basınç giriş tarafından daha yüksek bir seviyeye geldiğinde valf kapanır. Valf ani hareketlerle açılıp-kapandığı için içersinde genellikle valfin zarar görmemesi için bir yay bulunur.

Selenoid valfler ve bobinler

Soğutma sisteminde, sıvı veya gaz haldeki soğutucu akışkanın akışını elektrik sinyaliyle, uzaktan kumandalı bir şekilde açıp kapatabilmeye yararlar. Vananın normal açık (elektrik sinyali yok iken açık) veya normal kapalı yapılış şekline göre valf, yerçekimi etkisiyle, yay etkisiyle veya akışkanın kendi basıncıyla normal konumda iken, elektrik sinyali ile meydana gelen magnetik bir alanın sağladığı hareket vasıtası ile normalin aksi konuma girer (açık ise kapatır, kapalı ise açar).

Emniyet valfleri ve tapaları

Soğutma sisteminde, basınç seviyelerinin emniyet sınırlarını aşmasını önlemek maksadıyla kullanılırlar. Basıncın aşırı artması halinde, basınca sebep olan akışkanın atmosfere veya basınca daha alçak seviyede olan tarafa sevk etmek suretiyle bunu önlerler. Emniyet tapaları, belirli bir basınç farkında yüksek basınç ile alçak basınç/atmosfer tarafını irtibatlandıracak şekilde yapılmış basit parçalardır. Basınç farkının artması ile tapanın içindeki dolgu (Fusible plug) veya disk (rupture disk) patlayarak basıncın düşürülmesini sağlar.

Su regülatör vanaları

Su ile soğutmalı kondenseri havi bir soğutma sisteminde, soğutucu akışkan yoğuşma basıncı veya sıcaklığının muhafazası maksadıyla kullanılır. Sıcaklık kumandalı vanalar aynen bir boyler, eşanjör ve benzeri uygulamada kullanılan termostatik valfler gibidir.

Su vanaları

Basınç kontrollü su vanaları, su soğutmalı soğutma tesislerinde su akışını ayarlar; Kondansasyon basıncını ayarlanabilir şekilde düzenlerler ve bunu tüm çalışma boyunca sabit tutarlar. Soğutma tesisi çalışmadığında, soğutma suyu akışı otomatik olarak kapatılır.

Sıcaklık kontrolü su vanaları, kondansasyon basıncını düzenlemek amacı ile kondensere su girişini kontrol eder. Bu vanalar belirtilen aralıklara uygun diğer uygulamalar ve tuzlu su (salamura) içinde uygundurlar. Sıcaklık kontrolü su vanaları, duyarga sıcaklığı arttığında açılırlar.

Küresel vanalar

El ile kontrol edilen, iki pozisyonlu küresel kapatma vanasıdır. Soğutma derin dondurma ve iklimlendirme tesislerinin likit emme ve sıcak gaz hatlarında kullanılır.

3.5.6.Basınç kontrol cihazları (Prosestat)

Elektronik sıcaklık prosestatı



Resim 3.14. Elektronik sıcaklık transmitleri

Kesin sıcaklık regülasyonunun istendiği tesislerdeki ortam sıcaklığını ayarlayan evaporasyon basıncı ile kontrol edilen elektronik sistemi oluşturur. Sistem; süpermarketlere, meyve, sebze ve et ürünleri için soğuk odalar, iklimlendirme tesisleri ve gelişmiş elektronik ekipmanlara sahip soğutma tesisleri için tasarlanmıştır. Elektronik sistem ortam sıcaklığını sürekli izleyerek bu sıcaklığın dar sınırlar (<+/- 0,5^{o}C) arasında tutulmasını sağlar. Su kaybını minimum düzeyde tutmak için kullanılmaktadır (Resim 3.14.).

Karter basıncı düzenleyiciler

Bu elemanlar, kompresör karter basıncını (valfin çıkış tarafındaki basıncı) sınırlamak suretiyle kompresör motorunun aşırı yüklenmesini önler. Normal bir duruş periyodu veya bir defrost periyodundan sonra karter basıncı ve emiş basıncı yükselmeye elverişlidir. Böyle bir basınç düzenleyici kullanılması suretiyle emiş ve karter basıncının belirli bir seviyeyi aşmaması sağlanır.

Evaporatör basınç prosestatı

Giriş tarafındaki basıncı devamlı olarak ayarlanan seviyede tutmak üzere yapılmış valf türünden olup evaporatör çıkışlarına konulmak suretiyle evaporasyon basıncını ve dolayısıyla sıcaklığını belirli bir seviyenin üzerinde tutmaya yarar. Bundan maksat, serpantin karlanmasını önlemek, su soğutuculardа suyun donmasını önlemek hava soğutuculardа nemin aşırı yoğuşumunu önlemek. Evaporasyon basınç regülâtörü, evaporatöründen sonraki emme hattına bağlanmalıdır. Sabit bir evaporasyon basıncı ve bunun sonucunda sabit bir evaporatör yüzey sıcaklığı sağlar. Regülâtör ayarlanabilir.

Kondenzasyon basınç regülatörleri

Hava soğutmalı kondenserli soğutma ve iklimlendirme tesislerinde sabit ve yeterince yüksek kondenser ve sıvı toplama deposu basıncının sürdürülmesi için kullanılır.

3.5.7. Isıtıcılar

Karter ısıtıcılar

Karter ısıtıcısı kullanılmasını amacı, kompresör karterindeki yağlama yağını sistemin diğer kısımlarından daha sıcak tutmak suretiyle yağın soğutucu akışkanı absorbe etmesini önlemek, sıvı haldeki soğutucu akışkanı tekrar buharlaştırıp geri göndermektir. Karter ısıtıcısı seçilirken, ısıtma gücünün aşırı ısınmaya ve yağın karbonlaşmasına neden olmayacak kapasitede seçilmesine dikkat edilmelidir. Isıtıcının yüzey sıcaklığı maksimum 175 ^{o}C olmalıdır.

Isı değiştiricileri



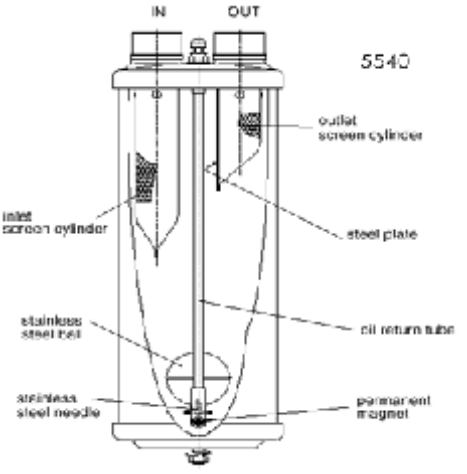
Resim 3.15. Isı değiştiricisi

Isı değiştiricisi, soğutma tesisindeki sıvı ve emme hatları arasında ısı transferi amacı ile kullanılır. Kullanım amacı yalıtımsız emme hatlarında ortamdaki havaya gidecek olan soğutma etkisinden yararlanmaktır. Isı değiştiricisinde bu etki kullanılarak soğutucu sıvı aşırı soğutulur (Resim 3.15.).

3.5.8. Yağ ayırıcılar



Resim 3.16. Yağ ayırıcı



Şekil 3.17. Yağ ayırıcı

Gerek pistonlu ve gerekse dönel tip soğutma kompresörlerinde yağlama maksadıyla kullanılan yağlar soğutucu akışkanla birlikte soğutma sisteminin diğer kısımlarına da gider. Yağlama yağının bu şekilde soğutma sistemine dağılmasını tamamıyla önlemek mümkün değildir, ancak sisteme giden yağlama yağının miktarını asgari

seviyede tutma gerekliliği doğmuştur. Bu amaca hizmet etmek için de yağ ayırıcılar kullanılmaktadır (Resim 3.16. ve Şekil 3.17.).

3.5.9. Yağ seviyesi kontrol cihazı



Resim 3.17. Yağ seviyesi kontrol cihazı

Soğutma sisteminin istendiğinde karter yağ seviyesinin kontrolünü ve yağın belirli bir seviyede muhafaza edilebilmesi sağlamak amacıyla yağın depolanarak ölçülü bir şekilde kompresöre verilmesini sağlar (Resim 3.17.).

3.5.10. Gözetleme ve nem kontrol cihazları



Resim 3.18. Gözetleme ve nem kontrol cihazları

Soğutma sistemindeki sıvı soğutucu akışkanın akışını veya seviyesini görmek, soğutucu akışkan içinde bulunabilecek nemi kontrol etmek ve soğutucu akışkan şarjı hakkında bilgi almak maksatlarını yerine getirmek üzere değişik türden gözetleme, seviye ve nemi kontrol etme elemanları geliştirilmiştir (Resim 3.18.). Sıvı gözetleme maksadıyla kullanılan ve gözetleme camı (Sight glass) adıyla anılan eleman, genellikle filtre/kurutucudan hemen sonra ve sıvı kontrol elemanından (TGV, flatör vanası v.b.) önce konulur.

4. SOĞUTUCU AKIŞKANLAR

Buhar sıkıştırma çevrimi esasına göre çalışan soğutma sistemlerinde, ısı'nın taşınması görevini yapan ara maddeler "*Soğutucu akışkan*" veya "*Soğutkan*" adıyla tanımlanmaktadır [15].

Soğutucu akışkanlar ısı alış–verişini sıvı halden buhar haline (soğutucu/evaporatör devresinde) ve buhar halden sıvı hale (yoğuşturucu/kondenser devresi) dönüşerek sağlarlar.

Soğutucu akışkanların, yukarıda tarif edilen görevleri ekonomik ve güvenilir bir şekilde yerine getirebilmesi gerekir. Bunun için de soğutucu akışkan olarak kullanılan maddelerin bazı kimyasal ve fiziksel özelliklere sahip olması beklenir.

Özellikle emniyet ve güvenilirlik yönünden iyi olan, ayrıca iyi bir ısıl özelliği de sahip olan soğutucu akışkan için 1920'lerde yapılan araştırmalar Fluorokarbon soğutucu akışkanların (florine edilmiş hidrokarbonların) bulunmasına olanak sağlamıştır. Halokarbon (halojene edilmiş hidrokarbonlar) ailesinden olan fluorokarbonlar, metan (CH_4) veya etan (C_2H_6) içerisindeki hidrojen atomlarından bir veya birkaçının yerine sentez yoluyla klor, flor veya brom (halojen) atomları yerleştirmek suretiyle elde edilmektedir.

Soğutucu akışkan olarak kullanılan başlıca saf soğutucu akışkanlar Çizelge 4.1.'de, farklı soğutucu akışkanların karışımları ile elde edilmiş olan karışım halindeki başlıca soğutucu akışkanlar da Çizelge 4.2.'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Başlıca saf soğutucu maddeler [16]

Soğutucu Madde	Kimyasal Tanımı	Kimyasal Formülü	Notlar
R-11 (CFC-11)	Triklorflormetan	$CFCL_3$	*
R-12 (CFC-12)	Diklorflormetan	CF_2CL_2	*
R-13 (CFC-13)	Klortriflormetan	$CCLF_3$	*
R-13B1 (BFC-13)	Bromtriflormetan	$CBRF_3$	*
R-22 (HCFC-22)	Klordiflormetan	CHF_2CL	**
R-23 (HCF-23)	Triflormetan	CHF_3	***
R-32 (HCF-32)	Diflormetan	CH_2F_2	***
R-113 (CFC-113)	Triklortrifloretan	$C_2F_3CL_3$	*
R-114 (CFC-114)	Diklortetrafloretan	$C_2F_4CL_2$	*
R-115 (CFC-115)	Klortentafloretan	C_2F_5CL	*
R-123 (HCFC-123)	Diklortrifloretan	$C_2HF_3CL_2$	***
R-125 (HFC-125)	Pentafloretan	CF_3CHF_2	***
R-134a (HCF-134a)	Tetrafloretan	$C_2H_2F_4$	***
R-141b (HCFC-141b)	Flordikloretan	$C_2CL_2FH_3$	***
R-143a (HFC-143a)	Trifloretan	CF_3CH_3	***
R-152a (HCF-152a)	Difloretan	$C_2H_4F_2$	***
R-290 (HC-290)	Propan	C_3H_8	***
R-600(HC-600)	Bütan	CH_3	***
R-600a(HC-600a)	İzobütan	$CH(CH_3)_3$	***
R-717	Amonyak	NH_3	***
R-718	Su	H_2O	***
R-744	Karbondioksit	CO_2	***
R-764	Sülfürdioksit	SO_2	***

* Montreal Protokolü kapsamında üretimi ve kullanımı yasaklanan veya kısıtlamaya tabi tutulan soğutucu maddeler.

** Montreal Protokolü kapsamında henüz üretimi ve kullanımı yasaklanmayan, kısıtlamaya tabi tutulan maddeler, geçiş dönemi alternatif soğutucu maddeleri.

*** Montreal Protokolü kapsamında kullanımı yasaklanan veya kısıtlamaya tabi tutulan soğutucu maddelere alternatif maddeler.

Çizelge 4.2. Karşım ile elde edilmiş başlıca Soğutucu Maddeler [16]

Soğutucu Madde	Bileşimi (Ağırlıkça)	Notlar
R401A	% 52 R 22 + % 33 R 124 + % 15 R152a	**
R402A	% 38 R 22 + % 60 R 125 + % 2 R290	**
R404A	% 44 R 125 + % 4 R 134a + % 52 R143a	***
R407A	% 20 R 32 + % 40 R 125 + % 40 R 134a	***
R407B	% 10 R 32 + % 70 R 125 + % 20 R 134a	***
R407C	% 23 R 32 + % 25 R125 + % 52 R134a	***
R410A	% 50 R 32 + % 50 R 125	***
R500	% 73.8 R 12 + % 26.2 R152a	*
R502	% 51.2 R 115 + % 48.8 R 22	*
R507	% 50 R 125 + % 50 R143a	***

* Montreal Protokolü kapsamında üretimi ve kullanımı yasaklanan veya kısıtlamaya tabi tutulan soğutucu maddeler.

** Montreal Protokolü kapsamında henüz üretimi ve kullanımı yasaklanmayan, kısıtlamaya tabi tutulan maddeler, geçiş dönemi alternatif soğutucu maddeleri.

*** Montreal Protokolü kapsamında kullanımı yasaklanan veya kısıtlamaya tabi tutulan soğutucu maddelere alternatif maddeler.

4.1. Soğutucu Akışkanlarda Aranan Özellikler

- Daha az bir enerji (güç) sarfı ile daha çok soğutma elde edilebilmelidir.
- Soğutucu akışkanın buharlaşma ısı'sı yüksek olmalıdır (Daha az soğutkan akışı için).
- Evaporatörde basınç mümkün olduğu kadar yüksek olmalıdır.
- Yoğuşma (Kondenser) basıncı düşük olmalıdır.
- Viskozitesi düşük ve yüzey gerilimi (kılcallığı) az olmalıdır (Bu özellik, yüksek ısı geçişini sağlayan, damlalaşarak yoğuşmayı zorlaştırmaktadır ve kondenserde bu istenmeyen bir özelliktir.).
- Emniyetli ve güvenilir olmalı, nakli, depolanması, kolay olmalıdır.

- Yağlama yağlan ile ve soğutma devresindeki elemanlar ile zararlı sonuç verebilecek reaksiyonlara girmemelidir ve yağlama yağında çözülebilmelidir.
- Soğutma devresinde bulunmaması gereken rutubet (su) ile bulunması halinde bile çok zararlı reaksiyonlar meydana getirmemelidir.
- Sistemden kaçması halinde, bilhassa yiyecek maddeleri üzerinde zararlı etki yapmamalıdır.
- Sistemden kaçması halinde kolay fark edilmeli ve saptanabilmelidir.
- Sistemden kaçarak havaya karışması halinde civardaki insanlara, çevreye ve diğer canlılara zarar vermemelidir. Sistemden, gerektiğinde geri toplanıp kullanılabilmelidir.
- Havaya karıştığında yanıcı ve patlayıcı bir ortam oluşturmamalıdır.
- Çalışma şartlarındaki basınç ve sıcaklıkların en uç sınırlarında dahi ayrışıp çözülmemeli,
- Stabil olmalı ve bütün özelliklerini muhafaza etmelidir.
- Elektriksel özellikleri, bilhassa hermetik ve yarı-hermetik tip kompresörler için uygun olmalıdır.
- Temini kolay ve fiyatı düşük olmalıdır.
- Kritik noktası ve kaynama sıcaklığı, kullanılacağı soğutma sistemine uygun olmalıdır.
- Çevreye uyumlu olmalı [15].

Bu özelliklerin hepsini birden her şart altında yerine getirebilen uluslararası bir soğutkan madde halen mevcut değildir. Fakat yukarıda da belirtildiği gibi, uygulamadaki şartlara göre bunlardan bir kısmı aranmayabilir. Uygulamanın durumuna göre bu özelliklerin gerekli olanlarını sağlayabilen pek çok soğutkan madde mevcut olup bunlar geniş ölçüde kullanılmaktadır.

Soğutucu akışkan olarak kullanılan maddelerin bazılarının fiziksel ve termodinamiksel özellikleri aşağıda verilmiştir (Çizelge 4.3.).

Çizelge 4.3. Soğutucu olarak kullanılan maddelerin fiziksel ve termodinamik özellikleri [16]

Soğutucu Madde	Mol Ağırlığı Kg/ Kmol	Normal Kaynama Sıcaklığı 1 Atm'de (°C)	Kritik Sıcaklık (°C)	Kritik Basınç (Pc bar)	TLV (ppm)	LFL (%)	ODP	GWP (100 yıllık)
R 11	137.37	23.8	198	44.1	1000	0	1	3400
R 12	120.91	-29.8	111.8	41.1	1000	0	1	7100
R 13	104.46	-81.4	28.8	38.7	1000	0	0	0
R 22	86.47	-40.8	96.2	49.9	1000	0	0.055	1600
R 23	70.01	-82.1	24.3	4.87	1000	0	0	12100
R 32	52.02	-51.7	78.2	5.8	1000	4	0	580
R113	187.38	47.6	214.1	3.44	1000	0	0.8	5000
R114	170.92	3.8	145.7	32.5	1000	0	0.8	7000
R115	154.47	39.1	79.9	3.15	1000	0	0.6	9300
R123	152.93	27.9	183.8	36.7	10-100	0	0.02	90
R125	120.02	-48.1	66.3	3.63	1000	0	0	3200
R134a	102.03	-26.1	101.1	40.6	1000	0	0	1200
R141b	116.95	32.0	204.7	-	500	7.4	0.11	590
R143a	100.04	-24.1	104.9	3.59	1000	7.4	0	360
R152a	66.05	-24	113.3	4.52	1000	4.8	0	150
R290	44.10	-42.1	96.8	42.6	s.a.	2.1	0	3
R401A	94.44	-33.1	108	9.6	0	0	0.037	0
R402A	101.55	-49.2	75.5	4.13	1000	0	0.021	0
R404A	97.60	-46.5	72.1	3.73	1000	0	0	0
R407A	90.010	-45.5	82.6	4.54	1000	0	0	0
R407B	102.94	-47.3	76.0	0	1000	0	0	0

s.a. : simple asphyxiant; solunum güçlüğü yaratan madde

Çizelge 4.3. (Devam) Soğutucu olarak kullanılan maddelerin fiziksel ve termodinamik özellikleri

R410A	72.56	-50.5	72.5	4.96	1000	0	0	0
R500	99.33	-33.8	105.5	44.3	1000	0	0.7	5400
R502	111.65	-46.6	82.2	40.8	1000	0	0.3	4300
R507	98.90	-46.7	70.9	3.79	0	0	0	0
R600	58.13	-0.4	152	3.8	0	1.5	0	3
R600a	58.13	-11.7	135	3.65	0	1.7	0	3
R717	17.03	-33.3	132.3	113.3	5	15.0		0
R718	18.02	100	374.2	22.1	0	0	0	0
R744	44.01	-78.4 subl.	31.1	73.7	5000	0	0	1
R764	64.07	-10.0	157.5	7.88	2	0	0	0

subl. : sublümleşme sıcaklığıdır.

4.2. Soğutucu Madde Seçimini Etkileyen Ana Etmenler

Alternatif soğutucu madde seçiminde göz önünde bulundurulacak hususlar, seçilecek alternatifin mevcut bir cihazda kullanılan soğutucu madde yerine veya tamamen yeni tasarlanıp imal edilecek bir cihaz için kullanılması durumuna göre değişiklik gösterecektir.

Soğutucu madde seçiminde dikkat edilecek kriterler [16]

Temin edilebilirlik

Alternatif soğutucu maddeler listesinde yer alan ve saf olarak kullanılan tüm maddeler hemen hemen tüm üreticiler tarafından üretilmektedir. Ancak performans özelliklerini ve verimini artırıcı özellikleri eklemek amacıyla yapılan karışımlarda henüz bir standarda ulaşılamamıştır.

Termodinamik ve fiziksel özellikler

Gerek yeni tasarım ve imalatlarda ve gerekse de dönüşümlerde soğutucunun çevrimsel performans ve verimi önemli bir husustur. Dönüşümlerde alternatif soğutucu maddenin termodinamik özellikleri bu açıdan incelenmeli mevcut soğutucuya en yakın alternatif seçilmelidir. Yeni tasarımlarda ise uygulamaya göre optimum verim sağlayacak alternatif seçilmelidir.

Yanma özellikleri

Hidrojen içeren tüm bileşiklerde belirli oranlarda yanma özelliği vardır. Bu nedenle HCFC ve HFC'den oluşan karışımlarda ortaya çıkan yanıcı özellikler farklı karışım oranları ve yanma özelliğini azaltan başka maddelerin ilavesi ile giderilmeye çalışılarak yeni alternatifler bulunmaya çalışılmaktadır.

ODP değerleri

Ozon tahribatına neden olan Cl ve Br içeren tüm soğutucular değişen oranlarda ozon tahribatına neden olmaktadır. Bu nedenle yapılan anlaşmalar çerçevesinde ODP değerleri düşük olan doğal soğutucu maddelere yönelim vardır.

Fiyat

Teknik olarak alternatif soğutucu maddeler mevcut soğutucu maddelere uygun olarak üretilse bile ticari anlamda önem kazanmaları maliyetlerine bağlı olmaktadır.

Yağ değişimi ve yağlarla uyum

Sistemdeki yağın kompresöre geri dönüşünün sağlanması açısından önemli bir yağ özelliği, soğutucu akışkan içinde eriyebilmesidir. Yağın yeteri kadar kompresöre dönmemesi kompresör arızalarına ve genleşme vanası ve serpantinler üzerinde birikimlere neden olmaktadır. Bu da verim düşüklüğü yaratmaktadır. Bu nedenle kullanılacak olan sistemlerde bu sorunlara dikkat çekilmelidir.

4.3. Soğutucu Akışkanların Çevreye Olan Etkileri

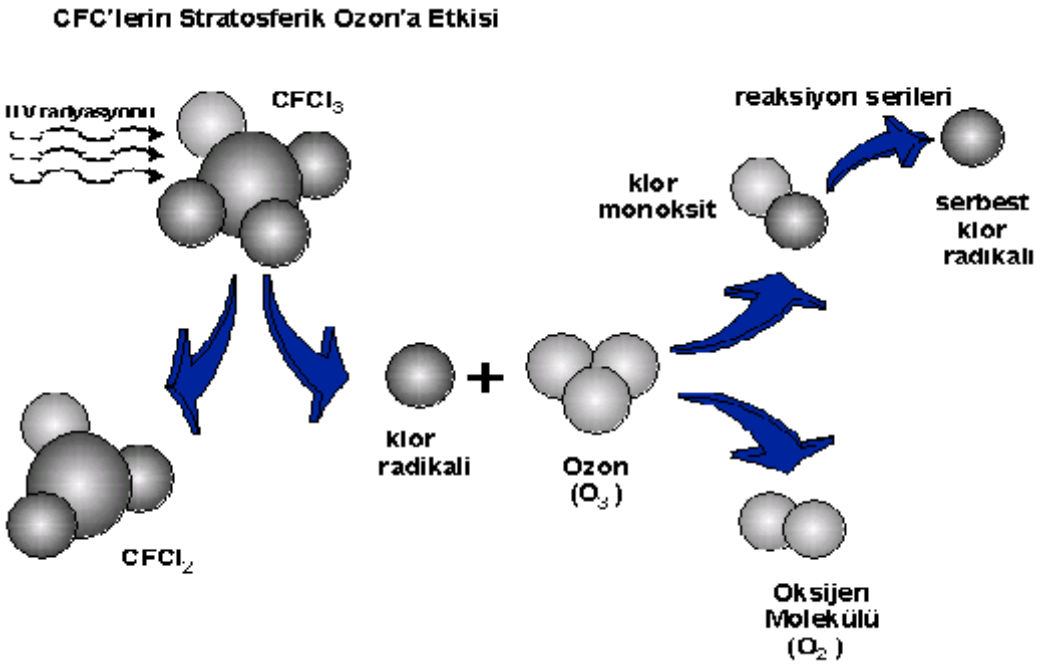
Mevcut sistemlerde kullanılan soğutucu akışkanların ozon delme potansiyellerinin (ODP) yüksek olması nedeniyle ozon tabakasının incelme/delinmesine ve atmosferde uzun süre kalması (GWP) sonucunda da sera etkisine neden olmaktadır.

4.3.1. Ozon tahribatı

Mevcut sistemlerde kullanılmakta olan bazı soğutucu akışkanların ozon tabakasına zarar verebilme (incelmesi ve/veya delinmesi şeklinde) potansiyelleri vardır.

Ozon tabakası, yeryüzünden 15–20 km. yükseklikte başlayan ve 25–30 km.'de maksimum yoğunluğa ulaşan ve canlıları güneşin zararlı UV-B ışınlarından koruyan bir tabakasıdır. Ozon tabakasının en önemli fonksiyonu stratosfere ulaşan bu zararlı güneş ışınlarını tutarak yeryüzüne ulaşmasını engellemektir. Ozon tabakasının dolaylı ya da doğal yollarla incelmesi veya bölgesel olarak yıpratılması nedeniyle yeryüzüne ulaşan bu ışınlar tüm canlıları olumsuz yönde etkilemekte ve ekolojik dengenin bozulmasına neden olmaktadırlar.

CFC türü soğutkanlar Klor ve brom içeren bileşiklerdir ve Ozon tabakasının dolaylı olarak incelmesine veya yıpratılmasına ayrıca sera etkisine neden olurlar. Bu bileşikler atmosfere yayıldığında güneş ışınlarının etkisi ile ayrışmakta, klor (Cl) ve brom (Br) atomları serbest kalmaktadır. Oldukça zayıf bağlara sahip olan ozon molekülleri (O_3) serbest kalan klor ve brom atomları ile reaksiyona girerek brommonoksit (BrO) ve klormonoksit'e (ClO) dönüşmektedir. Bu reaksiyon sonucu O_2 açığa çıkmaktadır. Bu reaksiyon zincirleme devam etmektedir. Açığa çıkan brom ve klor atomlarının stratosferden çıkana kadar binlerce ozon molekülünü etkilemektedir (Şekil 4.1.) [16].



Şekil 4.1. CFC'lerin ozona etkisi [17]

Ozon tabakasının CFC içeren soğutucu maddeler tarafından tahrip edildiğine dair ilk teori 1974 yılında Amerika'lı bilim adamları *Dr. Mario Molina* ve *Dr. Sherwood Rowland* tarafından ortaya atılmıştır. Daha sonraki bilimsel çalışmalar CFC'ların yanı sıra halonların, karbon tetraklorürün ve metilkloroformun ozon tahribatına neden olduğunu göstermiştir.

Bu teoriden yaklaşık 10 yıl sonra 1985 yılında Güney Kutbu üzerinde ilk ozon tahribatı belirlenmiş ve daha sonra aynı tahribatın Kuzey Kutbunda da olduğu gözlenmiştir. Şu an ozon kaybının yoğunlaştığı bölgeler Yeni Zelanda, Avustralya, Güney Arjantin, Güney Şili, Kuzey Amerika, Avrupa, Rusya ve Antarktika'dır.

Yapılan bu çalışmalar neticesinde bazı kimyasal bileşiklerin Ozon tabakasına ne kadar etki ettiği hem de sera etkisi için bazı değerler saptanmıştır (Çizelge 4.4.).

Çizelge 4.4.Bazı kimyasal bileşiklerin hem Ozon tabakasına etkisi hem de sera etkisi için yapılan araştırma sonuçları[18]

No	Kimyasal Formülü ya da % Kütle Karışımı	ODP	GWP 20-100-500 yıl	Emniyet Sınıflandırılması
CFC'lar				
R-11	$C.CI_3.F$	1.00	6.300;4.600;1.600	A1
R-12	$C.CI_2.F_2$	0.95	10.200;10.600;5.200	A1
R-113	$C.CL_2.F.C.CI.F_2$	0.85	6.100;6.000;2.700	A1
R-114	$C.CL.F_2.C.CI.F_2$	0.70	7.500;9.800;8.700	A1
R-500	CFC-12(%74).HCF-152a(%26)	0.70	7.700;7.900;3.900;	A1
R-502	CFC-115(%51).HCFC-22(%49)	0.23	4.900;4.500;5.300	A1
HCFC'lar				
R-22	$C.H.F.CI.F_2$	0.055	4.800;1.700;540	A1
R-123	$C.H.CI_2.C.F_3$	0.020	390;120;36	A1
R-124	$CH.F.CI.C.F_3$	0.022	2.000;620;190	A1
R-401A	HCFC-22(%53).HCF-124(%34).HFC-152a(%13)	0.037	3.300;1.100;400	A1/A1
R-401B	HCFC-22(%61).HCF-124(%28).HFC-152a(%11)	0.040	3.500;1.200;400	A1/A1
R-401C	HCFC-22(%33).HCF-124(%52).HFC-152a(%15)	0.030	2.700;900;300	A1/A1
R-402A	HCFC-22(%38).HCF-125(%60).HC-290(%2)	0.021	5.400;5.700;900	A1/A1
R-402B	HCFC-22(%60).HCF-125(%38).HC-290(%2)	0.033	5.100;2.300;700	A1/A1
R-403A	HCFC-22(%75).HCF-218(%20).HC-290(%5)	0.041	4.800;3.000;3.000	A1/A1
R-403B	HCFC-22(%56).HCF-218(%39).HC-290(%5)	0.030	5.000;4.300;5.100	A1/A1

A1: Düşük zehirlilik

4.3.2. Sera gazları

Atmosferin daha alt tabakalarında Karbondioksit (CO_2) ile Halokarbon ve bazı diğer gazların güneşin ısısını ileten kızıl ötesi (İnfrared) ışınlarını önce dünyamızın tarafına geçirip, geri ışıyan radyasyon ısısını ise büyük ölçüde hapsederek dünyamızın sıcaklığının gitgide yükselmesine neden olmaktadır ki buna "*Sera Etkisi*" denilmektedir.

Günümüzde temel sera gazları karbondioksit (CO_2), Kloroflorokarbonlar (CFC) ve halonlar, metan (CH_4), diazotmonoksit (N_2O) ve ozon olarak (O_3) bilinmektedir. Bunların yapısındaki değişme sera gazlarını doğrudan etkilemektedir.

Karbonmonoksit (CO) ve nitrik oksit (NO) sera gazlarını dolaylı, ozon ve metan hem doğrudan hem de dolaylı olarak etkilemektedir. Sera gazlarının konsantrasyonuna,

uzun dalga boylu radyasyonun emilimi ve atmosferdeki yarılanma ömürleri etkili olmaktadır. Bununla birlikte ($CO_{2)}$ Karbondioksit üretimi, sera etkisinde birinci derecede önemlidir ve CO_2 Karbondioksit atmosferde uzun bir yaşam ömrü vardır.

4.4. CFC İçeren Maddelerle İlgili Uluslararası Antlaşmalar ve Yaptırımlar

4.4.1. Viyana sözleşmesi

Ozon tahribatının önlenmesine yönelik ilk uluslararası girişim 1985 yılında UNEP (Birleşmiş Milletler Çevre Programı) öncülüğünde imzalanan *Viyana Sözleşmesi*'dir. Bu sözleşme taraf ülkelere yükümlülük vermekten çok bu olayı gündemde tutmaya yönelik tavsiyeler içermektedir.

4.4.2. Montreal protokolü

1987 Eylül ayında başta ABD, Japonya, Sovyetler Birliği ve Avrupa Topluluğu ülkelerinin bulunduğu 43 ülkenin katılımı ile *Montreal Protokolü* imzalanmıştır. Montreal Protokolü'ne taraf olan ülkeler ozon tahribatına neden olan maddelerin kullanım miktarlarını 1986 yılı verilerine dayanarak kullanılan toplam miktarın 1995'te % 50, 1997'de % 85 azaltılmasını ve 2000 yılında tamamen kaldırılmasını kabul etmişlerdir. Montreal Protokolü'ne imza atan ülke sayısı 1992'de 80'e, 1994'te 134'e, 1995'te 150'ye ulaşmıştır.

Montreal Protokolü'nün zaman içinde gelişen teknoloji ve değişen bilimsel verilere göre güncellenmesi düşünüldüğünden Haziran 1990'da protokole imza atan ülkeler Londra'da yeniden toplanmıştır. Bu toplantıda kloroflorokarbonların ve halonların kullanımı ve üretimlerinin 2000 yılından önce durdurulmasına ve karbontetraklorür ve metilkloroformun kontrol kapsamına alınmasına karar verilmiştir. Aynı toplantıda gelişmekte olan ülkelerin mali ve teknik yardıma olan ihtiyaçları nedeniyle çok taraflı fon oluşturulması (Multilateral Fund- MF) kararı verilmiştir. Bu fonun Montreal Protokolü 5. maddede tanımlanan (Article 5.Countries) ülkelerin tamamını desteklemesi öngörüldü. UNEP (Birleşmiş Milletler Çevre Programı) UNDP (Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı), Dünya Bankası ve UNIDO (Birleşmiş Milletler Sanayi Kalkınma Örgütü) bu fonun kullanımına yetkili kılındılar. Kasım

1992 tarihinde Kopenhag'da yapılan toplantı ile gelişmiş ülkelerdeki çeşitli OTİM'ler ile birlikte metilbromür ve HCFC'ların kullanımdan kalkma tarihlerinin öne çekilmesi ve gelişmekte olan ülkelerin mali desteklerine devam kararı alınmıştır. 1993 yılında gerçekleşen Bangkok toplantısında 1994–1996 periyodu için çok taraflı fon bütçesi 510 milyon $ olarak kabul edilmiştir.

4.4.3. İklim değişikliği çerçeve sözleşmesi

1992 yılında Çevre ve Kalkınma Konferansında kabul edildi. 21 Mart 1994 tarihinde yürürlüğe girdi ve 188 ülke ile Avrupa Birliği tarafından onaylandı fakat Aralarında Türkiye'nin de bulunduğu altı ülke tarafından onaylanmadı. Amaç, atmosferde tehlikeli bir boyuta varan insan kaynaklı sera gazı emisyonlarının iklim sistemi üzerindeki olumsuz etkisini önlemek ve belli bir seviyede durdurmaktı. Ozon tabakasını incelten maddelere dair Montreal Protokolü ile denetlenmeyen kaynaklardan gelen beşeri kökenli emisyonlar ve tüm sera gazlarını içermekteydi.

4.4.4. Kyoto protokolü

Protokolün yürürlülüğe girmesi iki şarta bağlanmıştır; En az 55 ülke tarafından ve 1990 yılında hesaplanan toplam CO_2 emisyonunun en az %55'inden sorumlu Ek-I ülkeleri tarafından onaylanmalı Protokol, 110 ülke tarafından onaylanmıştır. Protokolü onaylayan Ek-I ülkelerinin oranı %43.9 Rusya Federasyonu'nun payı %17.4'tür. Gelişmiş ülkelerin 2000 yılında Sera Gazı emisyonlarını 1990 yılı seviyesinde tutmak için İDÇS'nin (iklim değişikliği çerçeve sözleşmesi) yetersiz olduğunun kabul edilmesi ile yükümlülüklerin daha sıkı hale getirilmesini amaçlamaktadır.

Birinci taahhüt dönemi sonunda Ek-I listesinde yer alan ülkeler, toplam sera gazı emisyon miktarlarını 1990 yılı seviyesinin en az %5 altına indirmekle yükümlüdürler kararı alınmıştır. Ek-II ülkeleri Ek-I'de yer almayan (gelişmekte olan) ülkelerin masraflarını ödemekle yükümlüdürler. Ek-II'de yer almayan Ek-I ülkeleri 1992'de geçiş ülkesi olarak tanımlanan ülkelerdir. Ek-I'de yer almayan ülkelerin ise sera gazı sorumlulukları yoktur ve her yıl sera gazı envanteri raporu vermelidirler.

Kyoto protokolü 2010 yılında yürürlükten kalkacağı için yerine daha etkin ve kapsamlı olacak yeni bir anlaşma yapmak için ülkeler çalışmalara başlamışlar ve Kopenhag zirvesini düzenlemişlerdir.

4.4.5. Kopenhag zirvesi

Kyoto Protokolünün yakın zamanda sona ereceğinden yerine yeni ve küresel anlamda bağlayıcılığı olan bir anlaşma yapılması gerekliliği ortaya çıkmıştır. Bu kapsamda da 7 Aralık 2009'da Kopenhag ta başlayan ve Türkiyeninde içinde yer alığı 192 ülkenin katıldığı Küresel Isınma ve İklim Değişikliği konulu Birleşmiş Milletler iklim konferansı (COP_{15}) toplanmıştır. Yapılan bu konferansta sera gazı emisyonlarının ülkeler bazında dağılımı konusunda gelişmiş olan bazı ülkelerin taviz vermemesi, küresel güç konumunda olan ülkelerinde yeni çözüm önerilerinde bulunamaması ve gelişmekte olan ülkeler kategorisinde bulunan ülkelerinde ortaya sürülen çözüm önerilerinde kendilerine haksızlık yapıldığı kanaatinde olmaları nedeni ile zirveye katılan ülkeler ortak bir çözüme ulaşamamıştırlar. Çözümü 2010 yılına bırakmışlardır.

4.4.6. Ülkelerin CFC içeren gazlarla ilgili anlaşma ve yaptırımlara yaklaşımı

Montreal Protokolü'ne imza atan ülkeler protokolün öngördüğü yaptırımlara ilave olarak kendi ulusal politikaları doğrultusunda yeni programlar geliştirmekte ve uygulamaktadırlar. Bu yüzden her ülkede CFC tüketim miktarlarındaki azalma oranı farklılıklar göstermektedir. Gelişmiş ülkeler grubunda yer alan ABD, Japonya ve AB ülkelerinin 1986–1993 yılları arasındaki CFC içeren soğutucu madde tüketimleri ile 1993–1996 yılları arasında tüketim miktarlarına bakıldığında:

- ABD'de %50 azalma,
- Japonya'da %33 azalma, görülmüştür.
- Buna karşılık AB ülkelerinde ise % 20 artma gözlenmiştir [16].

Bu farklılığın başlıca sebebi hükümet programlarındaki büyük farklılıklardan kaynaklanmaktadır. Bazı hükümetler en sert tedbirleri alarak yüksek vergiler koymuşlar, boşluk yaratmayacak yasal düzenlemeler getirmişler, Montreal

Protokolü'nün öngördüğü miktarların da altında bir temin kısıtlaması öngörmüşler ve daha güvenli alternatiflerin kullanımını teşvik etmişlerdir. Ülkelerin Montreal Protokolü'nde öngörülen tarihler içinde kalmak kaydıyla CFC ve HCFC 'lar için farklı tarih uygulamalarında değişik etkenler rol oynamaktadır. Bunlar arasında ülkelerin çevre politikaları, o ülkede kullanılan mevcut CFC 'lu cihaz sayısı ve alternatif soğutucu madde temin olanakları, soğutucu madde dönüşüm maliyetleri diğer ülkelere göre ticari konumları ve ekonomik görüşleri sayılabilir.

- Avustralya: 0.174 $/ kg (Bütün üretim ve ithalatlarda)
- Danimarka: 5.45 $/ kg (bütün CFC kullanımlarında)
- ABD: 11.77 $ / kg (üretim ve ithalatta) [16].

Bu vergi oranları ODP değeri (ozon tüketim katsayısı) 1.0 olan maddeler için geçerlidir. Vergi ODP oranına bağlı olarak değişmektedir.[1]

4.5. Soğutma Sistemlerinde Kullanılan Soğutucu Akışkanlar

R-11

R-11 (CCl_3F) düşük basınçlı (0°C 'de 0.40 bar)bir soğutucudur. Kullanıldığı zaman aşırı soğutucu madde kaybını önlemek için kapalı bir sistem kullanımı önerilir.

Ozon tahribatı nedeniyle *üretimi durdurulmuştur*. Yanmaz ve kokusuzdur. Ağırlıklı olarak 350 kw - 10.000 kw soğutma kapasitesi aralığında olan santrifüj su soğutucu ünitelerde (chiller) kullanılmaktadır. Bütün dünyada 60.000 adet su soğutucu ünitede R-11 kullanıldığı tahmin edilmektedir.

R-12

R12 (CCl_2F_2) dünyada bu güne kadar kullanılan tüm CFC ve HCFC içeren soğutucu maddelerin %60'ını oluşturmaktadır. Hacimsel soğutma kapasitesi R-22'nin ve amonyağın % 60'ı kadardır. Alternatif olarak yerine R-134a da kullanılmaktadır.

[1] Rakamlar 1995 yılına aittir [16].

Zehirli, patlayıcı ve yanıcı olmaması sebebiyle tamamen emniyetli bir maddedir. Ancak, açık bir aleve veya aşırı sıcaklığa sahip bir ısıtıcı ile temas ettirildiği takdirde çözüşür ve zehirli bileşkelere ayrışır.

Buharlaşma ısısının düşük olması sebebiyle sistemde dolaşması gereken akışkan debisi fazladır. Bu yüzden ağırlıklı olarak ev tipi soğutuculardа ve araç klimalarında kullanılmaktadır. Büyük sistemlerde ise buhar yoğunluğunun fazlalığı ile birim soğutma için gerekli silindir hacmi R–22, R–500 ve R–717 (Amonyak) den çok farklı değildir. Birim soğutma için harcanan beygir gücü de yaklaşık olarak aynı seviyededir. R-12 kullanıldığında basınçlı hermetik bir sisteme ihtiyaç duyulur.

R-13

R-13 (CC_1F_3) , -70°C ile -45°C arasında kullanılan düşük sıcaklık soğutucusudur.

R-13B1

R-13B1 ($CBrF_3$), yüksek ozon tüketme kapasitesi sebebiyle Montreal Protokolü kapsamında *üretimi ve tüketimi tamamen durdurulmuştur*.

-70 / -45 °C aralığında endüstriyel soğutuculardа kullanılmıştır.

R-23

R-23 (CHF_3) , Düşük sıcaklık soğutucusudur. R-13 için alternatif olarak kabul edilmiştir. R-23 oldukça yüksek sera etkisine sahiptir. Bu etki R-12'ye göre 3 kat fazladır.

R-114

R-114 (CC_1F_2) , yanmayan ve zehirli özelliği olmayan bir soğutucu maddedir.

80°C -120°C arasında endüstriyel ısı pompalarında kullanılmaktadır.

R-143a

R-143a (CF_3CH_3), R-502 ve R-22 için uzun dönem alternatifi olarak kabul edilmiştir. Yanıcı özelliğe sahip olduğundan dönüşüm ve yeni kullanımlarda güvenlik önlemleri göz önünde tutulmalıdır. Sera etkisi R-134a'ya göre iki kat daha fazladır. R-125 R-134a ile birlikte değişik oranlarda kullanılarak R-502 alternatifi karışımlar (R-404A gibi) elde etmek için kullanılmaktadır. Amonyak kullanımının uygun olmadığı düşük sıcaklık uygulamalarında kullanılmaktadır.

R-401A

R-22, R-124 ve R-152a'dan oluşan (ağırlıkça sırasıyla % 52/%33/%15 oranında) ve R-12 için alternatif kabul edilen zeotropik bir karışımdır. HCFC içerdiğinden nihai bir alternatif olmayıp *2030 yılına kadar kullanılabilecektir*.

Bu soğutucu DUPONT tarafından SUVA MP39 adıyla piyasaya sunulmuştur.

R-402A

R-22, R-125 ve R-290'dan oluşan (ağırlıkça sırasıyla % 38/%60/%2 oranında) ve R-502 için alternatif olarak kabul edilen zeotropik bir karışımdır. HCFC içerdiğinden nihai bir alternatif olmayıp *2030 yılına kadar kullanılabilecektir*.

Bu soğutucu DUPONT tarafından SUVA HP80 adıyla piyasaya sunulmuştur.

R-404A:

R-125, R-134a ve R-143a'dan oluşan (ağırlıkça sırasıyla % 44/%4/%52 oranında) ve R-502 için alternatif olarak kabul edilen zeotropik bir karışımdır. HCFC içerdiğinden nihai bir alternatif olmayıp *2030 yılına kadar kullanılabil*ecektir.

Bu soğutucu DUPONT tarafından SUVA HP62 ve ELF-ATOCHEM tarafından FORANE FX70 adıyla piyasaya sunulmuştur.

R-407A / R-407B

R-407A / R-407B R-32, R-125 ve R-134a'dan oluşan (ağırlıkça sırasıyla %20 / %40 / %40 ve % 10 / %70 / %20 oranlarında) ve R-502 için alternatif olarak kabul edilen zeotropik karışımlardır.

Bu soğutucular ICI tarafından KLEA 60, KLEA 61 ve KLEA 66 ve DUPONT tarafından SUVA AC9000 (R407C) adlarıyla piyasaya sunulmuştur.

R-407c

R-32, R-125 ve R-134a'dan oluşan (ağırlıkça sırasıyla % 23/%25/%52 oranlarında) ve R-502 için alternatif olarak kabul edilen zeotropik karışımlardır.

R-407c, yeni tip düşük ve orta kapasiteli endüstriyel ve ticari soğutma sistemlerinde, yüksek devirli veya hermetik dizaynlı veya pistonlu kompresör soğutma sistemlerinde yüksek basınç altında kullanılabilmektedir. R-407c gazının buhar basınç eğrisi ve hacimsel entalpi değerleri R-22 gazı ile aynı olduğunda R-22 ile çalışan mevcut soğutma sistemleri herhangi bir dizayn değişikliği yapılmaksızın R-407c gazı ile çalışır hale getirilebilmektedir.

Ester bazlı kompresör yağları ile uyumlu bir gazdır. Zeotropik özelliğinden dolayı taşırmalı buharlaştırıcılarda kullanılmamalıdır. Özellikleri R-407c yanıcı ve toksit olmayan, basınç altında sıvılaşabilen, renksiz ve hafif etere benzer kokusu olan soğutucu bir gazdır. Ozonla barışık çevreye duyarlı bir soğutucu gazdır.

Kullanım Alanları:

- Split klimalarda,
- Su soğutucularında,
- Düşük ve orta kapasiteli havalandırma sistemlerinde,
- Isı pompalarında.

R-410A

R-32 ve R-125'ten oluşan (ağırlıkça %50 / %50 oranında) azeotropik bir karışımdır. R-410a yeni tip düşük ve orta kapasiteli soğutma sistemlerinde ve R-22 gazının kullanılabildiği sistemlerde kullanılmaktadır. Bazı büyük endüstriyel, ticari ve gemi sistemlerinde (su soğutmalı, vida tipi) kullanılabilmektedir. Termodinamik performansı yüksek olup R-22 gazına oranla daha iyi soğutma kapasitesi ve ısı değiştirme özelliğine sahiptir. R-22 / R-410A dönüşümünde sistemin yeniden tasarlanması gerekmektedir. Bu değişim yapıldığı takdirde sistem verimi R-22'ye göre % 5 daha iyi olmaktadır. Ester bazlı kompresör yağları ile uyumlu bir gazdır.

Sera etkisinin yüksek olması en büyük dezavantajıdır. Bu soğutucu *ALLIED SIGNAL* tarafından GENETRON AZ20 adıyla piyasaya sunulmuştur.

Ozonla barışık çevreye duyarlı bir soğutucu gazdır.

Kullanım Alanları:

- Düşük ve orta kapasiteli havalandırma sistemlerinde,
- Isı pompalarında,
- Soğuk hava depolarında,
- Yüksek basınçlı sistemlerde.

R-500

R-500, R-12 ve R-152a'dan oluşan bir azeotropik karışımdır. Karışım oranı ağırlıkça %73.9 R-12, %26.2 R-152a'dır. Düşük oranda R-12'ye alternatif olarak kullanılmaktadır. R-12'ye göre daha iyi COP değerine ve %10-15 daha yüksek hacimsel soğutma kapasitesine sahiptir.

R-502

R-502, R-22 ve R-115'ten oluşan azeotropik bir karışımdır. Karışım oranı ağırlıkça %48.8 R-22, %51.2 R-115'tir. CFC içerdiğinden üretimi durmuştur. Düşük sıcaklıklarda yüksek hacimsel soğutma kapasitesine sahiptir. -20 -40°C aralığında

R-22'den %1 ile %7 arasında daha yüksek olmaktadır. COP değeri çalışma koşullarına bağlı olarak R-22'den %5-15 daha düşüktür.

En çok kullanıldığı alan soğuk taşımacılık ve ticari soğutuculardır.

R-507

R-507, R-125 ve R-134a'dan oluşan (ağırlıkça %50 / %50 oranında) R-502 için kabul edilen bir alternatiftir.

Bu soğutucu ALLIED SIGNAL tarafından GENETRON AZ50 adıyla piyasaya sunulmuştur.

4.5.1. Doğal soğutucu akışkanlar

Doğada kendiliğinden bulunan gazlardır. Çevreye zararlı etkileri olmayan (ODP=0) ayrıca atmosferde uzun süre kalmayan (GWP değeri düşük) soğutucu maddelerdir.

Amonyak (R-717)

Bugün, fluokarbon ailesinin dışında geniş ölçüde kullanılmaya devam edilen tek soğutucu akışkan amonyak'tır. Amonyak buharı zehirleyici (ciğerlerde, gözlerde ve hatta ciltte ciddi yanıklara yol açabilir) ve hava ile oluşturduğu %12-27 gibi bir oranla yanıcı-patlayıcı olmasına rağmen mükemmel ısıl özelliklere sahip olması sebebiyle, iyi eğitilmiş işletme personeli ile ve zehirleyici etkisinin fazla önem taşımadığı hallerde, büyük soğuk depoculukta, buz üretiminde, buz pateni sahalarında ve donmuş paketleme uygulamalarında başarıyla kullanılmaktadır. Yani kullanım alanını büyük endüstriyel tesislerle sınırlı tutmaktadır. Birçok ülkede, daha küçük tesislerde ve hermetik kompresörlerde kullanımları için çalışmalar sürdürülmektedir.

Termodinamik ve çevresel etki özellikleri yönünden oldukça önemli bir soğutucudur. Ekonomik olması ve kolay temin edilebilir olması da ayrı bir avantajdır. Ozon tabakasına zarar vermeyen ve sera etkisi olmayan Amonyak CFC içeren soğutucu maddelere önemli bir alternatiftir. Tüm dünyada kolaylıkla temin edilebilen ve CFC

ve HCFC içeren soğutucu maddelere uzun dönemde de alternatif olabilecek bir soğutucudur. R-134a'ya göre fiyatı 14 kat daha ucuzdur. -30°C /-40°C (buharlaşma ve yoğuşma) sıcaklıklarında performansı R-12 ve R-22'ye göre %3-4, R-134a'ya göre ise %7 daha iyidir. Hacimsel soğutma kapasitesi (kj/m^3) R-22 ile yaklaşık aynı, R-12 ve R-134a'dan % 40 daha yüksektir. Düşük buharlaşma sıcaklıklarında çift kademeli kompresör gerekmektedir. Böyle durumlarda verim % 30-35, ilk yatırım maliyeti ise % 15-20 artmaktadır.

Amonyak yağ ile karışmaz, fakat kompresör kerterindeki çalkantı ve silindirdeki yüksek hızlar yağın sisteme sürüklenmesine sebep olur. Bu nedenle, gerek kompresör çıkışına yağ ayırıcı koymak suretiyle, gerekse evaporatörden kompresöre yağın dönüşünü kolaylaştıracak tarzda boru tertiplenmesi suretiyle yağın kompresör kerterinde toplanması sağlama yoluna gidilmelidir. Mineral yağla kullanımı uygun değildir.

Nemli ortamda bakır ve bakır alaşımlarına uyumlu değildir. Motor sarımlarına zarar vereceğinden açık kompresörlerde kullanılmaları uygundur. Soğutucu madde dönüşümlerinde sadece çelik ve alüminyum parçalardan oluşan tesislerde kullanılabilir. Düşük mol ağırlığından dolayı santrifüj kompresörlerde kullanılması uygun değildir. Isı iletkenliğinin yüksek olması daha düşük serpantin ve daha küçük boru çaplarına izin verir. Yanma özelliğine sahip olmasına rağmen (alev alma sıcaklığı 630°C) kokusunun kolay hissedilmesi tehlikeli konsantrasyonlara ulaşmadan tedbir alınmasına olanak sağlamaktadır.

Amonyak, endüstride en çok azotlu gübrelerin ve nitrik asitin üretiminde başlangıç maddesi olarak, laboratuarlarda zayıf baz olarak ve birçok kimyasal maddenin elde edilmesinde, üre, boya, ilaç ve plastik gibi organik madde imalatında kullanılır. Amonyak gazı normal sıcaklıkta basınç uygulandığında kolaylıkla sıvılaşır, oluşan bu sıvının buharlaşma ısısı yüksektir (327 kcal/g), bundan dolayı endüstride soğutucu olarak kullanılır.

Kullanım Alanları:

- Kimya sanayinde tuz, naylon ve plastik üretiminde,
- Malzemelerin Isıl işlemlerinde Azot ve hidrojen kaynağı olarak,
- Gaz Nitrür işleminde ise parçaların yüzeyine azot emdirme amacıyla.

Metan (R-50)

Normal sıcaklık ve basınçlarda gaz halinde bulunan metan, kokusuzdur. Doğalgazın bir bileşenidir ve önemli bir yakıttır. Oksijenle teması halinde metanın yanmasıyla ortaya karbondioksit ve su açığa çıkar.

Etan (R-170)

Doymuş bir hidrokarbondur. Alkanlar diye adlandırılan doymuş hidrokarbonların homolog serisinde bir üyedir. Tabii gazlarda %5 ile %20 arasında bulunur.

Tabii gazlardan veya petrol ürünü, gazlardan ayrılarak elde edilebilir. Fakat daha ziyade tabii gazlarda ve petrol gazlarında yakıt olarak kullanılır.

Bütan (R-600)

Bütanlar aşırı yanıcı, renksiz ve kolay sıvılaşan gazlardır. Bol oksijenli ortamlarda, bütan yanar ve karbondioksitle buhar oluşturur. Oksijenin sınırlı olduğu durumlardaysa, karbon (tortu halinde) ya da karbon monoksit de oluşabilir.

Bütan gazı tüp içinde satılır ve LPG ya da tüp gaz olarak adlandırılır. Ayrıca çakmaklarda yakıt olarak ve sprey ürünlerde itici gaz olarak kullanılır.

İzobütan (R-600a)

Alternatif soğutkan arayışlarında en önemli parametre olarak kabul edilen ozon etkisi (ODP) ve sera etkisi (GWP) gibi özellikler R-600a için sıfırdır.

İzobütan renksiz ve kokusuz bir gaz olmasına rağmen yanıcı bir gazdır. Dolayısı ile bu soğutkanın kullanıldığı uygulamalarda potansiyel yangın, patlama tehlikelerini en az seviyeye indirmek ve kullanıcıları bilinçlendirmek gerekmektedir.

R-600a soğutkanının atmosferdeki ömrü, ozon tabakasına etkisi ve sera etkisi değerleri gibi özellikleri diğer akışkanlara göre çok düşük değerlerde ve hatta sıfıra yakın değerlerdedir. R-600a'nın ısı iletim katsayısı soğutucu akışkanlara göre daha yüksektir.

Buharlaşma gizli ısısı, belirli bir basınç ve sıcaklıktaki birim kütle soğutucu akışkan başına düşen maksimum yoğuşma ve buharlaşma ısısını belirlemektedir. R-600a'nın buharlaşma ısısı R-12'nin buharlaşma ısısından yaklaşık olarak 2 kat daha fazladır. Soğutma kapasitesi, buharlaşma gizli ısısı ve kütlesel debi ile doğru orantılıdır. Bu durumda aynı soğutma kapasitesi için, soğutma sisteminde, R-600a için R-12'nin yaklaşık olarak yarısı kadar soğutucu akışkan debisi yeterli olacaktır.

Kritik basınç ve sıcaklık değerleri de düşüktür. Kritik basınç ve kritik sıcaklık değerleri, soğutucu akışkana ait kritik noktayı belirlemektedir. Soğutma sisteminde, kritik nokta üzerindeki sıcaklıklarda çalışılmaz. R-600a, en düşük sistem basınçlarına sahiptir. Bu da İzobütan'ın diğer akışkanlara göre daha düşük kompresör gücü ihtiyacı ve dolayısı ile daha yüksek COP değerine sahip olduğunu göstermektedir.

R-600a kullanan soğutma cihazlarındaki elektrik tüketimi de diğer soğutucu akışkanlara göre daha azdır. İzobütan çevre ile dost, enerji verimliliğinde de avantajlı ve R-12 ve R-134a gibi soğutucu akışkanlardan daha ucuz olmasına rağmen yanıcılık gibi olumsuz bir özelliğe sahiptir.

Karbondioksit (R-744)

Karbondioksit daha çok gemilerde tercih edilen bir madde olmuştur. Özellikle R-12'nin ortaya çıkmasıyla cazibesini yitirmiş ve son 40-50 yıldır da neredeyse unutulmuştur. CO_2'nin özellikleri arasında kolay temin edilebilir olması, ucuzluğu, sıkıştırma oranının düşüklüğü sayılabilir.

Son birkaç yılda karbondioksit kullanımı ile ilgili gelişmeler kaydedilmiştir. Bu gelişmeler çerçevesinde de karbondioksit araç klimaları, ısı pompaları ve ev tipi soğutucularla ilgili uygulamalarda kullanılmaya başlamıştır. Ayrıca karbondioksit, endüstriyel uygulamalar için baca gazlarından arıtılarak ya da hidrojen veya amonyak üretiminin bir yan ürünü olarak elde edilir. Karbondioksit -80 °C de katı hale gelir ve elde edilen katı karbondioksit sıvı azot gibi gıda endüstrisinde soğutma ve dondurma işlemlerinde kullanılır. Karbondioksit su içinde kolayca çözünerek hafif asidik solüsyona dönüşür. Bu yüzden genellikle mineral asitlere katılan suyun asiditesini ayarlamak için kullanılır. Çözünebilirliği sayesinde aynı zamanda bütün meşrubatların içinde köpük oluşması için seçilen bir üründür. Diğer birçok gaz gibi karbondioksitte yanmayı ve oksidasyonu engellemek için kullanılır.

Laboratuvarda CO_2, kızdırılmış kok kömürü üzerinden hava geçirilerek elde edilir.

Soğutma harici kullanım Alanları:

- Gıda sektöründe,
- Yangın söndürme cihazlarında,
- Alkali nötralizasyonu,
- Atık iyileştirmede,
- Kalıp ayarlarında,
- Bitki yetiştirmede,
- Deodorantlarda taşıyıcı gaz olarak.

Propan (R-290)

Ham petrolün rafinelerde arıtılması yoluyla veya doğalgazdan elde edilir. Propan sıcakta bozunarak (Alevle kesme uygulamalarında kullanılır.) etilen ve yine önemli bir madde olan propilene dönüşür. Propilen önemli bir bileşik olup, aseton ve propilen glikol gibi birçok maddenin elde edilmesinde kullanılır. Diğer taraftan basınç altında kolayca sıvı hale geçmesinden dolayı bütan gazı ile karıştırılarak tüpler içine doldurulmuş halde evlerde (Isınma ve ısıtma uygulamalarında) yakıt olarak kullanılır.

Kükürtdioksit (R-717)

Renksiz, zehirli ve kokusu yakıcı ve boğucu bir gaz olduğundan günümüzde soğutma sistemlerinde çok fazla tercih edilmemektedir. Kullanılma alanı soğutma sanayinde özellikle küçük ev tipi buzdolaplarında soğutucu akışkan olarak olmuştur. Üretimi kolay ve maliyeti düşüktür. Kükürt dioksit kükürdün yanmasından elde edilir. Atmosfer basıncı altında kaynama noktasının düşük bir değerde olması nedeniyle sıfır veya sıfırın üstündeki sıcaklıklarda soğutma yapmak için atmosfer basıncının altında emme yapma mecburiyeti olmaz. Yanıcı ve patlayıcı değildir. Havada az miktarda bulunması halinde insanlar üzerinde zehirli bir tesir göstermez. Küllü su veya kostik eriyigi kükürt dioksiti emer. Bu sebeple sistemden kaçan herhangi bir buhar atmosfere dağılması yerine böyle bir su veya eriyik içinde toplanabilir.

Bir teneke potası ile dört litre suyun karışımından elde edilen eriyik yaklaşık yarım kg kükürt dioksiti emer. Gaz kokusu gelmeye başladığı zaman eriyik değiştirilmelidir. Kükürt dioksit saf hali ile aşındırıcı bir etki göstermez. Fakat nemli ortamda sülfürozasit (H_2SO_3) veya sülfürikasit (H_2SO_4) şeklini alır. Bu durumda demir ve çeliğe karsı şiddetli bir aşındırıcı etkisi gösterir. Bunun için sistemde nem miktarının minimum bir değerde tutulması için gerekli önlemler alınmalıdır.

Kükürt dioksit yağ ile kolay karışmaz. Bu sebeple diğer soğutuculara kıyasla kompresörlerde daha hafif yağlar kullanılabilir.

Doğal gaz

Doğal gazlı soğutma teknolojileri uzun zamandır bilinmesine rağmen yatırım maliyetlerinin yüksek olmasından dolayı yaygınlaşmamıştır. Günümüzde ise doğal gaz fiyatlarında yapılan düzenlemelerle ve sistemlerde yapılan performans geliştirmeleriyle elektrikli soğutma sistemlerine alternatif olmaktadır. Günümüzde üç tip doğal gazlı soğutma sistemini aktif olarak kullanımda görmekteyiz.

Bunlar:

- Gaz motorlu soğutma sistemleri,

- Absorpsiyonlu soğutma sistemleri
- Kurutuculu soğutma sistemleri

Bu sistemlerin yapı olarak farklılığının dışında ilk yatırım maliyetlerine bakıldığında büyük farklılıklar görülmektedir [19].

4.5.2. Alternatif soğutucu akışkanlar

Dünyada kendiliğinden bulunmayan, kullanılacağı yere göre farklı soğutucu maddelerin birleştirilmesiyle yapay olarak elde edilen soğutucu maddelerdir. Çevreye olan etkileri düşünüldüğünde ön sırada yer alan ve ozonu tahrip ettikleri için kullanımları kısıtlanan ya da kullanımları tamamen durdurulan soğutucu maddeler ve bu maddelerin yerine kullanılacak olan alternatif akışkan olarak adlandırılan maddeler Çizelge 4.5'te verilmiştir.

Çizelge 4.5. CFC içeren soğutucu gazlarla ilgili alternatifler [16]

Sıcaklık aralığı	Kullanımdaki soğutucu maddeler	Alternatif soğutucu maddeler
< - 8°C	Hidrokarbonlar (HC)	Hidrokarbonlar (HC)
80°C–45°C	R-13 / R-503 / R-13B1 / HC	R-23 / R-32* / R-404A* / R-407B* / R-507* HC- R22**
>-45°c	R-717 / R-22 / R-502 / HC	R-717 / R-22 / R-404A / R-407A-B
>-30°c	R-717 / R-22 / R-12 / R-500 / HC	R-717 / R-22 / R-134a / R404A R-407A-B / R-410A / R-507 / HC
>0°C	R-717 / R-22 / R-12 / R-500 / R-1 1/ HC	R-717 / R-22 / R-123 / R-134a / HC

* >-60°C
** Düşük sıcaklıklarda çok kademeli santrifüj devrelerde kullanılabilir.

Hidrokarbonlar(HC)

Hidrokarbonlar ozon tabakasına zarar vermemeleri ve çok düşük sera etkileri nedeniyle, özellikle R-502, R-22 ve R-12 için önemli alternatiflerdir. Bu grupta yer alan maddeler; Propan, İzobütan ve Bütandır.

Yüksek yanıcılık özellikleri kullanım alanlarının çok yaygınlaşmasına engel olmaktadır. Tek başlarına kullanıldıkları gibi ikili veya üçlü karışımlar olarak ta kullanılmaktadırlar. Propan-izobütan ve propan-bütan karışımları ev tipi soğutuculardа R-12 yerine alternatif olarak kullanılmaktadırlar. Uygun basınç ve yanabilirlik seviyeleri elde etmek amacıyla, propanın R-134a/R-152a, R-22/R-124, R-22/R-142b, R-114/R-22/R-152a ve R-124/R-22/R-152a gibi soğutkan karışımları ile kullanılabileceği anlaşılmıştır.

Hidrokarbonlar içerisinde propanın ucuz ve kolay temin edilebilir olmasının yanı sıra hacimsel soğutma kapasitesinin R-12'ye göre % 35-50 kadar daha yüksek olması bu soğutucuyu cazip bir alternatif olarak düşündürmektedir. R-12 ile kullanılan yağlarla uyum göstermektedirler.

Hidrokarbonlar flor içermedikleri için soğutma sistemlerinde iç korozyona bağlı olarak zamansız arızalara neden olmaz.

Bu akışkanın çevreye olan etkisi ise ihmal edilebilir düzeyde olmasına rağmen sahip olduğu yanabilirlik özelliği nedeniyle işletimi özel emniyet donanımları ile mümkün olmaktadır. Emniyet için yapılması gereken düzenlemelerinde sadece elektrik bağlantıları ile sınırlı olmasından dolayı da dönüşümün tamamlanması kolay olacaktır. Ayrıca eğitimli personel ve standartlara uyulması yoluyla da ekonomik çözümler bulunabileceğinin farkına varılmıştır.

R-22

R-22 (CHC_1F_2), dünyada bu güne kadar kullanılan tüm CFC ve HCFC toplamının % 30'unu oluşturmaktadır. Hemen hemen tüm soğutma alanlarında kullanılmaktadır. Düşük ozon tüketme katsayısı (0.055) nedeniyle *2030 yılına kadar kullanma kararı alınmıştır*.

R-22 emniyetle kullanılabilecek zehirsiz, yanmayan, patlamayan bir akışkandır. R-22, derin soğutma uygulamalarına cevap vermek üzere geliştirilmiş bir soğutucu akışkandır, fakat paket tipi klima cihazlarında, ev tipi ve ticari tip soğutuculardа da,

özellikle de kompakt kompresör gerektirmesi (R-12'ye nazaran takriben 0.60 katı) ve dolayısıyla yer kazancı sağlaması yönünden tercih edilir.

Derin soğutma uygulamalarında, aşırı çıkış sıcaklıkları ile karşılaşılabileceğinden (yüksek sıkıştırma oranı sebebiyle) silindirlerin su gömlekli olması tavsiye edilir.

Yağ dönüşünü sağlamak iyi işlenmiş dönüş boruları döşenmeli, derin soğutma uygulamalarında sisteme yağ ayırıcı zorunlu olarak konulmalıdır.

R-125

R-125 (CF_3CHF_2) R-502 ve R-22 için uzun dönem alternatifi olarak kabul edilmiştir. R-143 gibi amonyak kullanımının uygun olmadığı düşük sıcaklıklar için düşünülmüştür. Yanma özelliği yoktur. Ancak sera etkisi R-134a'dan iki kat daha fazladır. R-134a, R143a veya R-32 ile (örneğin R-404A veya R-407A gibi) değişik oranlarda kullanılarak R-502 alternatifi karışımlar elde edilmektedir.

R-152a

Ozon tahribatına neden olmayan ve sera etkisi çok düşük olan (R-12'nin %2 si kadar) R-12 ve R-134a'dan daha iyi COP 'a sahip olan R-152a mineral yağlarla da iyi uyum sağlamaktadır. Yanıcı ve kokusuz, zehirleyici özellik göstermez. Termodinamik ve fiziksel özellikleri R-12 ve R-134a'ya çok yakın olduğundan dönüşümlerde kompresörde herhangi bir modifikasyona gerek kalmaz. R-152a ısı pompalarında da R-12 ve R-500 için alternatif olarak kabul edilmiştir.

R-123

R-123 ($CHC_{12}CF_3$), R-11 'e en uygun olan alternatif soğutucu maddedir. R-11'e göre metalik olmayan malzemeleri etkileme gücü daha fazladır. Dolayısı ile R-123'e geçişte tüm kauçuk esaslı malzeme değiştirilmelidir. R-11'e göre daha düşük enerji verimine sahiptir. Zehirleyici özelliği nedeniyle kullanıldığı ortamda ek tedbirler gerektirmektedir. 8 saat boyunca maruz kalınacak maksimum doz 10 ppm'dir. Santrifüj soğutucu ünitelerde kullanılır.

R-134a

R-134a (CF_2CH_2F) , termodinamik ve fiziksel özellikleri ile R-12'ye en yakın soğutucudur. Halen ozon tüketme katsayısı 0 olan ve diğer özellikleri açısından en uygun soğutucu maddedir. Araç soğutucuları ve ev tipi soğutucular için en uygun alternatiftir. Pozitif basınç ile çalışan santrifüj gruplarında kullanılabilen, halokarbon grubunda bulunan, ozonla barışık, çevreye duyarlı bir soğutucu gazdır Ticari olarak ta temini olanaklıdır.

Yüksek ve orta buharlaşma sıcaklıklarında ve/veya düşük basınç farklarında kompresör verimi R-12 ile yaklaşık aynı olmaktadır. Düşük sıcaklık için çift kademeli sıkıştırma gerekmektedir. R-134a, mineral yağlarla uyumlu olmadığından poliolester veya poliolalkalinglikol bazlı yağlarla kullanılmalıdır.

Kullanım alanları:

- Ev tipi buzdolaplarında, ev ve sanayi tipi soğutuculardа, araba klimalarında soğutucu gaz olarak,
- Poliüretan (köpük) üretiminde şişirici olarak,
- Aerosol dolumunda itici gaz olarak kullanılmaktadır.

Zeotropik (non- azeotropik) soğutkanlar

Zeotropik (non- azeotropik) soğutkan karışımları saf haldeki veya azeotropik türü karışımlardan farklı bir sıcaklık-basınç ilişkisi ortaya koymaktadırlar. Bunun en belirgin olarak görünümü, zeotropik karışımlar sıvılaşırken (Kondenserde) ve buharlaşırken (Evaporatörde), basınç oldukça sabit kaldığı halde sıcaklıklarda kayma olmasıdır, yani evaporasyon (buhalaşma) sırasında tüm sıvı buharlaşıncaya kadar ve yoğuşum sırasında da tüm doymuş buhar sıvılaşıncaya kadar sabit kalması beklenen sıcaklıklar (izoterm) bir miktar değişmekte/kaymaktadır. Ekspansiyon valfin kızgınlık ayarı için ve evaporatör iç yüzeyinde daha fazla ıslak yüzey sağlanması yönlerinden bu husus istenilen bir durumdur. Ancak, daha önce de izah edildiği gibi sistemden soğutkan kaçağı olması durumunda (özellikle de evaporatörde) soğutma

işlevinde önemli aksamalar meydana gelebilmektedir. Kullanımı esnasında dikkat edilecek önemli noktalar vardır.

Bunlar:

- Kaçak olması durumunda, soğutma sistemine soğutkan karışım daima sıvı halde verilmelidir, böylece silindirden buhar olarak alındığında büyük bir olasılıkla, karışımı meydana getiren saf akışkanlardan birisi veya birkaçı ayrışarak geride kalabilecektir.
- Karışımı meydana getiren akışkanlardan en az birisi yanıcı olabileceği için, sisteme hava girmemesine çok dikkat edilmelidir. Kompresör çıkışında artan sıcaklıklar bir patlamaya neden olabilir.
- Sıvı taşmalı evaporatörlerde, bahsi geçen sıcaklık kaymasının biraz fazla olması halinde soğutma işlevi aksayabilecektir. Buharlaşmanın oluştuğu sıvı yüzeyinde karışım oranları aşırı derecede bozulabilir, sonuçta tüm zeotropik karışım aynı anda buharlaşamayabilir.

4.6. Soğutucu Akışkanların Kullanım Alanları

Genel kural olarak bir soğutucu akışkanda aranması gereken özelliklerin hepsini birden her şart altında yerine getirebilen üniversal bir soğutucu akışkan mevcut değildir. En çok kullanılan soğutucuların kullanım alanları ve oranları 1991 verilerine göre Çizelge 4.6'da verilmiştir.

Çizelge 4.6. En çok kullanılan soğutucuların kullanım alanları ve oranları (1991verilerine göre) [17]

Kullanım Yeri	**Soğutucu**	**Kullanım oranları**	**Notlar**
Ev tipi soğutucular	R-12 R-500	%100 —	— R-12'ye alternatif
Ticari soğutucular	R-12 R-502 R-22	%79 %19 %13	-15 +15°C aralığında — —
Soğuk muhafaza ve gıda işlemesi	R-12 R-502 R22 Amonyak	%10 %5 %10 %60	-37°C 'ye kadar — — —
Endüstriyel soğutma	R-12 R-13 R12 Amonyak	%18 — %40 %35	Nadiren -70°,-45°C 'ye kadar ki aralıkta kullanılır.
Su veya salamura soğutucu ünite (Chiller)	R-11 R-12 R-22	%80 %25 %30	350-10 000 kw kapasiteli santrifüj soğutucularda. 350-4500 kw kapasiteli santrifüj soğutucularda. —
Soğuk taşıma ve klima	R-12 R-502 R-22	%50 %50 %47	— > -45°C —
Otomobil kliması	R12	%100	Maksimum 82°C 'ye kadar olan uygulamalarda.
Isı pompası	R-12 R-114 R-502 R-22	%46 %1'den daha az %8 %41	— — Maksimum 56°C 'ye kadar olan uygulamalarda.

4.7. Soğutucu Akışkanların Türkiye'deki Durumu

Montreal Protokolü'ne 20 Eylül 1991 tarihinde imza atan Türkiye, ozon tüketen madde tüketiminde yıllık kişi başına 0.3 kg ile gelişmekte olan ülkeler grubunda (Article 5 Country) yer almaktadır. Türkiye Montreal Protokolü'nde öngörülen sürelere göre 2010 yılında CFC tüketimini sıfırlayacaktır. Gelişmiş ülkelere göre bu

tarih 10 yıllık ek bir süre anlamına gelmektedir. Türkiye ile birlikte gelişmekte olan ülkelere uygulanan OTİM 'lerin üretim ve kullanım miktarları ile ilgili kısıtlama programı hazırlanmıştır. Bu program aşağıda verişmiştir.

OTİM 'lerin üretim ve kullanım miktarları ile ilgili kısıtlama programı [17]

R-11, R-12, R-113, R-114, R-115:

- Ocak 2005: 1986 miktarının %50'sinden fazla olmayacak.
- Ocak 2007: 1986 miktarının %15'inden fazla olmayacak.
- Ocak 2010: Kullanım sonu.

HALONLAR: 1211, 1301, 2402:

- Ocak 2002: 1986 miktarından fazla olmayacak.
- Ocak 2005: 1986 miktarının %50'sinden fazla olmayacak
- Ocak 2010: Kullanım sonu.

R-13, R-111, R-112, R-211, R-213, R-214, R-215, R-216, R-217 Gazları için:

- Ocak 2003: 1989 miktarının %80'inden fazla olmayacak.
- Ocak 2007: 1989 miktarının %15'inden fazla olmayacak
- Ocak 2010: Kullanım sonu.

Karbontetraklorür:

- Ocak 2005: 1989 miktarının %15'inden fazla olmayacak.
- Ocak 2010: Kullanım sonu.

Metilkloroform:

- Ocak 2003: 1989 miktarından fazla olmayacak.
- Ocak 2005: 1989 miktarının %70'inden fazla olmayacak.
- Ocak 2010: 1989 miktarının %30'undan fazla olmayacak.
- Ocak 2015: Kullanım sonu.

Türkiye'de OTİM 'lerin azaltılması ile ilgili çalışmalar Çevre Bakanlığı ve TTGV tarafından sürdürülmektedir. Dünya Bankası kanalı ile Çok Taraflı Fon (MF) 'dan sağlanan ve OTİM 'lerin azaltılması projelerinde kullanılan krediler için öncülük görevini TTGV üstlenmiştir.

OTİM'lerin azaltılmasına yönelik dönüşüm projelerinin hazırlanması (alternatif maddelerin ve teknolojilerin dönüşümü) Dünya Bankası aracılığı ile Montreal Protokolü Yürütme Kuruluna projelerin sunulması ve Çok Taraflı Fon'dan kaynak sağlanması, onaylanan projelerin uygulanmasının takibi gibi çalışmalar TTGV tarafından yürütülmektedir. Çevre Bakanlığı tarafından da OTIM'lerin azaltılmasına yönelik politikaların geliştirilmesi ve oluşturulması, düzenleme ve yönetmelikler hazırlanması, OTIM'lerin kullanılmasını azaltan vergilendirme sisteminin geliştirilmesi, OTIM ithalatının kontrol altında tutulması amacıyla izleme ve lisanslama, kullanımı sınırlama, geliştirme çalışmalarının yapılması, ozon panellerinin ve halkı bilinçlendirme kampanyalarının düzenlenmesi gibi faaliyetler yürütülmektedir. Tüm bu faaliyetler için Dünya Bankası aracılığı ile yaklaşık 20 milyon $ destek sağlanmıştır. Şu ana kadar Bu proje kapsamında bu fondan buzdolabı üreticisi 4 firma desteklenmiş olup soğutma ve köpük sektöründen 5 firmanında projeleri kabul edilmiş durumdadır. Ayrıca değişik sektörlerden 8 firma da proje hazırlığındadır.

Destek sağlanan ve sağlanacak sektörler arasında soğutma, köpük, yangın söndürme, çözücüler ve aerosol yer almaktadır. OTİM'lerin Türkiye'de tutulan kayıtları çok sağlıklı olmamakla beraber genel tüketim eğilimini yansıtması açısından 1986- 1995 yılı arasındaki tüketim miktarları Çizelge 4.7'de verilmiştir.

Çizelge 4.7. Türkiye’de CFC tüketim miktarları

1986	**1987**	**1988**	**1989**	**1990**	**1991**	**1992**	**1993**	**1994**	**1995**
3.136 ton	4.041 ton	4.019 ton	3.210 ton	4.923 ton	4.314 ton	5.516 ton	5.394 ton	4.234 ton	3.162 ton
2000	**2001**	**2002**	**2003**	**2004**	**2005**	**2006**	**2007**	**2008**	**2009**
900 ton	730 ton	695 ton	454 ton	257 ton	138 ton	1 ton	0.2 ton	1 ton	0.1 ton

Tüketim miktarlarında 1992 yılından itibaren bir azalma görülmektedir. Montreal Protokolü kapsamında Türkiye'nin alacağı önlemler hesaba katılmadığında CFC içeren madde ihtiyacı 2008 yılında 3.415ton, 2010 yılında ise 4.630 ton olacağı tahmin edilmişti ancak yapılan uygulamaların etkisi ile bu tahminin tutmadığı ve CFC içeren maddelerin alımı yok denecek kadar azaldığı görülmektedir.

Türkiye örneğinden yola çıkacak olursak Montreal Protokolü kapsamında alınacak acil önlemlerin önemi daha da belirginleşmektedir. Gelecekteki ağırlıklı tüketim talebinin karbontetraklorür, halon ve R-134a (trikloretan) olacağı, diğer CFC'ların sabit kalacağı veya azalacağı tahmin edilmektedir.

4.8. Soğutucu Akışkanlarla İlgili Avrupa Birliğinin Düzenlemeleri

Avrupa Birliği, topluluğa üye ülkelerden bazılarında deneme amaçlı Kaskad sistemlerde ve oto iklimlendirme sistemlerinde R-134a yerine Karbondioksit kullanılmaya başlanmıştır. Bu sistemlerde Karbondioksit kullanımına geçmek Karbondioksit'in özelliklerinden (R-134a ya nazaran daha yüksek basınç gerekliliği ve çevrimlerin karmaşık olması) dolayı biraz maliyetli bir işlem olmuştur [16].

Avrupa Birliği, topluluğa üye ülkelerde yasa hükmünde bir seri düzenleme ile Montreal Protokolü'nü yürürlüğe koydu. Orijinal Montreal protokolü Eylül 1988 tarihinde 3322/88 no'lu Avrupa Topluluğu Yasası ile yürürlüğe girdi. Ancak, topluluğa üye ülkeler Protokol'den daha hızlı hareket ettiklerinden, yasalar o günden bu yana birçok kez güncelleştirildi.

Halen yürürlükte olan 2037/2000 no'lu yasa çerçevesinde, geri kazanılmış ve temizlenmiş CFC'un mevcut cihazlarda yeniden kullanılması Temmuz 2001'de yasaklandı.

HCFC üretiminin aşamalı olarak bırakılması kararı 2001 yılında alındı ve son tarih 2010 olarak belirlendi. 2010 yılından itibaren tesislerde yalnızca geri kazanılmış ve temizlenmiş olan HCFC kullanılabilecek ve 2015 yılında HCFC kullanımı tamamen yasaklanacaktır [18].

2037/2000 no'lu yasa ile HCFC'lu yeni sistem ve ürünlerin satışına da belirli sınırlamalar getirildi. Bu sınırlamalar [20];

a. Soğutma kapasitesi 100 kw'dan büyük olan yalnızca soğutma yapan iklimlendirme santrallerinde HCFC kullanılmasının yasaklanması, yürürlük 1 Ocak 2001.
b. Soğutma kapasitesi 100 kw'dan küçük olan yalnızca soğutma yapan iklimlendirme santrallerinde HCFC kullanılmasının yasaklanması, yürürlük 1 Temmuz 2002.
c. Ters çevrimli ısı pompalı İklimlendirme santrallerinde HCFC kullanımının yasaklanması, yürürlük 1 Ocak 2004.

Avrupa parlamentosu ve konseyi (EC) 842/2006 no'lu yönetmeliği (F-Gaz) [21]

Bu yönetmeliğin hedefi Kyoto Protokolüne uygun olarak florlu gazların sera emisyonlarını en aza indirmektir. Bunun için de yasal düzenlemeler ve florlu gazların kullanıldığı tüm cihazlarda ölçüm ve eğitimli personel bulundurma zorunluluğu getirmiştir.

14 Haziran 2006'da Avrupa Birliği tarafından F-Gaz Yönetmeliği ve MAC (Mobile Air Conditioning for passengers) yönergesi yayınlandı.

Yönetmelik HFC'ları, PFC'ları, SF_6 ve onların Mobil İklimlendirme Cihazları dışındaki tüm uygulamalarını ve yönerge vasıtasıyla Ev Tipi Soğutucuları da kapsamaktadır.

F-Gaz Yönetmeliği ve MAC Yönergesi 14 Haziran 2006'de Avrupa Birliği resmi dergisinde yayınlandı.

Yönetmelik 4 Temmuz 2006'da yürürlüğe girdi ve 4 Temmuz 2007'den itibaren çok sayıda ölçümler uygulanacaktır. Buna ilave olarak yasal düzenleme, diğerleri arasında tamamlama için gereken ilave ulusal ölçümleri, uymayanlar hakkında uygulanacak cezai yaptırımları 4 Temmuz 2008'de tebliğ haline getirecektir.

Kapsam (Madde 3): Bu madde soğutmayı, iklimlendirmeyi (ısı pompaları dahil) ve yangın söndürme cihazlarını kapsar.

Komisyon (Madde 3.7) 4 Temmuz 2007'de kaçakları önlemek üzere kaçak kontrol standartlarını oluşturmuştur.

Miktara bağlı olarak belli aralıklarla sertifikalı personel tarafından aşağıdaki kontroller yapılacaktır:

- 3 kg veya daha fazla: 6 kg'dan daha az soğutkan içeren hermetik sızdırmaz sistemler hariç olmak üzere en az 12 ayda bir.
- 30 kg veya daha fazla: 6 ayda bir kez (uygun kaçak kontrol sistemi olması halinde 12 ayda bir)
- 300 kg veya daha fazla: En az üç ayda bir kez (uygun kaçak kontrol sistemi bulunanlar için 6 ayda bir kontrol zorunluluğu).

300 kg veya daha büyük cihazlar için kaçak kontrol sistemi en az 12 ayda bir denetlenecektir. Bu durumda yangın söndürme sistemleri 4 Temmuz 2007'den önce, kaçak denetleme sistemlerinin ise 4 Temmuz 2010 yılına kadar tesis edilmesi gerekmektedir.

3 kg'dan fazla soğutkan içeren tüm sistemlerde ürün tipi ve miktarını, gerektiğinde ilave miktarı gösteren ve servis-tamir esnasında geri kazanılan miktarları gösteren bir F-Gaz kitapçığı bulundurulmalıdır.

Diğer gerekli olan ilgili bilgiler bir servis firması teknisyeni tarafından periyodik kontroller sonucunda kaydedilecektir.

Geri kazanım (Madde 4): Soğutma, iklimlendirme, ısı pompaları, çözücü maddeler, yangın söndürme ve yüksek voltaj anahtarlama sistemleri geri kazanım sertifikalı personel bulundurmalı, böylece tekrar kullanım, iyileştirme ve imha işlemleri yapılabilmelidir.

Diğer uygulamalar için teknik olarak mümkün olduğunca ve fiyat yönünden oransız olmadığı sürece F-gazlar geri kazanılacaktır.

Eğitim ve sertifikalandırma (Madde 5): Kapsamın gerektirdiği ilgili uygulamalar için Danışma Komitesi (Madde 12.2) 4 Temmuz 2007'de imalatçı, bakımcı ve tamirci

personel ve şirketler için karşılıklı mutabakat ile sertifika ve eğitim programları için asgari gerekleri ve şartları hazırlayacaklardır.

Sertifika programları standartlar ve yönetmelikler hakkındaki bilgileri kapsadığı gibi gerektiğinde emisyon önleme ve F-gazların geri kazanımı becerisini de kapsayacaktır.

4 Temmuz 2008 tarihi esas olmak üzere, üye ülkeler kendi eğitim ve sertifika gereklerini kuracaklar ve adapte edecekler ve sertifika konusunda üye diğer ülkelere tavsiyelerde bulunacaklardır.

4 Temmuz 2009 da üye ülkeler, F-gazların dağıtımını üstlenen firmaların ilgili personelini sertifikalandırmış olacaklardır.

Raporlama (Madde 6): Raporlama ozon tabakasını incelten maddelerin raporlamasına benzemektedir. Yılda bir kez yapılabilir ve üreticileri, ihracat ve ithalatçıları kapsar.

Etiketleme (Madde 7): Soğutma, iklimlendirme (ısı pompaları dahil) ve yangın söndürme cihazları, yüksek voltaj anahtarları ve tüm F-gaz tankları etiketlenecektir.

Hermetik sızdırmaz sistemler işaretlenecektir.

Yönerge 2006/40/EC: Avrupa parlamentosu ve konseyinin 17 Mayıs 2006'daki motorlu taşıtlardaki iklimlendirme sistemlerinden kaynaklanan emisyonlarla ilgili ve 70/156/EEC yönergesinde değişiklik yapan yönerge

Yönerge sadece HFC kullanılan Mobil İklimlendirme sistemlerindeki yolcuları kapsar.

Yürürlüğe Girme (Madde 11): Yönerge 4 Temmuz 2006'da (yayınlandıktan 20 gün sonra) yürürlüğe girmiştir. 4 Temmuz 2008'de (Madde 10) ulusal kanun halinde değiştirilecektir.

Yasal temeli: Avrupa antlaşmasının 95. maddesi

Küresel Isınma Etkisi (Madde 3.8): IPCC'nin üçüncü değerlendirme raporunda yayınlanan küresel ısınma etkisi verileri kullanılacaktır.

Yönerge her zaman "iklimlendirme sistemlerinden kaynaklanan florlu sera etkisi yapan gazların küresel ısınma etkisinin 150'den büyük olmasını (HFC-134a olarak yazılabilir) ifade etmektedir.

Uygulama (Madde 7): 4 Temmuz 2007'de komisyon Avrupa Birliği için uygun taşıtlar ve HFC-134'lı iklimlendirme sistemlerine onaylanmış kaçak kontrol testleri için yönetimsel hükümler tanımlamıştır.

Onaylanmış Yöntem Tipleri (Madde 5): Bir yıl sonra tanımlanan yeni taşıt modelleri için onaylanmış kaçak testi tipi, sadece HFC-134a kullanılması kabulü ile 40 g/yıl'dan, çift evaporatör olması halinde 60 g/yıl'dan daha az olmalıdır (Madde5).

İki yıl sonra aynı kaçak sınırları tüm yeni taşıtlar için geçerli olacaktır.

1 Ocak 2011'de HFC-134a tüm yeni taşıt modellerinin iklimlendirme sistemlerinde yasaklanacaktır.

1 Ocak 2017'de HFC-134a tüm yeni taşıtlarda yasaklanacaktır.

5. SOĞUTMA CİHAZLARI

Alınan kararlar, çıkartılan yönetmelikler ve yaptırımlar sonucu mevcut soğutma sistemlerinde kullandığımız soğutucu akışkanları daha önceden saptanan periyotlarla terk etmemiz gerekmektedir. Bu nedenle kullanmakta olduğumuz soğutucu akışkanlara alternatif akışkanlar bulma ihtiyacı gündeme gelmiş ve bu kapsamda da mevcut soğutma sistemlerini de güncelleme ihtiyacı doğmuş oldu. Aşağıda Doğal soğutucu akışkanların kullanıldığı soğutma cihazlarından bahsedilmektedir.

5.1. Ev Tipi Soğutucular

5.1.1. Buzdolapları

Buzdolabı; buhar sıkıştırma yöntemiyle çalışan, gıdaların soğuk tutularak uzun zaman muhafaza edilmesini sağlayan soğutma makinesidir. Ancak ısı sıcaktan soğuğa kendiliğinden akarken, tersine akış kendi kendine olmaz. İki sistem arasındaki dengeyi bozabilmek için enerji gereklidir. Günümüzde bu iş soğutucu makineler tarafından gerçekleştirilir. Soğutucu makineler çalışma prensiplerine ve çalıştıkları sıcaklık aralığına göre sınıflandırılırlar. Buzdolapları ise soğutucu makinelerin evlerde kullanılan tipidir.

Mekanik soğutucu sistemlerin geliştirilmesinden önce eski uygarlıklarda, örneğin Eski Yunanlılar ve Romalılarda besin maddeleri dağlardan taşınan buz ya da karla soğutuluyordu. Buz ve kar özel kilerlerde ya da yere açılmış ve odun ya da samanlar yalıtılmış çukurlarda uzun süre erimeden korunabiliyordu. Daha sonraları geliştirilen buz depoları 20. yüzyılın başlarına değin temel soğutma ortamı olarak kaldı.

Hindistan ve Mısır'da ise buharlaştırarak soğutma tekniğinden yararlanılmıştır. Sıvılar hızla buharlaştırıldığında (kaynatma), buhar kısa sürede genleşir. Buharla yükselen moleküllerin kinetik enerjisi de aniden artar. Bu ek enerjinin büyük bölümü, buharın yakın çevresindeki ortamdan soğurulur, bu da ortamın soğumasına yol açar. Buharlaştırarak soğutma yöntemi yüzyıllardan beri bilinmekle birlikte, mekanik soğutma yönteminin temel ilkeleri ancak 19. yüzyılın ortalarında ortaya konabildi.

Modern soğutuculardа da gazların hızla genleştirilmesi ilkesinden yararlanılır. Bilinen ilk yapay soğutma sistemi 1748'de *William Cullen* tarafından Glaskov Üniversitesi'nde sergilendi. *Cullen* etil eterin kısmî vakumda kaynatılmasından yararlanılıştı; ama bu yöntemini herhangi bir pratik amaca yönelik olarak kullanmadı. 1805'te ABD'li mucit *Oliver Evans*, sıvı yerine buharla çalışan ilk soğutma makinesini tasarladı.

Bu makinelerde ozona zarar veren soğutucu maddeler kullanılmaktaydı. Kullanılan bu soğutucu maddelerin ozon tabakasına zarar verdiği anlaşılınca bu soğutucu maddelerin yerlerine kullanılmak için alternatif soğutkanlar bulunmaya çalışıldı. Çalışmalar sonucunda da yavaş yavaş alternatif soğutuculara geçilmeye başlandı.

Bulunan bu alternatif soğutkanlardan hidrokarbon teknolojisine geçilen ilk uygulama da ev tipi buzdolaplarında olmuştur. Almanya'daki Bosh-Siemens Firması ürünlerinde 1993 Ağustosundan bu yana bu teknolojiyi kullanmaktadır. (Bosh firması ilk kez 1995 yılında Çerkezköy'deki fabrikasında ozon tabakasına zarar vermeyen (kloroflorokarbon içermeyen) buzdolabı imalatına ardından da 1998 yılında soğutucu gaz olarak buzdolaplarında izobütan kullanmaya başladılar.[Bosh]) ardından da Vestel ve Samsung firmaları buzdolaplarında soğutucu gaz olarak izobütan kullanmaya başladılar.

5.1.2. Klima

Klima çalışması bakımından havayı ısıtan, soğutan, temizleyen, çeviren bir süreçtir ve sürekli olarak ortamın nem içeriğini kontrol etmektedir. Günümüzde insanların daha rahat ve verimli yaşayabilmek için klima cihazlarını tercih ettikleri görülmektedir. Birkaç yıl öncesine kadar klima lüks olarak kabul edilmekteydi. Fakat zaman ilerledikçe klima cihazının kullanım alanları genişledi. Sadece endüstriyel amaçlı olmaktan çıkıp evlerde de kullanılır hale geldi.

5.2. Ticari Soğutma

Ticari amaçlı ilk soğutma işleminin, 1856'da buhar sıkıştırma makinesi yardımıyla ürettiği buzları satmaya başlayan ABD'li işadamı *Alexander C. Twinning* tarafından

gerçekleştirildiği sanılmaktadır. Birkaç yıl sonra, Avustralyalı *James Harrison* ilk buhar sıkıştırmalı soğutma makinelerini yaptı. Fransız *Ferdinand Carré* 1959'da biraz daha karmaşık bir sistem geliştirdi. 1960'larda ise soğutuculardа Peltier etkisinden yararlanılmaya başlandı. Carré'nin aygıtında buhar sıkıştırmalı makinelerde soğutucu gaz olarak kullanılan havanın yerine hızla genleşen amonyak kullanılıyordu. Carré'nin soğutucuları kısa sürede tutuldu ve bu teknik ufak değişikliklerle günümüze kadar geldi.

Bir süre sonra kullanılan bu soğutucu gazların yani Amonyak ve benzeri soğutkanların çevreye - ozon tabakasına - verdikleri zarar nedeni ile yerlerine kullanılacak olan alternatif akışkanlar aranmaya başlandı. Bunun sonucunda da uzun zamandır kullanılmakta olan soğutucu akışkanların yerine çevreye zararı dokunmayan soğutkanlara - alternatif soğutucular - geçilmeye başlanmıştır.

5.2.1. Ticari soğutma uygulama alanları

a) Ticari soğutucular

- Yiyecekler için
  - -Soğutma kabinleri
  - -Dondurma kabinleri
  - -Yatay kabinler
  - -Hızlı soğutma
- Şişe rafları
- Hastaneler

b) Odalar

- Soğuk depolama odaları
- Dondurma odaları

c) Dondurma makineleri

- Endüstriyel dondurma makineleri
- Ev tipi dondurma makineleri
- Pastörize ve krema makineleri
- Krema makineleri

d) Akvaryum soğutucuları

e) İçecek soğutucular ve dağıtıcıları

- Su soğutucuları
- Hafif içecek soğutucuları
- Meyve suyu soğutucuları
- Bira servis cihazları
- Buzlu içecekler için
- Satış makineleri

f) Teşhir kasaları ve tezgâhlar

- Şarküteri et, meyve ve sebzeler ve süt ürünleri
- Şekerleme ve çikolata dolapları
- Self servis dolapları
- Dondurma teşhis dolapları
- Donmuş gıda teşhir dolapları
- Soğuk yiyecek dolapları
- Bar tezgahları

g) Buz makineleri

- Küp tipi buz üreten makineler
- İnce veya tanecikli buz üreten makineler [16]

6. YÖNTEM

Bu araştırmada Türkiye'de kullanılan (ithal edilen) gaz miktarlarının ve maliyetlerinin belirlenmesinde TÜİK'dan alınan gümrük tarifelerinden (GETİP); Çevresel etkilerinin belirlenmesinde ise Çevre ve orman bakanlığı verilerinden ve III. Ulusal tesisat mühendisliği kongresi ve sergisi bildiriler kitabından yararlanılmıştır.

Bu araştırma da kullanılan tüm soğutucu akışkanlara ait istatistiki veriler (TÜİK verileri) EK.1'de verilmiştir.

6.1. Kullanılan Soğutucu Akışkanların Çevresel Etkileri

Son yıllarda soğutucu akışkanların çevreye verdiği zararlar önemsenmeye başlamış ve bu konuda çeşitli çalışmalar ve araştırmalar yapılmaya başlanmıştır. Soğutucu akışkanların kullanımları yapılan anlaşmalar ve yaptırımlar sonucu bazı koşullara tabii tutulmaktadır. Bu yaptırımlar neticesinde ozon tabakasına zarar veren soğutucu akışkanlar kullanımdan kaldırılarak yerlerine kullanılmak için alternatif soğutucu akışkanlar bulunmaya çalışılmaktadır. Bu çalışmalar kapsamında ilk önce ozona zarar veren soğutucu akışkanlar belirlenmiş, sonra da bu gazlara alternatif olarak kullanılabilecek olan soğutucu akışkanlar tespit edilmiştir. En çok tercih edilen soğutucu akışkanların çevresel özellikleri Çizelge 6.1'de, belirlenen bu soğutucu akışkanların listesi türlerine göre ayrılarak Çizelge 6.2'de sunulmuştur. Alternatif soğutucu akışkanlar Çizelge 6.3.'te verilmiştir.

Çizelge 6.1. En çok tercih edilen soğutkanların çevresel özellikleri [16]

Soğutkan / Özellikleri	1 Atm'de normal kaynama noktası (^{0}C)	GWP ITH 100 yıl	ODP	Atmosferik Ömrü	Mol kütlesi (kg/mol)	Donma noktası (^{0}C)	Kritik sıcaklık (^{0}C)	Kritik basınç (kPa)
R-11	23.8	3400	1	-	137.37	-110.5	198	4410
R-12	-29.8	10600	0.93	122	120.93	-157.1	112	4116
R-12B1	-4	5100	5.1	20	165.36	-	154	4140
R-13	-81.3	12700	1	640	104.46	-181	29.2	3920
R-13B1	-57.7	5400	12	65	148.91	-168	67.1	3960
R-22	- 40.8	1900	0.055	18	86.47	-160	96.24	4981
R-114	3.6	9800	0.71	244	170.92	-94.2	145.7	3257
R-123	27.9	90	0.02	-	152.93	-107.15	183.8	3670
R-124	-13.19	430	0.05	-	136.47	-199.15	122.5	3660
R125	-48.1	3200	-	-	120.02	-100.63	66.3	3630
R-134a	-26.1	1200	-	-	102.03	-103.3	101.1	4060
R-141b	32	590	0.11	-	116.95	-	204.7	-
R-142b	-9.8	-	-	-	102.3	-131	137.1	4067
R-152a	-25	46	-	-	66.1	-117	113.5	4580
R-170	-88.6	3	-	-	30.07	-183	32.2	4891
R-290	-42.1	3	-	-	44.10	-187.7	96.8	4254
R-401A	-33.1	-	0.037	-	94.44	-	108	9.6
R-402A	-49.2	-	0.021	-	101.55	-	75.50	4.13
R-404A	-46.5	-	-	-	97.60	-	72.10	3.73
R-409A	-34.5	1290	0.039	-	97.4	-	106.8	4690
R-502	-45.4	7300	0.307	-	111.64	-	82.2	4075
R-503	-88.7	1385	0.6		87.7	-	19.5	4182
R-600	-0.5	3	-	-	58.13	-138.3	152	3794
R-600a	-11.73	3	-	0.8	58.13	-160	135	3645
R-717	-33.34	-	-	-	17.03	-77.6	132.4	11417
R-744	-78.4	1	-	200	44.01	-56.6	31.1	7372

Çizelge 6.2. Ozon tabakasına zarar veren gazlar ve bu zararlı olan gazlara alternatif olarak kullanılabilecek olan gazlar

Ozona zararlı soğutucu akışkanlar	Alternatif soğutucu akışkanlar	Doğal soğutucu akışkanlar	Karışım halindeki soğutucu akışkanlar
R-11*	R-22	R-170	R- 401A
R-12*	R-123	R-290	R- 402A
R-13*	R-124	R-600	R- 404A
R-14*	R-125	R-600a	R- 407C
R-113**	R-134a	R-717	R- 409A
R-114*	R-141b***	R-744	R- 410A
R-115*	R-142b***	R-1270	
R-143a*	R-152a		
R-502 **			
R-503			

* İthalatı yasak

** İthalatı ve İhracatı yasak

*** Kullanımı kotalı

Çizelge 6.3. Alternatif soğutucu gazlar

Ozona zararlı soğutucu akışkanlar	Ozona zarar veren gazlara alternatif	
	Yapay soğutucu akışkanlar	Doğal soğutucu akışkanlar
R-11	R-123	
R-12	R-134a R- 401A R- 409A	R-290 R- 600a
R-114	R- 124	R- 600a
R-502	R-125 R- 402A R- 404A	R- 290 R-717 R-1270
R-503		R-744
	R-22	R-290 R-717 R-1270

6.2. Kullanılan Soğutucu Akışkanların Ekonomik Etkileri

Uygulamalarda kullandığımız soğutucu akışkanlara alternatif olarak kullanacak olduğumuz soğutucu akışkanlarında maliyetler açısından elverişli olması gerekmektedir. En çok kullanılan ve kullanılabilecek olan soğutucu akışkanların yıllara göre birim fiyatları Çizelge 6.4.'te verilmiştir.

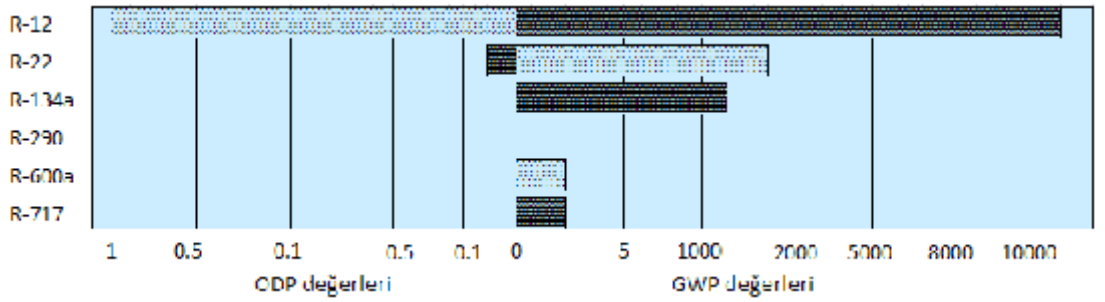
Çizelge 6.4. Soğutucu akışkanların yıllara göre birim fiyatları [22]

Soğutucu Akışkanlar	2000 ithalat kg / $	2004 ithalat kg / $	2005 ithalat kg / $	2006 ithalat kg / $	2007 ithalat kg / $	2008 ithalat kg / $	2009 ithalat kg / $
R-11	0.92	0.58	1.97	0	0	0	0
R-12	1.65	3	4	0	0	0	0
R-13	0	0	0	0	0	0	0
R-14	27.41	3	127	43.40	28.20	36.40	0
R-113	5.14	56	54.6	77.37	0	99.40	0
R-114	11.19	36.25	0	0	0	0	0
R-115	0	50.93	7.51	0	0	0	0
R-143a	1.15	1.32	1.66	0	0	0	0
R-502	0	0	0	0	0	13.6	0
R-503	0	0	0	0	11.86	14.25	85.59
R-22	1.7	1.8	2.2	2	1.8	2.4	1.9
R-123	3.82	8.3	8.69	9.67	7.56	7.14	8.67
R-124	9.85	11.92	27.12	27.30	21.15	30.94	0
R-125	0	0	0	0	0	6.6	0
R-134a	3.87	4.19	6.05	6.24	4.63	4.7	4.34
R-141b	1.85	1.96	2.19	2.11	2.31	2.58	2.41
R-142b	0	2.75	2.79	2.86	3.66	3.25	2.85
R-152a	0.42	0	0	0	2.89	2.35	2.33
R-170	75	70.8	96.7	0	0	0	0
R-290	0.47	0.45	0.53	0.6	0.68	0.85	0.46
R-600	0.62	2	6	2.8	2.6	7.54	8.83
R-600a	0	4	1.16	2.15	1.53	8.7	1.63
R-717	0.13	0.28	0.28	0.28	0.3	0.55	0.31
R-744	0.16	12.9	8.7	17.6	3	4	8
R-1270	0	4.5	16.1	29.52	0	4.36	4.1

6.3. Doğal Soğutucu Akışkanların Çevresel Etkileri

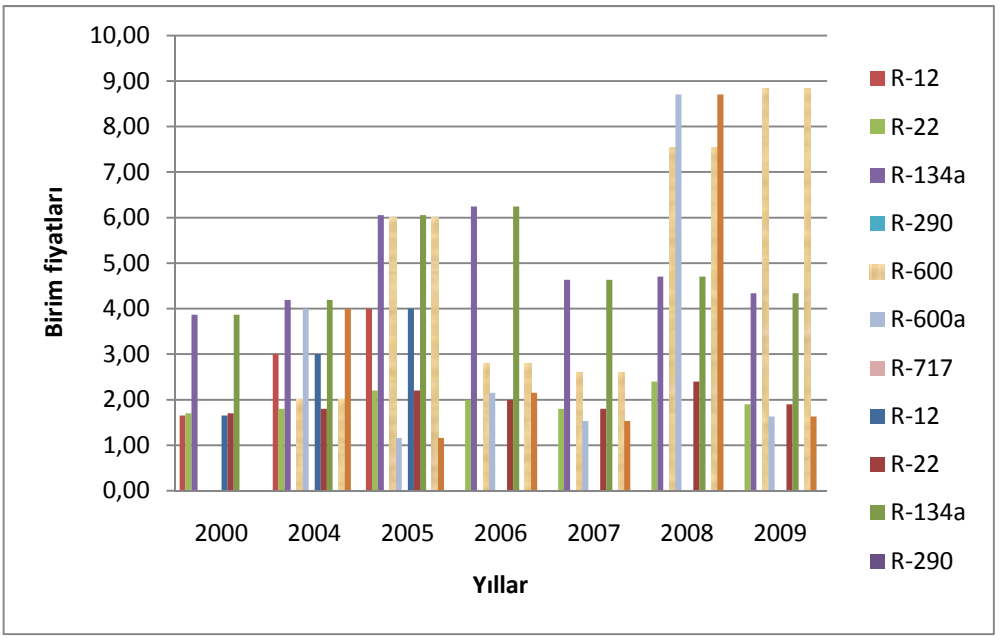
Soğutucu akışkanların çevresel etkileri belirlenmiştir. Doğal soğutucu akışkanlar çevrede kendiliğinden bulunduğu için çevre üzerinde zararlı etkileri yoktur. Ayrıca atmosferde de kolayca çözünebilirler. En çok kullanılan doğal soğutucu akışkanlarla ozona zararlı olan akışkanların çevreye olan etkileri Şekil 6.1.'de verilmektedir.

Şekil 6.1. En çok kullanılan doğal soğutucu akışkanlarla ozona zararlı olan akışkanların çevreye olan etkileri



6.4. Doğal Soğutucu Akışkanların Ekonomik Etkileri

Kullanılacak olan doğal soğutucu akışkanların kullanılacak olan sistemlerde cazip olması için maliyetlerinin de düşük olması gerekmektedir. Doğal soğutucu akışkanların yıllık birim fiyatları Şekil 6.2.'de verilmektedir.



Şekil 6.2.Doğal soğutucu akışkanların yıllık birim fiyatları [22]

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

7.1. Sonuçlar ve Tartışmalar

Elde edilen sonuçlar göre çevreye zararlı olan geleneksel soğutucu akışkanların (R-12, R-22, R-502,vb.) ozon tabakasını tahrip ettikleri (ODP) ve atmosferde kalma sürelerinin (GWP) yüksek olması sonucu sera etkisine neden oldukları görülmektedir. R-12 alternatifi olarak görülen R-134a gazının da ODP değerinin sıfır olmasına karşın GWP değerinin (1200) yüksek olması sonucu sera etkisine neden olmakta ve ayrıca geleneksel ve alternatif soğutucu akışkanların ülkemizde imal edilmemesinden dolayı da temininde güçlükler yaşanmakta ve bu maliyetleri yükseltmektedir.

Sonuç olarak evsel ve ticari soğutuculardа soğutucu madde olarak kullanılmakta olan R-12, R-22, R-134a gibi soğutucu maddeler hem ozon tabakasını inceltici ve delici etkiye sahiptir hem de atmosferde kalma sürelerinin uzun olması ayrıca ekonomik açıdan yüksek maliyetlidirler. Bu nedenle R-12, R-22, R-134a gibi soğutucu maddeler yerine evsel ve ticari soğutuculardа çevreye daha az zararlı ve maliyeti düşük olan R-290, R-600a, R-717 gibi doğal soğutucu akışkanların kullanılması uygun görülmektedir.

7.2. Öneriler

Bundan sonra yapılacak olan çalışmalarda doğal soğutucu akışkan kullanımı için tasarlanan soğutma cihazları deneysel metotlarla test edilerek ve uygulamalardan elde edilecek sonuçlarla beraber değerlendirilerek daha gerçekçi sonuçlar elde edilmesi mümkün olabilecektir.

KAYNAKLAR

1. Kırmacı, V., "Termoelektrik soğutma etkisinin soğutmada uygulanması", Yüksek Lisans Tezi, ***Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü***, Ankara, 50 (2002)

2. Doğan, K., "Ticari soğutucu üreticileri için R-12 yerine R-134a, R-290 ve R-404a soğutucu akışkanlarının kullanımı için teknoloji değişimi", Yüksek Lisans Tezi, ***Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü***, Ankara, 1-13 (1999)

3. Sözen, A., Menlik, T., Özdemir, V., ve Özbaş, E., "Güneş Enerjisi ile Soğutma", ***Platin***, 2:77-78 (2008)

4. Özkaya, M. G., Variyenli, H. İ., Gedik, B.," Ev Tipi Soğutuculardа Farklı Soğutucu Akışkanların Performanslarının Deneysel İncelenmesi" ***Tübav Bilim Dergisi***, 2:5 (2009)

5. Çomaklı, K., Şimşek, F., Özyurt, Ö., ve Bakırcı K., Kasım," Soğutma/Isıtma Sistemlerinde Kullanılan Soğutucu Akışkanlar ve Alternatifleri" ***Mühendis ve Makine,*** 562(47):33 (2006)

6. Ataer, Ö. E., Özalp, M., Bıyıklıoğlu, A., **"**Buhar sıkıştırmalı soğutma sistemlerinde soğutucu akışkan seçimi", V. Uluslar arası Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi Bildiriler Kitabı, yayın no.E/2001/269-1, ***Makina Mühendisleri Odası,*** İzmir, 481-488 (2001)

7. Dönmez, F.,ve Ekiz, N., "Soğutma Sistemlerinde Doğal Gaz Kullanımı", ***7.Uluslararası kojenerasyon ve çevre konferansı ve sergisi***, İstanbul, 1-21 (2001)

8. Ayvaz, Z., Ozon Tabakasını delen ve sera etkisi ile yeryüzünü ısıtan gazlara alternatifler, ***Çevre Dergisi***, 2:11-16(1992)

9. Keçebaş, A., Kayfeci M., "Alternatif evsel klima sistemlerinin klasik buhar sıkıştırmalı sistemlerle karşılaştırılması", ***Ulusal Temiz Enerji Günleri***, İstanbul, 743 (2008).

10. İsa, K., ve İslamoğlu, Y., R22 alternatifi soğutucu akışkanların değerlendirilmesi, Ağustos, ***Termodinamik Dergisi***,132(8):(2003).

11. Onat, A., İmal, M., İnan, A.T., Soğutucu akışkanların ozon tabakası üzerine etkilerinin araştırılması ve alternatif soğutucu akışkanlar, ***KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi***, 7(1):32-38 (2004).

12. Koyun, T.-A., Acar, M., Soğutma sistemlerinde kullanılan soğutucu akışkanlar ve bu akışkanların ozon tabakası üzerine etkileri, ***Tesisat Mühendisliği Dergisi***, 88:46-53 (2005).

13. Ağra, Ö., Alternatif soğutucu akışkanlardan izobütan'ın yatay boru içinde yoğuşmda ısı transferi katsayısının tespiti, ***Tesisat Mühendisliği Dergisi***, 109:28(2005).

14. Moo-Yeon, L., Dong-Yeon, L., Yongchan, K., International journal of refrigeration, ***CODEN IJRFDI***, 31(4):734-741(2008).

15. OZKOL, N., "Soğutma uygulamaları", Uygulamalı Soğutma Tekniği, 115(6), ***Makina Mühendisleri Odası,*** İzmir, 49-521 (2004).

16. BEŞER, E., III. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi Bildiriler Kitabı, 203(2), ***Makina Mühendisleri Odası,*** İzmir, 681-694(2007).

17. Beşer, E., Soğutucu maddelerle ilgili dünyada ve Türkiye'de gelişmeler, ***Mühendis ve Makine***, Ankara, 39 (458):15–26 (1998).

18. Bulgurcu, H., Kon, O., İlten, N., VIII. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, ***Makina Mühendisleri Odası,*** İzmir , 917-922 (2007).

19. Köksal, U., "Doğal gazın soğutma sistemlerinde kullanılması", bitirme tezi, ***Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü,*** İzmir, 18(2007).

20. Keogh, A., "Soğutucu Akışkan Seçimi ve Su Soğutma Grubu Tasarımı", ***Teknik Bülte*****n**, 4:1-10(2005).

21. İsa, K., "F-gaz yönetmeliği" 4. Uygulamalı İklimlendirme ve Soğutma Semineri ***Makina Mühendisleri Odası,*** İstanbul , 923-924(2006).

22. Dış Ticaret Bakanlığı, "Gümrük tarife istatistikleri", ***Türkiye İstatistik Kurumu,*** (2009).

EKLER

EK-1 Soğutucu Akışkanların Birim Fiyatları (2000-2009)

Tanım	Sembol	2000			
		İTHALAT	İHRACAT	İTHALAT	İHRACAT
		DOLAR	DOLAR	Kğ.	Kğ.
Karbon tetraklorür	**R-10**	104.237	794	65.310	300
Triklorflormetan	**CFC-11**	263.631	1.326	286.738	803
Diklordiflormetan	**CFC-12**	979.706	1.333	590.842	167
Bromoklorodiflorometan	**BFC-12B1**	0	0	0	0
Klortrifloro metan	**CFC-13**	0	0	0	0
Bromotriflorometan	**BFC-13B1**	17.997	0	1.000	0
Karbontetraflorür	**R-14**	3.043	0	111	0
Kloroform	**R-20**	140.324	4.157	103.778	1.567
Klorodiflor metan	**HCFC-22**	2.742.137	114.722	1.593.892	51.479
Triflormetan	**HCF-23**	0	0	0	0
Diklormetan; doymuş	**R-30**	2.414.398	18.480	6.043.691	33.115
Klorflor metan	**R-31**	0	0	0	0
Metil klorür	**R-40**	91.775	5.096	125.376	7.800
Flormetan	**HFC-41**	0	0	0	0
Metan	**R-50**	28.663	0	44.532	0
Tetraklorodifkloroetanlar	**CFC-112**	66.958	0	17.020	0
Triklortrifloretanlar	**CFC-113**	91.287	0	17.768	0
Diklortetrafloretanlar	**CFC-114**	12.308	0	1.100	0
Klorpentafloretan	**CFC-115**	0	0	0	0
Diklortriflor etan	**HCFC-123**	2.602	0	540	0
Klortetraflor etan	**HCFC-124**	11.747	0	1.193	0
Pentafloretan	**HFC-125**	0	0	0	0
Tetrafloretan	**HFC-134a**	2.388.885	82.248	617.718	82.084
Flordiklor etan	**HCFC-141b**	1.613.540	611	870.203	2.350
Klordiflor etan	**HCFC-142**	3.967	0	531	0
	R-142b	0	0	0	0
Metilklorofrom	**HFC-143a**	265.866	2.736	229.699	3.600
Difloretan	**HFC-152a**	18.711.171	0	44.876.748	0
Etan	**R-170**	75	0	1	0
Propan	**HC-290**	153.345	31.859	323.938	25.715
	CFC-502	0	0	0	0
Bütan	**HC-600**	330.752	107.569	536.372	260.406
İzobütan (Metilpropan)	**R-600a**	0	0	0	0
Hidrojen	**R-702**	32.329	24.975	11.806	4.725
Saf amonyak	**R-717**	99.436.764	4.116	745.211.658	24.890
Karbondioksit	**R-744**	211.769	211.131	1.252.770	469.384
Propilen	**R-1270**	0	0	0	0
Bütilen		0	0	0	0
Bütadien		0	10.678.050	0	48.103.040
Doğal gaz		0	0	0	0
Petrol gazı (LPG)		1.048.362.060	4.072.853	3.373.342.040	15.403.286

EK-1.(Devam) Soğutucu Akışkanların Birim Fiyatları (2000-2009)

Tanım	Sembol	2001			
		İTHALAT	İHRACAT	İTHALAT	İHRACAT
		DOLAR	DOLAR	Kğ.	Kğ.
Karbon tetraklorür	**R-10**	11.366	1.870	15.018	425
Triklorflormetan	**CFC-11**	108.869	2.024	108.520	1.634
Diklordiflormetan	**CFC-12**	1.027.483	3.038	621.139	338
Bromoklorodiflorometan	**BFC-12B1**	489.150	0	49.400	0
Klortrifloro metan	**CFC-13**	0	0	0	0
Bromotriflorometan	**BFC-13B1**	0	0	0	0
Karbontetraflorür	**R-14**	693	2.017	6	760
Kloroform	**R-20**	102.839	899	71.576	280
Klorodiflor metan	**HCFC-22**	1.967.783	181.824	1.313.565	87.484
Triflormetan	**HCF-23**	0	0	0	0
Diklormetan; doymuş	**R-30**	2.139.619	29.611	5.481.528	50.050
Klorflor metan	**R-31**	0	3.220	0	570
Metil klorür	**R-40**	0	7.229	0	10.610
Flormetan	**HFC-41**	0	0	0	0
Metan	**R-50**	19.865	0	30.794	0
Tetraklorodifkloroetanlar	**CFC-112**	0	0	0	0
Triklortrifloretanlar	**CFC-113**	7.094	0	204	0
Diklortetrafloretanlar	**CFC-114**	14.144	0	1.248	0
Klorpentafloretan	**CFC-115**	45.872	0	2.220	0
Diklortriflor etan	**HCFC-123**	21.470	3.220	2.560	570
Klortetraflor etan	**HCFC-124**	3.546	160	311	30
Pentafloretan	**HFC-125**	0	0	0	0
Tetrafloretan	**HFC-134a**	2.285.885	42.529	628.203	12.423
Flordiklor etan	**HCFC-141b**	766.662	0	431.845	0
Klordiflor etan	**HCFC-142**	3.729	0	531	0
	R-142b	0	0	0	0
Metilklorofrom	**HFC-143a**	125.520	0	116.096	0
Difloretan	**HFC-152a**	0	0	0	0
Etan	**R-170**	997	0	15	0
Propan	**HC-290**	5.364	42.399	4.899	53.106
	CFC-502	0	0	0	0
Bütan	**HC-600**	88.703	112.749	69.580	222.960
İzobütan (Metilpropan)	**R-600a**	0	0	0	0
Hidrojen	**R-702**	39.496	3.383	12.421	760
Saf amonyak	**R-717**	62.510.269	27.208	380.681.180	102.325
Karbondioksit	**R-744**	246.495	136.835	1.173.750	495.694
Propilen	**R-1270**	0	0	0	0
Bütilen		0	0	0	0
Bütadien		779	14.517.371	48	64.865.769
Doğal gaz		0	0	0	0
Petrol gazı (LPG)		920.261.575	4.914.322	3.205.469.027	30.622.203

EK-1.(Devam) Soğutucu Akışkanların Birim Fiyatları (2000-2009)

Tanım	Sembol	2002			
		İTHALAT	İHRACAT	İTHALAT	İHRACAT
		DOLAR	DOLAR	Kğ.	Kğ.
Karbon tetraklorür	**R-10**	8.725	0	12.303	0
Triklorflormetan	**CFC-11**	65.916	7.438	61.840	2.100
Diklordiflormetan	**CFC-12**	1.134.299	3.588	635.229	747
Bromoklorodiflorometan	**BFC-12B1**	10.271	0	1.300	0
Klortrifloro metan	**CFC-13**	0	0	0	0
Bromotriflorometan	**BFC-13B1**	16.973	0	1.000	0
Karbontetraflorür	**R-14**	0	0	0	0
Kloroform	**R-20**	111.772	13.324	73.623	4.020
Klorodiflor metan	**HCFC-22**	2.840.062	87.933	2.111.413	45.828
Triflormetan	**HCF-23**	0	0	0	0
Diklormetan; doymuş	**R-30**	3.115.881	37.936	7.389.644	62.554
Klorflor metan	**R-31**	0	0	0	0
Metil klorür	**R-40**	0	6.493	0	11.353
Flormetan	**HFC-41**	0	0	0	0
Metan	**R-50**	27.320	0	37.480	0
Tetraklorodifkloroetanlar	**CFC-112**	0	0	0	0
Triklortrifloretanlar	**CFC-113**	6.682	0	173	0
Diklortetrafloretanlar	**CFC-114**	0	0	0	0
Klorpentafloretan	**CFC-115**	0	0	0	0
Diklortriflor etan	**HCFC-123**	8.060	0	657	0
Klortetraflor etan	**HCFC-124**	9.406	0	753	0
Pentafloretan	**HFC-125**	0	0	0	0
Tetrafloretan	**HFC-134a**	3.559.654	96.083	1.038.036	24.345
Flordiklor etan	**HCFC-141b**	1.167.650	2.665	723.275	1.645
Klordiflor etan	**HCFC-142**	0	0	0	0
	R-142b	2.807.972	0	1.317.030	0
Metilklorofrom	**HFC-143a**	108.035	0	107.652	0
Difloretan	**HFC-152a**	0	0	0	0
Etan	**R-170**	1.352	0	300	0
Propan	**HC-290**	1.686.855	83.650	7.405.476	140.590
	CFC-502	37.810	3.585	5.753	406
Bütan	**HC-600**	155.527	212.842	70.378	390.180
İzobütan (Metilpropan)	**R-600a**	0	0	0	0
Hidrojen	**R-702**	60.318	1.911	2.444	380
Saf amonyak	**R-717**	72.055.899	654.496	598.111.557	7.978.381
Karbondioksit	**R-744**	353.401	191.157	786.296	759.585
Propilen	**R-1270**	0	0	0	0
Bütilen		0	0	0	0
Bütadien		0	16.219.962	0	67.116.414
Doğal gaz		0	0	0	0
Petrol gazı (LPG)		768.588.368	5.040.629	2.983.029.829	16.681.824

EK-1.(Devam) Soğutucu Akışkanların Birim Fiyatları (2000-2009)

Tanım	Sembol	2003			
		İTHALAT	İHRACAT	İTHALAT	İHRACAT
		DOLAR	DOLAR	Kğ.	Kğ.
Karbon tetraklorür	**R-10**	17.263	0	18.190	0
Triklorflormetan	**CFC-11**	177.730	985	120.680	154
Diklordiflormetan	**CFC-12**	824.141	2.198	331.589	413
Bromoklorodiflorometan	**BFC-12B1**	38.850	0	3.900	0
Klortrifloro metan	**CFC-13**	0	0	0	0
Bromotriflorometan	**BFC-13B1**	10.049	0	300	0
Karbontetraflorür	**R-14**	0	14.217	0	8.146
Kloroform	**R-20**	190.952	5.537	132.371	846
Klorodiflor metan	**HCFC-22**	2.925.207	122.100	1.932.180	51.577
Triflormetan	**HCF-23**	0	0	0	0
Diklormetan; doymuş	**R-30**	4.363.293	94.991	8.725.849	127.890
Klorflor metan	**R-31**	0	0	0	0
Metil klorür	**R-40**	0	6.964	0	10.235
Flormetan	**HFC-41**	0	0	0	0
Metan	**R-50**	39.762	10.300	43.090	1.600
Tetraklorodifkloroetanlar	**CFC-112**	0	0	0	0
Triklortrifloretanlar	**CFC-113**	22.796	0	553	0
Diklortetrafloretanlar	**CFC-114**	66.132	0	1.944	0
Klorpentafloretan	**CFC-115**	975	0	31	0
Diklortriflor etan	**HCFC-123**	25.557	0	3.108	0
Klortetraflor etan	**HCFC-124**	13.209	0	648	0
Pentafloretan	**HFC-125**	0	0	0	0
Tetrafloretan	**HFC-134a**	5.002.835	136.276	1.289.418	27.799
Flordiklor etan	**HCFC-141b**	1.941	0	1.127.100	0
Klordiflor etan	**HCFC-142**	1.278	0	1.000	0
	R-142b	5.194.028	0	2.077.200	0
Metilklorofrom	**HFC-143a**	118.962	0	107.603	0
Difloretan	**HFC-152a**	0	0	0	0
Etan	**R-170**	0	0	0	0
Propan	**HC-290**	840.971	116.480	2.409.953	166.412
	CFC-502	0	105	0	14
Bütan	**HC-600**	181.644	125.156	83.726	254.380
İzobütan (Metilpropan)	**R-600a**	0	0	0	0
Hidrojen	**R-702**	10.123	2.081	242	190
Saf amonyak	**R-717**	105.547.601	1.707.269	546.912.186	8.808.095
Karbondioksit	**R-744**	205.425	185.480	132.895	678.500
Propilen	**R-1270**	1.070	0	1.430	0
Bütilen		0	0	0	0
Bütadien		0	19.121.737	0	56.186.715
Doğal gaz		0	0	0	0
Petrol gazı (LPG)		922.041.634	113.707.432	3.017.107.774	277.908.719

EK-1.(Devam) Soğutucu Akışkanların Birim Fiyatları (2000-2009)

Tanım	Sembol	2004			
		İTHALAT	İHRACAT	İTHALAT	İHRACAT
		DOLAR	DOLAR	Kğ.	Kğ.
Karbon tetraklorür	**R-10**	75.834	181	12.956	10
Triklorflormetan	**CFC-11**	145.790	0	92.540	0
Diklordiflormetan	**CFC-12**	497.619	0	164.371	0
Bromoklorodiflorometan	**BFC-12B1**	17.066	0	3.380	0
Klortrifloro metan	**CFC-13**	0	0	0	0
Bromotriflorometan	**BFC-13B1**	19.682	0	990	0
Karbontetraflorür	**R-14**	8.199	0	2.710	0
Kloroform	**R-20**	160.177	7.966	81.857	5.512
Klorodiflor metan	**HCFC-22**	4.792.654	167.969	2.620.341	58.586
Triflormetan	**HCF-23**	0	0	0	0
Diklormetan; doymuş	**R-30**	6.835.450	45.382	11.273.742	65.320
Klorflor metan	**R-31**	0	0	0	0
Metil klorür	**R-40**	13.557	0	19.608	0
Flormetan	**HFC-41**	0	0	0	0
Metan	**R-50**	34.897	220	14.905	125
Tetraklorodifkloroetanlar	**CFC-112**	0	0	0	0
Triklortrifloretanlar	**CFC-113**	11.939	6.100	213	670
Diklortetrafloretanlar	**CFC-114**	39.148	0	1.080	0
Klorpentafloretan	**CFC-115**	3.565	0	70	0
Diklortriflor etan	**HCFC-123**	4.484	0	540	0
Klortetraflor etan	**HCFC-124**	21.876	0	1.836	0
Pentafloretan	**HFC-125**	0	0	0	0
Tetrafloretan	**HFC-134a**	7.374.508	180.606	1.761.582	35.690
Flordiklor etan	**HCFC-141b**	3.770.825	374.315	1.919.000	150.400
Klordiflor etan	**HCFC-142**	0	0	0	0
	R-142b	7.328.665	0	2.667.880	0
Metilklorofrom	**HFC-143a**	52.023	26.208	39.520	10.400
Difloretan	**HFC-152a**	0	0	0	0
Etan	**R-170**	2.547	0	36	0
Propan	**HC-290**	4.075.373	175.945	9.148.359	274.736
	CFC-502	0	1.956	0	549
Bütan	**HC-600**	401.779	75.310	197.828	114.783
İzobütan (Metilpropan)	**R-600a**	9.110	0	2.242	0
Hidrojen	**R-702**	18.944	1.182	3.891	265
Saf amonyak	**R-717**	151.292.672	12.882.702	542.541.627	55.293.436
Karbondioksit	**R-744**	260.353	785.291	20.060	2.955.860
Propilen	**R-1270**	1.546	7.213	343	248
Bütilen		263	4.590	3	20
Bütadien		0	26.344.358	0	64.555.184
Doğal gaz		0	0	0	0
Petrol gazı (LPG)		1.090.661.576	218.933.757	2.674.504.139	451.610.374

EK-1.(Devam) Soğutucu Akışkanların Birim Fiyatları (2000-2009)

Tanım	Sembol	2005			
		İTHALAT	İHRACAT	İTHALAT	İHRACAT
		DOLAR	DOLAR	Kğ.	Kğ.
Karbon tetraklorür	**R-10**	24.854	159	1.606	2
Triklorflormetan	**CFC-11**	81.432	125	41.490	60
Diklordiflormetan	**CFC-12**	388.237	0	96.356	0
Bromoklorodiflorometan	**BFC-12B1**	0	0	0	0
Klortrifloro metan	**CFC-13**	0	0	0	0
Bromotriflorometan	**BFC-13B1**	0	0	0	0
Karbontetraflorür	**R-14**	3.815	234	30	130
Kloroform	**R-20**	157.971	17.052	200.304	2.305
Klorodiflor metan	**HCFC-22**	6.888.480	82.552	3.089.757	27.014
Triflormetan	**HCF-23**	0	0	0	0
Diklormetan; doymuş	**R-30**	7.711.091	42.027	11.435.808	57.584
Klorflor metan	**R-31**	0	0	0	0
Metil klorür	**R-40**	101	854	1	380
Flormetan	**HFC-41**	0	0	0	0
Metan	**R-50**	40.010	831	1.606	405
Tetraklorodifkloroetanlar	**CFC-112**	0	0	0	0
Triklortrifloretanlar	**CFC-113**	19.001	0	348	0
Diklortetrafloretanlar	**CFC-114**	0	0	0	0
Klorpentafloretan	**CFC-115**	5.259	679	700	16
Diklortriflor etan	**HCFC-123**	43.776	0	5.040	0
Klortetraflor etan	**HCFC-124**	5.885	0	217	0
Pentafloretan	**HFC-125**	0	0	0	0
Tetrafloretan	**HFC-134a**	10.560.372	155.058	1.743.212	27.518
Flordiklor etan	**HCFC-141b**	3.298.107	0	1.507.700	0
Klordiflor etan	**HCFC-142**	0	0	0	0
	R-142b	11.033.430	0	3.957.100	0
Metilklorofrom	**HFC-143a**	97.501	0	58.760	0
Difloretan	**HFC-152a**	0	0	0	0
Etan	**R-170**	290	0	3	0
Propan	**HC-290**	14.182.576	2.322.974	27.007.332	4.114.937
	CFC-502	0	1.910	0	446
Bütan	**HC-600**	471.960	320	77.677	930
İzobütan (Metilpropan)	**R-600a**	68.953	15943	43.508	5215
Hidrojen	**R-702**	34.226	3.588	3.490	314
Saf amonyak	**R-717**	120.095.616	10.286.611	434.614.706	32.151.588
Karbondioksit	**R-744**	210.676	1.710.304	24.185	8.196.082
Propilen	**R-1270**	4.380	0	272	0
Bütilen		0	0	0	0
Bütadien		0	49.503.782	0	77.900.178
Doğal gaz		0	0	0	0
Petrol gazı (LPG)		1.557.703.174	443.840.921	3.205.171.924	842.629.347

EK-1.(Devam) Soğutucu Akışkanların Birim Fiyatları (2000-2009)

Tanım	Sembol	2006			
		İTHALAT	İHRACAT	İTHALAT	İHRACAT
		DOLAR	DOLAR	Kğ.	Kğ.
Karbon tetraklorür	**R-10**	17.061	0	843	0
Triklorflormetan	**CFC-11**	0	212	0	52
Diklordiflormetan	**CFC-12**	0	938	0	168
Bromoklorodiflorometan	**BFC-12B1**	0	0	0	0
Klortrifloro metan	**CFC-13**	0	1.200	0	271
Bromotriflorometan	**BFC-13B1**	65.052	0	3.410	0
Karbontetraflorür	**R-14**	10.414	0	240	0
Kloroform	**R-20**	267.117	9.149	272.753	1.723
Klorodiflor metan	**HCFC-22**	7.617.361	118.141	3.804.544	46.162
Triflormetan	**HCF-23**	0	0	0	0
Diklormetan; doymuş	**R-30**	7.513.933	219.488	11.944.273	207.669
Klorflor metan	**R-31**	0	0	0	0
Metil klorür	**R-40**	107	3.659	1	687
Flormetan	**HFC-41**	0	0	0	0
Metan	**R-50**	76.835	1.529	2.122	166
Tetraklorodifkloroetanlar	**CFC-112**	0	0	0	0
Triklortrifloretanlar	**CFC-113**	25.841	0	334	0
Diklortetrafloretanlar	**CFC-114**	0	0	0	0
Klorpentafloretan	**CFC-115**	0	0	0	0
Diklortriflor etan	**HCFC-123**	2.554	0	264	0
Klortetraflor etan	**HCFC-124**	6.362	0	233	0
Pentafloretan	**HFC-125**	0	0	0	0
Tetrafloretan	**HFC-134a**	13.101.062	222.975	2.099.806	38.587
Flordiklor etan	**HCFC-141b**	4.089.371	0	1.937.240	0
Klordiflor etan	**HCFC-142**	0	0	0	0
	R-142b	16.267.535	0	5.682.959	0
Metilklorofrom	**HFC-143a**	0	1.360	0	296
Difloretan	**HFC-152a**	0	0	0	0
Etan	**R-170**	0	0	0	0
Propan	**HC-290**	28.297.110	4.432.672	47.207.030	7.655.063
	CFC-502	0	258	0	68
Bütan	**HC-600**	726.953	15.451	261.066	1.725
İzobütan (Metilpropan)	**R-600a**	10.310	17.236	4.799	5.037
Hidrojen	**R-702**	14.185	7.566	1.095	918
Saf amonyak	**R-717**	176.083.180	977.570	622.71.301	2.316.993
Karbondioksit	**R-744**	132.201	2.989.028	7.510	14.873.664
Propilen	**R-1270**	1.299	0	44	0
Bütilen		0	4.140	0	1.387
Bütadien		0	89.612.538	0	122.119.844
Doğal gaz		0	1.130.819	0	2.973.679
Petrol gazı (LPG)		1.556.661.925	76.098.977	2.814.167.519	131.290.464

EK-1.(Devam) Soğutucu Akışkanların Birim Fiyatları (2000-2009)

Tanım	Sembol	2007			
		İTHALAT	İHRACAT	İTHALAT	İHRACAT
		DOLAR	DOLAR	Kğ.	Kğ.
Karbon tetraklorür	**R-10**	0	0	0	0
Triklorflormetan	**CFC-11**	0	1.199	0	125
Diklordiflormetan	**CFC-12**	0	0	0	0
Bromoklorodiflorometan	**BFC-12B1**	15.463	0	1.476	0
Klortrifloro metan	**CFC-13**	0	0	0	0
Bromotriflorometan	**BFC-13B1**	22.518	0	990	0
Karbontetraflorür	**R-14**	7.076	6.085	251	180
Kloroform	**R-20**	208.182	16.761	88.343	2.411
Klorodiflor metan	**HCFC-22**	8.569.606	87.805	4.760.910	40.893
Triflormetan	**HCF-23**	29.696	0	1.004	0
Diklormetan; doymuş	**R-30**	8.368.282	118.162	13.138.850	144.195
Klorflor metan	**R-31**	0	0	0	0
Metil klorür	**R-40**	636.244	2.338	230.320	663
Flormetan	**HFC-41**	0	0	0	0
Metan	**R-50**	133.069	8.116	21.785	407
Tetraklorodifkloroetanlar	**CFC-112**	0	0	0	0
Triklortrifloretanlar	**CFC-113**	0	0	0	0
Diklortetrafloretanlar	**CFC-114**	0	0	0	0
Klorpentafloretan	**CFC-115**	0	0	0	0
Diklortriflor etan	**HCFC-123**	38.923	0	5.148	0
Klortetraflor etan	**HCFC-124**	54.551	0	2.579	0
Pentafloretan	**HFC-125**	0	0	0	0
Tetrafloretan	**HFC-134a**	10.900.855	348.894	2.353.629	50.516
Flordiklor etan	**HCFC-141b**	5.927.879	0	2.562.160	0
Klordiflor etan	**HCFC-142**	0	0	0	0
	R-142b	17.996.429	565	2.562.160	144
Metilklorofrom	**HFC-143a**	0	0	0	0
Difloretan	**HFC-152a**	117.651	4.388	51.383	1.950
Etan	**R-170**	0	0	0	0
Propan	**HC-290**	10.550.070	530.720	15.599.101	552.676
	CFC-502	0	0	0	0
Bütan	**HC-600**	342.486	25.819	131.278	17.930
İzobütan (Metilpropan)	**R-600a**	19.656	20.592	12.879	4.052
Hidrojen	**R-702**	24.750	1.106	2.534	105
Saf amonyak	**R-717**	223.595.663	863.742	736.506.197	1.387.377
Karbondioksit	**R-744**	232.962	5.350.569	76.187	24.275.546
Propilen	**R-1270**	0	0	0	0
Bütilen		0	0	0	0
Bütadien		0	45.647.229	0	62.347.287
Doğal gaz		0	4.344.762	0	5.392.384
Petrol gazı (LPG)		1.739.512.449	61.081.436	2.728.669.574	86.619.029

EK-1.(Devam) Soğutucu Akışkanların Birim Fiyatları (2000-2009)

Tanım	Sembol	2008			
		İTHALAT	İHRACAT	İTHALAT	İHRACAT
		DOLAR	DOLAR	Kğ.	Kğ.
Karbon tetraklorür	**R-10**	0	0	0	0
Triklorflormetan	**CFC-11**	0	572	0	8
Diklordiflormetan	**CFC-12**	0	0	0	0
Bromoklorodiflorometan	**BFC-12B1**	0	0	0	0
Klortrifloro metan	**CFC-13**	0	0	0	0
Bromotriflorometan	**BFC-13B1**	0	0	0	0
Karbontetraflorür	**R-14**	17.173	22.441	472	713
Kloroform	**R-20**	187.589	51.199	48.514	6.253
Klorodiflor metan	**HCFC-22**	9.065.453	163.360	3.815.192	58.373
Triflormetan	**HCF-23**	18.511	3.329	521	126
Diklormetan; doymuş	**R-30**	8.466.950	97.493	12.720.130	96.756
Klorflor metan	**R-31**	0	0	0	0
Metil klorür	**R-40**	836.561	3.955	252.447	2.608
Flormetan	**HFC-41**	7.138	633	258	20
Metan	**R-50**	91.967	306	2.711	9
Tetraklorodifkloroetanlar	**CFC-112**	0	0	0	0
Triklortrifloretanlar	**CFC-113**	15.704	2.879	158	240
Diklortetrafloretanlar	**CFC-114**	0	0	0	0
Klorpentafloretan	**CFC-115**	0	0	0	0
Diklortriflor etan	**HCFC-123**	56.382	0	7.898	0
Klortetraflor etan	**HCFC-124**	17.943	0	580	0
Pentafloretan	**HFC-125**	16.830	0	2.550	0
Tetrafloretan	**HFC-134a**	9.657.368	517.600	2.056.663	86.614
Flordiklor etan	**HCFC-141b**	6.002.402	0	2.324.710	0
Klordiflor etan	**HCFC-142**	0	0	0	0
	R-142b	14.828.170	374	4.561.010	324
Metilklorofrom	**HFC-143a**	0	0	0	0
Difloretan	**HFC-152a**	338.480	0	144.310	0
Etan	**R-170**	0	0	0	0
Propan	**HC-290**	11.094.089	344.344	13.091.373	254.496
	CFC-502	136	332	10	15
Bütan	**HC-600**	265.781	31.610	35.241	2.636
İzobütan (Metilpropan)	**R-600a**	4.284	20.137	493	10.239
Hidrojen	**R-702**	25.367	4.875	1.642	248
Saf amonyak	**R-717**	338.643.151	397.767	612.583.050	247.273
Karbondioksit	**R-744**	190.415	7.056.341	47.334	28.175.098
Propilen	**R-1270**	597.595	0	136.926	0
Bütilen		0	0	0	0
Bütadien		0	120.763.341	0	127.488.097
Doğal gaz		0	60.932.155	0	413.240.877
Petrol gazı (LPG)		2.219.269.348	67.791.648	2.700.016.410	89.873.820

EK-1.(Devam) Soğutucu Akışkanların Birim Fiyatları (2000-2009)

Tanım	Sembol	2009			
		İTHALAT	İHRACAT	İTHALAT	İHRACAT
		DOLAR	DOLAR	Kğ.	Kğ.
Karbon tetraklorür	**R-10**	0	0	0	0
Triklorflormetan	**CFC-11**	0	0	0	0
Diklordiflormetan	**CFC-12**	0	0	0	0
Bromoklorodiflorometan	**BFC-12B1**	0	0	0	0
Klortrifloro metan	**CFC-13**	0	0	0	0
Bromotriflorometan	**BFC-13B1**	0	0	0	0
Karbontetraflorür	**R-14**	0	15.625	0	1.485
Kloroform	**R-20**	82.373	14.073	36.004	2.126
Klorodiflor metan	**HCFC-22**	3.447.248	85.149	1.797.456	35.086
Triflormetan	**HCF-23**	13.549	0	65	0
Diklormetan; doymuş	**R-30**	3.476.191	35.516	7.502.329	55.444
Klorflor metan	**R-31**	0	0	0	0
Metil klorür	**R-40**	345.826	4.481	103.705	3.517
Flormetan	**HFC-41**	0	0	0	0
Metan	**R-50**	337.823	2.734	79.851	108
Tetraklorodifkloroetanlar	**CFC-112**	0	0	0	0
Triklortrifloretanlar	**CFC-113**	0	0	0	0
Diklortetrafloretanlar	**CFC-114**	0	0	0	0
Klorpentafloretan	**CFC-115**	0	0	0	0
Diklortriflor etan	**HCFC-123**	10.679	0	1.232	0
Klortetraflor etan	**HCFC-124**	0	0	0	0
Pentafloretan	**HFC-125**	0	0	0	0
Tetrafloretan	**HFC-134a**	4.388.773	437.681	1.010.398	80.120
Flordiklor etan	**HCFC-141b**	865.061	0	358.220	0
Klordiflor etan	**HCFC-142**	0	0	0	0
	R-142b	3.385.220	0	1.188.680	0
Metilklorofrom	**HFC-143a**	0	0	0	0
Difloretan	**HFC-152a**	701.440	0	301.400	0
Etan	**R-170**	0	449	0	185
Propan	**HC-290**	2.937.084	40.276	6.423.727	45.198
	CFC-502	0	0	0	53.053
Bütan	**HC-600**	80.927	3.087	9.166	723
İzobütan (Metilpropan)	**R-600a**	25.532	4.817	15.680	805
Hidrojen	**R-702**	12.589	3.188	858	192
Saf amonyak	**R-717**	102.827.372	782.501	331.293.737	972.905
Karbondioksit	**R-744**	62.955	3.108.913	7.809	14.092.432
Propilen	**R-1270**	301.673	0	73.546	0
Bütilen		0	0	0	0
Bütadien		0	7.628.645	0	15.959.450
Doğal gaz		0	50.275.251	0	338.019.539
Petrol gazı (LPG)		644.321.040	33.145.427	1.409.503.123	71.910.421

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı,adı	:COŞKUN, Volkan
Uyruğu	:T.C.
Doğum tarihi ve yeri	:01.08.1979 Erzincan
Medeni hali	:Bekar
Telefon	:0 (232) 369 06 95
Faks	:
e-mail	:volkanaq@gmail.com

Eğitim

Derece	**Eğitim Birimi**	**Mezuniyet tarihi**
Lisans	Gazi Üniversitesi/Tesisat Bölümü	2004
Lise	Mimar Sinan Endüstri Meslek Lisesi	1996

Hobiler

Basketbol, Bilgisayar, Fotografçılık