



SOĞUTUCU AKIŞKANLARIN YÖNETİMİ

Doç.Dr. Deniz YILMAZ - Dr.Öğr.Üyesi Şule KAPKIN

SOĞUTUCU AKIŞKANLARIN YÖNETİMİ

Doç.Dr.Deniz YILMAZ
Dr.Öğr.Üyesi Şule KAPKIN

Soğutucu Akışkanların Yönetimi

Bu kitabın bütün yayın hakları SOSİAD (Soğutma Sanayi İş İnsanları Derneği İktisadi İşletmesi)'a aittir. SOSİAD'dan izin alınmadan, kaynağın açıkça belirtildiği akademik çalışmalar ve tanıtım faaliyetleri haricinde, kısmen veya tamamen hiçbir matbu ve dijital ortamda kopya edilemez, çoğaltılamaz ve yayımlanamaz.



Soğutma Sanayi İş İnsanları Derneği İktisadi İşletmesi

Fulya Mah. Ortaklar Cad. Aksu Apt. No:4 D:15, Mecidiyeköy, Şişli, İstanbul,
34394 TÜRKİYE

+90 212 252 7739 +90 212 252 7749

www.sosiad.org.tr info@sosiad.org.tr

SOSİAD Teknik Yayınlar: 02

Yayıncı Sertifika No: 77520

ISBN:

978-625-95413-1-0

Uygulama:

Nükte KURTÇU

ALLSAESONS NEWS AJANS VE İLETİŞİM DANIŞMANLIĞI

Siyavuşpaşa Mahallesi Onur Apt. No:11 Kapı No:3 Bahçelievler - İstanbul
info@allseasonsnews.com • www.allseasonsnews.com



Önsöz

Soğutma sektörünün küresel CO₂ emisyonlarının yaklaşık %10'undan sorumlu olduğu bilinmektedir. En yaygın soğutucu akışkan türü, “CFC” kısıltılmasıyla bilinen kloroflorokarbonlardı. Ancak CFC'lerin ozon tabakasını incelttiği tespit edildikten sonra, aşamalı olarak kullanımını sonlandırmak için dünya çapında çaba gösterildi. 1987 yılında 200'den fazla ülke tarafından imzalanan ve bir dönüm noktası niteliğinde olan Montreal Protokolü ile çevreye zararlı kimyasalların artık üretilmeyeceği kararı alındı.

Ancak CFC'leri terk etme çabası, birçok soğutucu gaz üreticisinin bunları hidroflorokarbonlar (HFC'ler) ve hidrokloroflorokarbonlar (HCFC'ler) ile değiştirmesiyle sonuçlandı. Bu soğutucu gazlar ozon tabakasına çok daha az zarar vermekle birlikte, son derece olumsuz etkiye sahip sera gazlarıdır. Küresel ısınma potansiyeli (GWP) değerleri, karbondioksitten binlerce kat daha fazladır. Bunun nedeni, CFC, HFC ve HCFC'lerin kızılötesi radyasyonu da emmesi ve ısının atmosfer dışına yansımaya izin vermek yerine atmosfer içinde hapsederek küresel ısınma etkisi yaratmasıdır.

Bu kimyasallar çok farklı amaçla kullanılsa da bugüne kadarki en büyük emisyon kaynağı soğutma ve iklimlendirme sistemleridir. Zamanla işletme hataları nedeniyle, soğutma sistemlerinden veya taşıt klima sistemlerinden atmosfere sızabilirler.

2016 yılından itibaren, 150'den fazla ülkeden yetkililer Kigali Değişikliği'ne taraf oldular ve 2047'ye kadar HFC tüketimini %80-85 oranında azaltmayı kabul ettiler. Bu başarılsa, bu yüzyılın sonuna kadar 0.4°C'den fazla gerçekleşmesi beklenen küresel ısınmanın önüne geçilebilir. Ancak, bu noktada hepimizin üzerine düşen sosyal sorumluluklar bulunmaktadır.

Bu kitabın amacı, soğutucu akışkanların çevresel etkilerini azaltma konusunda yapılan çalışmalara katkı sağlamak, ilgili kişileri bilinçlendirmek ve farkındalığın artmasına destek olmaktır. Bu kitap, UNEP Ozon Action'ın "Refrigerant Management" başlıklı yayınına dayanmaktadır ve UNEP OzonAction tarafından hazırlanmış eğitimin bir parçası olan kitap ve etkinliklerini içermektedir. Kitabın orijinal versiyonuna, bazı eklemeler/çıkarmalar yapılmıştır. Birkaç bölümde anlatımı desteklemek için yine bu eğitimin bir parçası olan sunumlardan anlatımlar ve görseller eklenmiştir. Baskıya uygun olmayan bazı görseller, benzer içerikli yeni görseller ile desteklenmiştir. 5.Bölüm'deki notların orijinal versiyonunda bulunmakta olan ASHRAE standartlarının çevirileri notlara eklenmemiş olup, okuyucular notların orijinal versiyonundan takip edebilirler. Kitabın orijinalinde kaynakça listesi bulunmadığından kaynaklar araştırılmış ve bulunabilenler bu kitabın sonunda listelenmiştir. Kitabın hazırlandığı sırada, bazı tarihlerde ve konularda güncellemeler olmuştur, bu sebeple kitabın en sonuna güncel durumu içeren bir bölüm eklenmiş ve kitaptaki bazı tablolarda da güncellemeler yapılmıştır.

Bu kitabın Türkçe versiyonunun basımı için gerekli izinleri alan Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı Ulusal Koordinatörü Sayın Zeynep Gökçen Aşan'a, UNEP Kıdemli Danışmanı Steve Comstock, UNEP Kıdemli Program Yöneticisi Tatiana Terekhova'ya, ASHRAE Yayın ve Eğitim Direktörü Mark Owen'a, Ashrae Turkish Chapter'a; kitabın hazırlanmasında destek olan Makine mühendisi Sayın Ahmet Hakan Vardı'ya; tüm bu süreçte destek veren İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa ve İstanbul Arel Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümlerine, Frigo Grup Yönetim kurulu başkanı Sayın Cemal Yılmaz'a; kitabın yayınlanması, basımı ve dağıtımını konusunda destek veren Soğutma Sanayi İş İnsanları Derneği (SOSİAD)'ne, Dernek Başkanı Sayın Türkay Yıldırım ve Başkan Yardımcısı Sayın Hayati Can başta olmak üzere derneğin Eğitim Komisyonu ve Yayın Kurulu'na ve tüm sponsor firmalara Teşekkürlerimizle...

Doç. Dr. Deniz YILMAZ

İstanbul Arel Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi
Makine Mühendisliği Bölümü

Dr. Öğr. Üyesi Şule KAPKIN

İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
Mühendislik Fakültesi
Makine Mühendisliği Bölümü



Bu yayının içeriği, Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) OzonAction tarafından Lübnan hükümetinin Ulusal Ozon Birimi temsilciliği ile işbirliği ve desteği altında geliştirilen "Refrigerant Management. Special University Course for Future Engineers-Geleceğin Mühendisleri için Özel Üniversite Kursu" (orijinal yayın tarihi: 2017) adlı yayından uyarlanmıştır. Bu yayın, Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) OzonAction tarafından, Lübnan hükümetinin Ulusal Ozon Birimi (NOU) ve Beyrut Amerikan Üniversitesi (AUB) ile Mühendislik Fakültesi'nin işbirliği ve desteği ile geliştirilmiştir. Bu Türkçe versiyon, yazar/yayıncı tarafından bağımsız olarak çevrilmiş ve uyarlanmıştır. Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP), bu Türkçe uyarlamadaki içeriğin doğruluğu, güvenilirliği veya eksiksizliğinden sorumlu değildir.

İÇİNDEKİLER

MODÜL 1

4 HAFTA

SOĞUTMA VE İKLİMLENDİRME ENDÜSTRİSİ,
SOĞUTUCU AKIŞKANLARIN EVRİMİ VE ÇEVRESEL ETKİLERİ

MODÜL 2

3.5 HAFTA

FARKLI SEKTÖRLER İÇİN ALTERNATİF SOĞUTUCU
AKIŞKANLAR VE YAĞLAR

MODÜL 3

3 HAFTA

SOĞUTUCU AKIŞKANLARIN MUHAFAZASI, İKLİMLENDİRME
VE SOĞUTMA SİSTEMLERİNİN SERVİS VE BAKIMI

MODÜL 4

1.5 HAFTA

SOĞUTUCU AKIŞKANLARIN
GÜVENLİ KULLANIMI VE TAŞINMASI

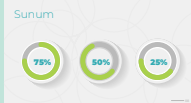
MODÜL 5

2 HAFTA

İLGİLİ STANDARTLAR

Her Modül Aşağıdaki Parçalardan Oluşmaktadır:

1 SUNUM



2 KİTAP



3 ETKİNLİK SAYFASI





MODÜL 1

SÜRE: 4 HAFTA

SOĞUTMA VE İKLİMLENDİRME ENDÜSTRİSİ, SOĞUTUCU
AKIŞKANLARIN EVRİMİ VE ÇEVRESEL ETKİLERİ

1. GİRİŞ:

İklimlendirme endüstrisi hayatımızdaki hemen hemen her uygulamada etkileşime girdiğinden, iklimlendirme endüstrisi ile tanışmak önemli bir konudur. İklimlendirme sistemleri, soğutma veya ısıtma yapabilmek için soğutma çevrimini kullanır ve OTİM (Ozon tabakasını incelten maddeler), soğutma çevriminde kullanılan soğutucu akışkanların türü ile ilişkilendirilir. Bu durumda, iklimlendirme sisteminden çıkan zararlı gazlara yapılan atıfın, soğutma sistemini çalıştıran soğutucu gazı ima ettiği açıkça anlaşılmaktadır. Sızıntılar ve yanlış bakım uygulamaları nedeniyle iklimlendirme sistemlerinden atmosfere salınan ve toksik olduğu düşünülen gazlar, birçok çevresel soruna neden olduğundan, bu gazları (soğutucu akışkanlar) kontrol etmenin gerekli olduğu düşünülmektedir. Bu bölümde, iklimlendirme sistemleri, soğutucu gazlar ve bu gazların küresel ısınma ve ozon tabakasının incelmeye açısından çevre üzerindeki etkileri ile kullanımlarını kontrol altına almak için geliştirilen anlaşmalar hakkında bilgi edineceğiz.



2. SOĞUTMA ENDÜSTRİSİ: TARİHÇE VE ZAMAN ÇİZELGESİ

- Tarih öncesi çağlarda insanoğlu, yiyecek bulunamadığı zamanlarda yiyeceklerini bir mağaranın serinliğinde ya da karda saklayarak daha uzun süre dayanabileceğini keşfetmiştir.
- Çin'de ilk milenyumun öncesinde buz hasat edilir ve depolanırdı.
- İbraniler, Yunanlılar ve Romalılar büyük miktarlarda karı toprağa kazılmış ve odun ve samanla yalıtılmış depolama çukurlarına yerleştirmişlerdir.
- Eski Mısırlılar toprak küpleri kaynamış suyla doldurup çatılarına koyuyor ve böylece küpleri gecenin serin havasına maruz bırakıyorlardı.
- Hindistan'da buharlaştırmalı soğutma kullanılıyordu. Bir sıvı hızla buharlaştığında, hızla genişler. Kinetik enerji artar ve bu artış ile buharın yakın çevresinden ısı çekilir. Bu nedenle bu çevre soğutulurdu.
- Gıdaların soğutulması tarihindeki ikinci aşama, suya sodyum nitrat ya da potasyum nitrat gibi kimyasallar ekleyerek sıcaklığın düşmesini sağlamaktı. Bu yöntemle içeceklerin soğutulması 1550 yılında kaydedilmiştir.
- 1600 yılında Fransa'da insanlar uzun saplı şişeleri içinde tuz ruhu eritilmiş suyun içinde döndürüyorlardı. Bu çözelti çok düşük sıcaklıklar üretmek ve buz yapmak için kullanılabiliyordu.
- 1800'lerin ortalarında, "Buz Kralı" olarak tanınan İngiliz Frederick Tudor, tropikal iklimlere buz sevkiyatına odaklandı. Yalıtım malzemeleri ile deneyler yaptı ve erime kayıplarını %66'dan %8'in altına düşüren buz evleri inşa etti.
- 1841 yılında Amerikalı Doktor John Gorrie, Florida'daki bir hastanenin koğuşunda sarı humma hastalarını tedavi etmek için buz kovaları üzerine hava üfleyerek bir klima sistemi tasarladı.

- John Gorrie, buz yapımıyla ilgili vakit alan deneylerle uğraşmak için tıbbi uygulamalarını bıraktı. Kendisine 1851 yılında mekanik soğutma için ilk ABD patenti verildi. Onun temel prensibi olan bir gazı sıkıştırma, onu ısı değiştiricisinden geçirerek soğutma ve ardından sıcaklığı daha da düşürmek için genleştirme prensibi kullanıyordu, bugün buzdolaplarında en sık kullanılan prensiptir.

- Kısa bir süre sonra Avustralyalı James Harrison, Gorrie tarafından kullanılan buzdolaplarını inceledi ve buhar sıkıştırma soğutmayı mayalama ve et paketleme endüstrilerine tanıttı.

- 1859'da Fransız Ferdinand Carré biraz daha karmaşık bir sistem geliştirdi. Soğutucu olarak hava kullanan daha önceki sıkıştırma makinelerinin aksine, Carré'nin cihazı hızla genleşen amonyak içeriyordu. (Amonyak sudan çok daha düşük bir sıcaklıkta sıvılaşır ve bu nedenle daha fazla ısı emebilir). Carré'nin buzdolapları yaygın olarak kullanıldı ve buhar sıkıştırma soğutma, en yaygın kullanılan soğutma yöntemi haline geldi ve hala da öyledir.

- Ancak, o zamanki soğutma sistemlerinin maliyeti, boyutu ve karmaşıklığı, amonyak soğutucularının toksisitesi ile birleşince, mekanik buzdolaplarının evlerde genel kullanımını engelledi. Çoğu ev, yerel bir soğutma tesisinden neredeyse her gün buz blokları tedarik edilen buzlukları kullanıyordu.

- 1840'lardan itibaren süt ve tereyağı taşımak için soğutmalı arabalar kullanılmaya başlandı.

- 1860 yılına gelindiğinde, soğuk taşımacılık çoğunlukla deniz ürünleri ve süt ürünleri ile sınırlıydı.

- 1867 yılında soğutmalı demiryolu vagonunun patenti Detroit, Michigan'dan J.B. Sutherland tarafından alındı. Her iki ucunda buz sığınakları olan yalıtımlı bir vagon tasarladı. Hava üstten giriyor, sığınaklardan geçiyor ve hava sıcaklığında farklılıklar yaratan asılı kanatların kullanımıyla kontrol edilen yerçekimi ile vagon içinde dolaşıyordu.

- 1867 yılında, taze meyve taşımak için ilk soğutmalı vagon, Illinois Merkez Demiryolunda çilek sevkiyatı yapan Illinois'li Parker Earle tarafından inşa edildi. Her sandık 100 pound buz ve 200 litre çilek içeriyordu.

- Doğal buz tedariki başlı başına bir endüstri haline geldi. Daha fazla şirket bu işe girdi, fiyatlar düştü ve buz kullanarak soğutma daha erişilebilir hale geldi. 1879'da Amerika'da 35, on yıl sonra 200'den fazla ve 1909'da 2000 ticari buz tesisi vardı.

- Ancak zaman geçtikçe, buz, göl ve göletlerdeki kirlilik ve kanalizasyon atıkları nedeniyle bir sağlık sorunu haline geldi.

- 1873 yılında Avrupalı Karl Von Linde, Amonyak bazlı ilk ticari mekanik soğutma sisteminin patentini aldı. Bu icat, yıl boyunca buz üretimine izin vermekteydi.

- Ev tipi buzdolabı 1920'lerin başında tanıtıldı. O zamanlar General Motors'un bir yan kuruluşu olan Frigidaire şirketi, ev tipi buzdolaplarının önde gelen üreticisiydi. M-9 buzdolapları zamanının en gelişmiş modeliydi. Çelik dolabı, hava soğutmalı kompresörü ve doğrudan soğutma bataryasıyla 170 kg net ağırlığa sahipti ve 468 dolara satılıyordu.

- O zamana kadar amonyak, sülfür dioksit, metil klorür, etil klorür, izobüten, etilen, metilen klorür ve karbon dahil olmak üzere çeşitli soğutucu akışkanlar kullanılıyordu.

- Diğer birçok endüstri, soğutmanın işlerine yaradığını gördü. Örneğin metal işlemede, mekanik olarak üretilen soğuk, çatal bıçak ve aletlerin sertleşmesine yardımcı oldu. Soğutma, yüksek fırınlara gönderilen havadaki nemi gidererek üretimi artırdığı için demir üretimi

de canlandı. Tekstil fabrikaları soğutmayı kurutma, ağartma ve boyamada kullandı. Kâğıt, ilaç, sabun, tutkal, ayakkabı boyası, parfüm, selüloit ve fotoğraf malzemeleri üreticileri gibi petrol rafinerileri de soğutmayı gerekli buldu. Kürk ve yünlü malların depolanması, soğutmalı depolar kullanılarak güvelerden korunabilirdi. Soğutma aynı zamanda fidanlıklarda ve çiçekçilerde de kullanıldı, özellikle de kesme çiçekler daha uzun süre dayanabildiği için mevsimlik ihtiyaçları karşılamak mümkün oluyordu. Oteller, restoranlar gibi işletmeler buz için büyük pazarlardı.

- Doğal avantajlarına rağmen, soğutmanın sorunları vardı. Sülfür dioksit ve metil klorür gibi soğutucu akışkanlar insanların ölümüne neden oluyordu. Amonyak da sızıntı halinde aynı derecede ciddi toksik etkiye sahipti.

- 1920’lerde Frigidaire’de araştırmacı olan Tom Midgley tarafından kloroflorokarbonlar veya CFC’ler olarak adlandırılan bir dizi sentetik soğutucu akışkan geliştirildi. Bu akışkanlar dört önemli kriteri karşılıyorlardı: uygun bir kaynama noktasına sahiptiler, zehirli değillerdi, yanıcı değillerdi ve belirgin ama rahatsız edici olmayan bir kokuya sahiptiler. Bu maddelerden en iyi bilineni Freon markası altında patentlendi.

- 1973 yılında Profesör James Lovelock atmosferde eser miktarda soğutucu gaz bulunduğunu açıkladı.

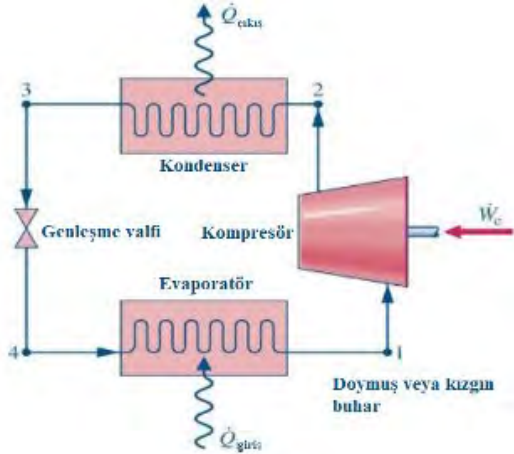
- 1974 yılında Sherwood Rowland ve Mario Molina, kloroflorokarbon soğutucu gazların stratosfere ulaşacağını ve orada koruyucu ozon tabakasına zarar vereceğini öngördüler.

- 1985 yılında Antarktika üzerindeki “ozon deliği” keşfedildi ve 1990 yılına gelindiğinde Rowland ve Molina’nın öngörüsünün doğruluğu kanıtlandı.

3. BUHAR SIKIŞTIRMALI SOĞUTMA ÇEVİRİMİNİN TEMELLERİ

Ticari olarak mevcut beş tip soğutma çevrimi kullanılmaktadır: Buhar sıkıştırma soğutma çevrimi, Absorpsiyonlu soğutma çevrimi, Gaz çevrimi, Buhar jeti ve Termoelektrik çevrim. Bu çevrimlerden en popüler olanı, buhar sıkıştırma soğutma çevrimidir.

Temel soğutma çevrimi birçok soğutma ve iklimlendirme uygulaması için benzerdir. Bu çevrimlerde kullanılan dört ekipmanın tamamı (kompresör, kondenser, genişleme valfi ve evaporatör) sabit akışlı cihazlardır. Soğutucu akışkanın kinetik ve potansiyel enerji değişimleri genellikle iş ve ısı transferine kıyasla küçüktür ve bu nedenle ihmal edilir.



Şekil 1.1: Buhar sıkıştırma soğutma çevrimi (Kaynak: encrypted-tbn2.gstatic.com)

3.1 Soğutma Sistem Elemanları

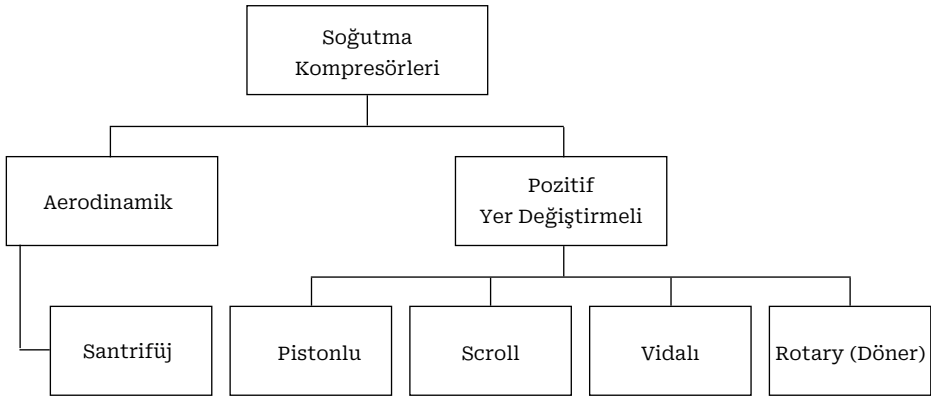
3.1.1 Kompresör

Bu aşamada soğutucu akışkan kompresöre düşük basınç altında ve düşük sıcaklığa sahip bir gaz olarak girer. Daha sonra soğutucu akışkan adyabatik olarak sıkıştırılır, böylece akışkan kompresörü yüksek basınç altında, yüksek sıcaklıkta ve yüksek hızda terk eder.

Kompresör Tipleri

(Ref: <http://www.slideshare.net/tatya922050/compressor-and-compressedairsystems1>, www.engineeringtoolbox.com, <http://www.aspsoklahoma.com/products/centrifugal-air-compressor/>, <http://www.aircentersofflorida.com/products/centrifugal-air-compressor>, www.wikipedia.org, <http://www.slideshare.net/saurabhtholia/compressor-and-compressed-air-systems>)

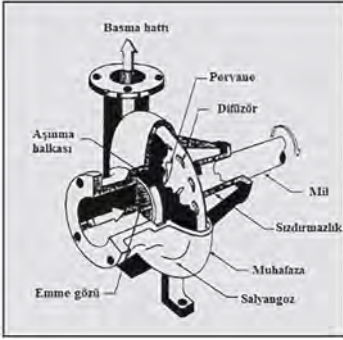
Kompresör tipleri aşağıdaki şemada görülmektedir;



Aerodinamik kompresörler, dönen bir elemandan gelen soğutucu akışkan basıncını artırma esasına göre çalışır.

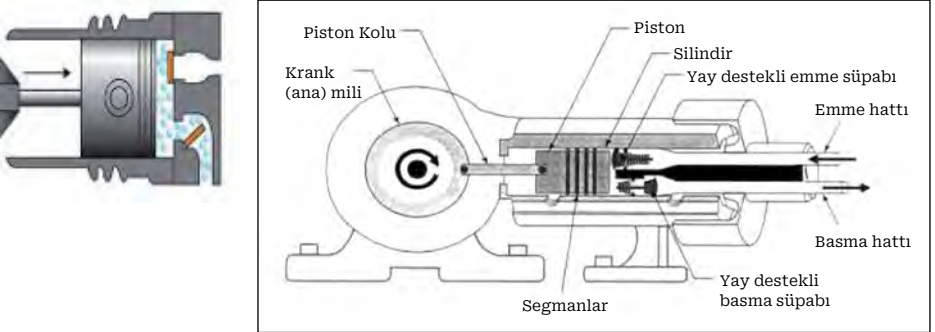
Pozitif deplasmanlı kompresörler, mekanizmaya uygulanan iş sayesinde soğutucu akışkan basıncını artırarak çalışır.

a. Santrifüj Kompresörler: Santrifüjlü hava kompresörü, dönen bir pervaneden havaya enerji aktarımına dayanan dinamik bir kompresördür. Rotor bunu havanın momentumunu ve basıncını değiştirerek gerçekleştirir. Bu momentum, havanın sabit bir difüzörde yavaşlatılmasıyla pozitif basınca dönüştürülür. Santrifüjlü hava kompresörü tasarımı gereği yağsız bir kompresördür. Yağlanmış dişli, şaft contaları ve atmosferik havalandırma delikleri ile havadan ayrılır. Santrifüj kompresör, özellikle yağsız havanın gerekli olduğu yüksek hacimli uygulamalar için uygun olan, az sayıda hareketli parçaya sahip sürekli çalışan bir kompresördür. Santrifüj hava kompresörleri su soğutmalıdır ve paketlenmiş olabilir; tipik olarak pakete son soğutucu ve tüm kontrol üniteleri dahildir. Bu kompresörler, pistonlu makinelerle kıyasla kayda değer ölçüde farklı özelliklere sahiptir. Sıkıştırma oranındaki küçük bir değişiklik kompresör çıkışında ve verimliliğinde belirgin bir fark yaratır. Santrifüjlü makineler, tipik olarak 12,000 BTUH (İngiliz Isı Birimi) üzerinde çok yüksek kapasite gerektiren uygulamalar için daha uygundur.



Şekil 1.2: Santrifüj kompresör bileşenleri

b. Pistonlu Kompresörler: Endüstride, pistonlu kompresörler hem hava hem de soğutucu akışkanı sıkıştırmak için en yaygın kullanılan tiptir. Bisiklet pompasının prensiplerine göre çalışırlar ve belirli bir basma basıncı aralığında neredeyse sabit kalan bir akış debisi ile tanımlanırlar. Ayrıca, kompresör kapasitesi hız ile doğru orantılıdır. Pistonlu kompresörlerin birçok konfigürasyonu mevcuttur. En yaygın kullanılan dört tanesi yatay, dikey, yatay dengeli karşılıklı ve tandem şeklindedir. Pistonlu hava kompresörü, sıkıştırma işlemi pistonun yalnızca bir tarafı kullanılarak gerçekleştirildiğinde tek yönlü olarak kabul edilir. Pistonun her iki tarafını kullanan bir kompresör çift yönlü olarak kabul edilir.



Şekil 1.3: Pistonlu kompresör yapısı (King, Julie)

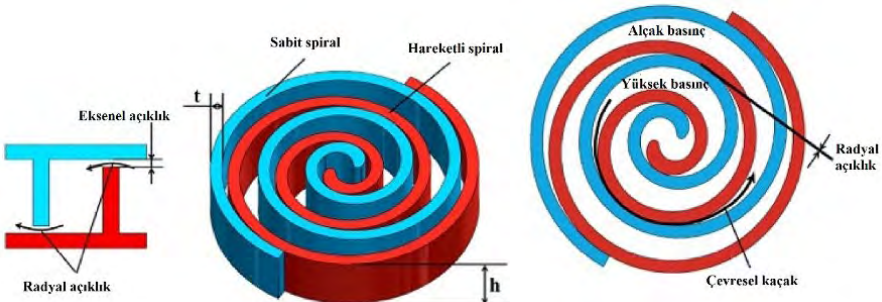
c. Vidalı Kompresörler: Biri erkek diğeri dişi olmak üzere iki vidalı (vida şeklinde) rotora sahiptir. Biri dışbükey diğeri içbükey konturu olan ve çoğunlukla sırasıyla erkek ve dişi rotor olarak adlandırılan iki vidadan oluşur. Bu iki vida, haznedeki bir giriş ağzından havayı emerek ve daha sonra aynı havayı sıkıştırarak dişlilerin hareketi vasıtasıyla döner. Erkek ve dişi

rotor vidasının sarmalı, yeniden dönmeden önce lob arası boşluğun tamamen doldurulmasına izin verecek şekilde tasarlanmıştır. Doldurma işleminin tamamlanmasının ardından erkek ve dişi lobların giriş ucu yeniden birleşmeye başlar ve böylece hava hacmi sürekli olarak azalır.



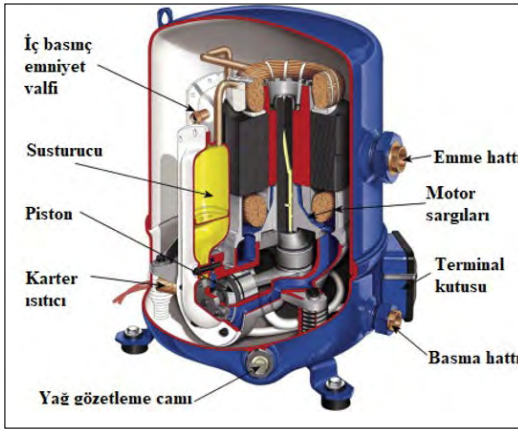
Şekil 1.4: Vidalı kompresör yapısı

d. Spiral (Scroll) Kompresörler: Spiral şeklinde iki parçaya (spiral) sahiptir. Spirallerden biri sabittir, diğeri ise eksantrik olarak yörüngede döner. Akışkan sıkıştırılarak pompalanır. Spiral kompresörlerde pistonlar yerine rotorlar bulunur ve sürekli titreşimsiz bir deşarj sağlar. Yüksek hızda çalışırlar ve genellikle pistonlu kompresörlerden daha yüksek verim sağlarlar. Maliyetleri düşüktür, kompakt yapıdadırlar, hafiftirler ve bakımları kolaydır. Bu nedenle endüstride çok talep görmektedirler. En yaygın olarak yaklaşık 30 ile 200 hp veya 22 ile 150 kW arasındaki kapasitelerde kullanılırlar. Şekil 1.5'te bir spiral kompresörün çalışma örneği gösterilmektedir. Spiral kompresörler hava veya su soğutmalı olabilir. Soğutma işlemi kompresörün içinde gerçekleştiğinden, çalışan parçalar hiçbir zaman aşırı çalışma sıcaklıklarına maruz kalmaz. Bu nedenle spiral kompresörler, sürekli çalışan, hava soğutmalı veya su soğutmalı kompresörlerdir.



Şekil 1.5: Spiral (Scroll) kompresör çalışma prensibi

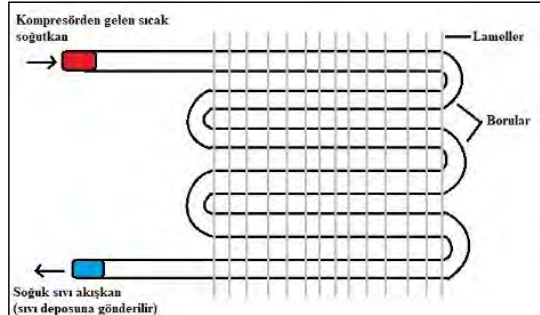
e. Hermetik Kompresörler: Soğutma sistemlerinde kullanılan kompresörler, kompresör ve motorun, sıkıştırılan soğutucu gaz ile ilişkili olarak nasıl konumlandırıldığını açıklamak için genellikle hermetik olarak tanımlanır. Hermetik kompresörlerde, kompresör ve motor kapalı bir gövde içinde birbirine entegre edilmiştir. Motor, sıkıştırılmakta olan soğutucu gaz içinde çalışacak ve soğuyacak şekilde tasarlanmıştır. Kapalı, tek parça, kaynaklı çelik bir gövdesi vardır. Arıza durumunda yeni bir ünite ile değiştirilir. Avantajları: Gazın sistemden dışarı sızması mümkün değildir. Dezavantajları: Motor onarılamaz veya bakımı yapılamaz ve bir motor arızalanırsa tüm kompresörün çıkarılması gerekir ve yanmış bobinler tüm sistemleri kirletebilir, bu nedenle sistemin tamamen boşaltılmasını ve gazın değiştirilmesini gerektirir. Kullanım alanları: Hermetik kompresörler, onarım maliyetinin cihazın değerine kıyasla yüksek olduğu ve sadece yeni bir cihaz satın almanın daha ekonomik olacağı düşük maliyetli fabrika montajlı ürünlerde kullanılır.



Şekil 1.6: Hermetik kompresör yapısı

3.1.2 Kondenser (Yoğuşturucu)

Yüksek basınç ve yüksek sıcaklıktaki soğutucu gaz, kondenserde yoğuşarak ısı açığa çıkarır. Kondenser, soğutma sisteminin sıcak rezervuarı ile temas halindedir (Soğutucu gaz, eklenen harici ısı nedeniyle sıcak rezervuara ısı salar). Soğutucu gaz, kondenserden yüksek basınç ve yüksek sıcaklık değerinde likit olarak ayrılır.

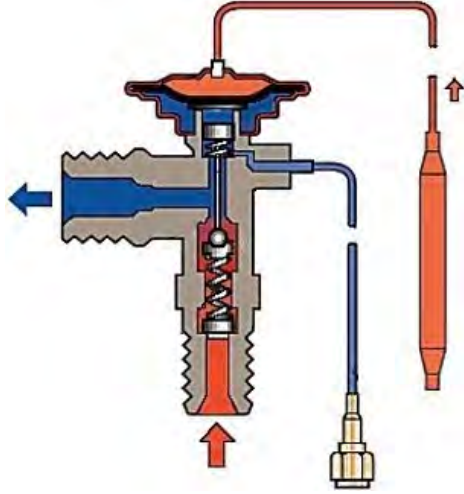


Şekil 1.7: Kondenserin yapısı

3.1.3 Genleşme (Expansion) Valfi

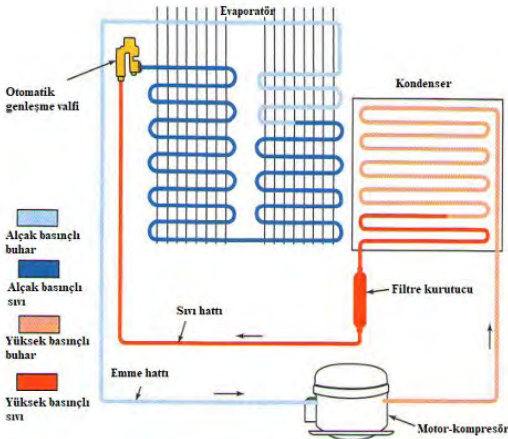
Sıvı soğutucu akışkan, bir kısma vanasından geçerek genleşir. Genleşme valfi çıkışında, soğutucu akışkan artık daha düşük basınç ve sıcaklıkta ve sıvı-buhar fazındadır (Soğutucu akışkan, genleşme valfinden geçerken basıncı düşer ve sıvının bir kısmı buharlaşır).

Şekil 1.8: Genleşme valfinin yapısı



3.1.4 Evaporatör (Buharlaştırıcı)

Genleşme valfi çıkışında, düşük basınç ve düşük sıcaklıktaki soğutucu akışkan, soğuk ortamlarla temas halinde olan evaporatöre girer. Evaporatör tarafında, düşük basınç sağlandığından, soğutucu akışkan da nispeten düşük sıcaklıkta kaynayacaktır. Böylece, sıvı soğutucu akışkan, soğuk ortamdan ısı emerek buharlaşır. Soğutucu akışkan, evaporatörü düşük sıcaklık ve basınçta gaz olarak terk eder ve döngünün başlangıcına geri dönerek tekrar kompresöre girer.



Şekil 1.9: Örnek bir soğutma sistemi şeması

3.2 Performans Katsayısı (COP)

Bir soğutma çevriminin verimliliği, performans katsayısı (COP) ile ifade edilir. Soğutma sisteminin amacı, soğutulan ortamdaki ısıyı (Q_L) uzaklaştırmaktır. Bu hedefe ulaşmak için $W_{comp,in}$ iş girişi gerekir:

$$W_{comp,in} = \dot{m}_{soğutucu\ gaz} (h_2 - h_1)$$

$$Q_L = \dot{m}_{soğutucu\ gaz} (h_1 - h_4)$$

Dolayısıyla bir soğutma çevriminin performans katsayısı şu şekilde ifade edilir:

$$COP = \frac{\text{İstenen Çıktı}}{\text{Gerekli Girdi}} = \frac{Q_L}{W_{comp,in}} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1}$$

COP formülündeki "h" terimi, termodinamik bir sistemdeki enerjinin ölçüsü olan entalpiyi temsil eder. Bir sistemi oluşturmak için gereken enerji olan iç enerjiyi ve çevresini değiştirerek ve kJ/kg (SI birimi) veya BTU/lbm (IP birimi) cinsinden hacmini ve basıncını oluşturarak bu sisteme yer açmak için gereken enerji miktarını içerir. Entalpi değerleri soğutucu akışkan özellikleri tablolarından veya P-h çizelgelerinden okunabilir.

4. SOĞUTUCU AKIŞKANLAR

a. Soğutucu Akışkanların Tanımı

Buzdolabı ve klima gibi mekanik cihazların soğutma sistemlerinde kullanılan kimyasallardır. Belirli bir sıcaklıktaki ısıyı kolayca emebilir ve daha sonra bir ısı pompası tarafından daha yüksek bir sıcaklık ve basınca sıkıştırılabilir, burada faz değiştirir ve emdiği ısıyı dışarı atar.

b. Soğutucu Akışkanların Evrimi ve Tarihçesi

(Ref: ASHRAE 2005; Denison 1996; Downing 1988; Wikipedia 2006)

• 18. yüzyılın ortalarından 20. yüzyılın başlarına kadar soğutma sistemleri için soğutucu akışkan olarak birçok farklı madde kullanılmıştır: su, dietil ve metil eterler, amonyak, karbondioksit, kükürt dioksit ve kükürt anhidrit, metil klorür, vb.

• 1755 yılında su ilk soğutucu akışkan olarak William Hallen tarafından oluşturulan laboratuvar tesisinde kullanıldı.

• 1834 yılında Jacob Perkins, dietil eter ile çalışan bir sıkıştırma makinesi üretti.

• 1844 yılında John Gorrie, hava sıkıştırma makinesini üretti.

• 1859'da Ferdinand Carré, amonyak/su ile çalışan absorpsiyonlu soğutma makinesi üretti.

• 1863 yılında Charles Teller, metil eter ile çalışan bir kompresörü test etti.

• 1873 yılında amonyak ilk kez buhar sıkıştırma sistemlerinde kullanıldı.

• 1875 yılında kükürt dioksit ve metil eter ilk kez buhar sıkıştırma sistemlerinde kullanıldı.

• 1878 yılında metil klorür ilk kez buhar sıkıştırma sistemlerinde kullanıldı.

• 20. yüzyılın sonuna kadar sülfür anhidrit ve amonyak soğutucu akışkan olarak yaygın

bir şekilde kullanılmıştır. Eterler, aseton ve alkoller gibi diğer soğutucu akışkanlar birkaç testten sonra kullanımdan kaldırılmıştır.

- 1926 yılında R11'in yüksek performans özellikleri keşfedildi ve Carrier tarafından benimsendi.
- 1928'de General Motors'un Frigidaire Bölümü'nde çalışan Thomas Midgley ve meslektaşları Albert Henne ve Robert McNary, günümüzde R12 olarak bilinen "diklorodiflorometan" gibi CFC soğutucuları tanımlamış ve sentezlemiştir.
- Midgley, Amerikan Kimya Derneği'nin bir toplantısında yeni bileşiklerin güvenilirliğini göstermek için R12'yi soludu ve bununla bir mum üfledi. Bu gösteri çarpıcı olsa da bugün güvenli kullanım uygulamalarının açık bir ihlali anlamına gelmektedir.
- "Kinetic Chemicals Inc." (ABD) şirketi tarafından kloroflorokarbonlar (CFC'ler) grubundan ilk "diklorodiflorometan" serilerinin üretilmesi ve 1932 yılında endüstriyel üretimin başlamasıyla, amonyak hariç birçok soğutkan, soğutucu akışkan pazarından neredeyse tamamen kayboldu.
- Aynı şirket freon-12 ticari ismini tanıttı.
- 1930'ların ortasında endüstriyel ölçekte R11, R113 ve R114 soğutucu akışkanlarının üretilimi başladı. R11 soğutucu akışkan ayrıca klima sistemlerinde de kullanıldı.
- 1935'ten beri hidrokloroflorokarbon (HCFC) grubundan R22 soğutucu akışkanının üretimi yapılmaktadır. R22, düşük-sıcaklık soğutma sistemlerinde kullanıldı.
- 1936 yılında, CFC soğutucu akışkanlarının ortak mucidi Albert Henne, R134a'yı sentezlemiştir.
- 1952 yılında, düşük sıcaklıklı soğutma tesislerinde R22'nin yerini alan R502 geliştirildi ve bu da kompresörlerde R22'nin basma sıcaklığının düşürülmesini sağladı. Çok düşük sıcaklıkların elde etmek için R13, R503 ve R13B1 soğutucu akışkanları türetilmiştir.
- 1960'lı yıllarda soğutucu akışkanlar, endüstriyel veya ticari sistemlerde, orta ve düşük sıcaklıkla çalışan soğutma tesislerinde, iklimlendirme cihazlarında ve ısı pompalarında ana soğutkanlar haline geldi.
- 1970'lerin ortasında, freonların üretimi çok yüksek rakamlara ulaşmıştır.
- 1976 yılına gelindiğinde R12 üretimi neredeyse 340,000 tona ulaşmıştı ve bunun 27,000 tonu soğutma sistemlerine yöneliktir.
- 1970'lerin sonunda, CFC'ler ve HCFC'ler soğutma endüstrisinde (evsel, ticari ve endüstriyel soğutma ekipmanları) başlıca soğutucu akışkanlar haline geldi. Diğer soğutucu akışkanlara kıyasla daha iyi özelliklere sahip olarak görülüyorlardı.
- Daha önce önerilen tüm soğutucu akışkanlar arasında, CFC ve HCFC grubu soğutucu akışkanlara kıyasla, geniş sıcaklık aralığında, en yüksek termodinamik ve teknik-operasyonel değerlere sahip olan sadece amonyak (R717) endüstriyel soğutma sistemlerinde, ısı pompalarında, absorpsiyonlu sistemler ve ev tipi absorpsiyonlu buzdolaplarında yaygın olarak kullanılmaktaydı.
- Ancak 1980'lere gelindiğinde CFC ve HCFC'ler, artan sera etkisi ve ozon tabakasının olası tahribatı gibi mevcut küresel sorunlar nedeniyle endişe konusu haline gelmişti.
- 1986 yılında toplam freon üretimi 1.123 milyon ton olarak gerçekleşmiştir. (Bunun %30'u

ABD, %20'si Avrupa, %10'u Rusya ve Japonya'ya aittir).

- 1985 yılında, Ozon Tabakasının Korunmasına ilişkin Viyana Konvansiyonu'nda Ozon Tabakasını İncelten Maddelerin kontrolü sorunu uluslararası gündeme taşınmıştır.

- 1987 yılında bu sorunun çözümünde önemli bir adım daha atılarak Montreal Protokolü tüm sanayi ülkeleri tarafından imzalanmıştır.

- 1990'ların başında, dünyanın başlıca kimyasal ürün üreticileri, R12'yi ikame etmek amacıyla tek bileşenli ozon güvenli R134a soğutucu akışkanını ve alternatif servis (ara kademe) karışımlarını (R401A, vb.) geliştirmiş ve üretmiştir.

- R12'nin yasaklanması R22 üretiminin ve satışının artmasına neden olmuştur; 1994 yılında bu sayı 207,515 ton olmuştur.

- Her ne kadar CFC'ler ev tipi soğutma cihazlarından, araç soğutucularından, ticari soğutma cihazlarından ve endüstriyel iklimlendirme sistemlerinden büyük ölçüde çıkarılmış olsa da Avrupa Birliği ülkelerinde 110,000 tona kadar CFC hala soğutma sistemlerinde kullanılmaktadır.

- R502 ve R22'yi ikame etmek için HCFC grubuyla ilgili karışımlar (R402A, vb.) ve CFC grubunun ozon açısından güvenli karışımları (R407C, vb.) oluşturulmuştur. Ancak, şu ana kadar bilinen veya yeni sentezlenen soğutucu akışkanların hiçbirisi CFC'lere ve CFC'lerin soğutucu akışkanlarına özgü tüm özelliklere sahip değildir.

- Son yıllarda soğutma endüstrisi aktif olarak HCFC grubu soğutucu gazların ikamesini aramaktadır.

- 1997 yılında, sera gazı emisyonlarını azaltmayı amaçlayan Kyoto İklim Değişikliği Protokolü, R22'ye uzun vadeli bir alternatif seçimini daha da karmaşık hale getirmiştir.

- R22 soğutucu akışkanını (HCFC'ler) ikame edecek alternatif soğutucu akışkanların araştırılması ve geliştirilmesi amacıyla Alternatif Soğutucu Akışkan Değerlendirme Programı (Alternative Refrigerants Evaluation Program, AREP) organize edilmiştir. Bu programa dünyanın dört bir yanından 40 büyük şirket katılmaktadır.

- Bazı eyaletler, alternatif soğutucu akışkanların geliştirilmesine 2000-2005 yılları arasında 2.4 milyar dolardan fazla miktarda mali kaynak yatırımı yaptı. Yalnızca R134a toksisitesinin araştırılmasına ilişkin harcamalar, çalışmanın 7 yıl sürmesi ile birlikte 4.5 milyon doları buldu.

c. Soğutucu Akışkanların Jenerasyonları

(Ref: *Calm, 1997; Calm, 2012*)

Soğutucu akışkanların tarihsel gelişimi, seçim kriterlerinin tanımlanmasına dayanan dört aşamayı kapsamaktadır:

• Birinci jenerasyon

İlk 100 yıl boyunca en yaygın soğutucu akışkanlar bilindik solventler ve diğer uçucu akışkanlardı; etkili bir şekilde işe yarayan, ilk nesil soğutucu akışkanları oluşturdular. Bu ilk soğutucu akışkanların neredeyse tamamı yanıcı, zehirli veya her ikisine birden sahipti ve bazıları da oldukça reaktifti. Kazalar yaygındı. Bazı şirketler, propanı (R290) amonyağa (R717) karşı "kokusuz güvenli soğutucu akışkan" olarak pazarladılar (CLPC, 1922). Bugün bile en-

düstriyel uygulamalarda hidrokarbonlar yerine amonyakın tercih edilmeye devam edilmesi, yüksek yanıcılığın büyük sistemlerde daha büyük bir endişe kaynağı olduğunu ve olmaya devam ettiğini göstermektedir.

Pratik bir tasarım ve daha iyi performans sunan bir soğutucu akışkan için ilk belgelenmiş, sistematik araştırma 1920'lerde chiller cihazları için soğutucu akışkanların incelenmesiyle başlamıştır (Carrier ve Waterfill, 1924). Psikrometri ve iklimlendirme alanındaki ilerlemeleriyle tanınan Willis H. Carrier ve R.W. Waterfill, pozitif deplasmanlı ve santrifüjli (radyal turbo) sıkıştırma makinelerine uygunluk açısından aday soğutucu akışkanı araştırarak geliştirmeye odaklanmışlardır. Karbondioksitin (R744) performansının çevrime ve sıvı sub-cooling miktarına bağlı olduğu, ancak analiz edilen akışkanlar arasında tahmin edilen en düşük performansı sağladığı sonucuna varmışlardır (Transkritik çevrimler analiz edilmemiştir). Ayrıca amonyak ve suyun (R718) aranan koşullarda, santrifüj kompresörler için aşırı kademeler gerektireceğini ve suyun "düşük performans verdiğini" belirtmişlerdir. Kükürt dioksiti (R764) güvenlik nedenleriyle, karbon tetraklorürü (R10) ise özellikle su varlığında metallerle uyumsuzluk gösterdiği için reddetmişlerdir. Sonunda ilk santrifüj makinesi için dielen (1,2-dikloroeten, R1130) seçildi, ancak bu seçim daha sonra bir kaynak bulmak için uluslararası bir arama gerektirmiştir (Ingels, 1952).

• İkinci jenerasyon: "güvenlik ve dayanıklılık"

İkinci nesil, güvenlik ve dayanıklılık için florlu kimyasallara geçişle ayırt edildi. O zamanlar yaygın olan metil format (R611) ve sülfür dioksit (R764) sızıntılarının tekrarlanması, buzlukların yerini alacak ev tipi buzdolaplarının pazarlanmasına yönelik ilk çabaları geciktirdi. Thomas Midgley, Jr. ve ortakları Albert L. Henne ve Robert R. McNary, "soğutma endüstrisinin bir yere varmak istiyorsa yeni bir soğutucuya ihtiyacı olduğu" yönündeki talimatla, ilk olarak istenen kaynama noktasına sahip kimyasalları bulmak için özellik tablolarını taradılar. Araştırmayı, kararlı olduğu bilinen ancak zehirli ya da yanıcı olmayan kimyasallarla sınırladılar. Karbon tetraflorür (R14) kaynama noktasından ötürü dikkatleri organik florürlere çekti, ancak gerçek kaynama sıcaklığının yayınlanandan çok daha düşük olduğundan şüphelendiler. Geriye karbon, nitrojen, oksijen, sülfür, hidrojen, flor, klor ve brom olmak üzere sadece sekiz element kalmıştı (Midgley, 1937). Midgley ve meslektaşları, 1928'de başladıktan sonraki 3 gün içinde, bu elementlerden oluşan bileşiklerin yanıcılığı ve toksisitesiyle ilgili kritik gözlemler yaptılar. Ayrıca o dönemde bilinen tüm soğutucu akışkanların (flor hariç), bu elementlerden sadece yedisini bir araya getirdiğini belirttiler. Florlu kimyasal soğutucularla ilgili ilk yayınları, hidrokarbonların klorlanması ve florlanmasıyla değişimin kaynama noktası, yanıcılık ve toksisiteyi nasıl etkilediğini göstermektedir (Midgley ve Henne, 1930). R12'nin ticari üretimi 1931'de başlamış, bunu 1932'de R11 izlemiştir (Downing, 1966,1984). Kloroflorokarbonlar (CFC'ler) ve daha sonra- özellikle 1950'lerden itibaren konutlarda ve küçük ticari klimalarda ve ısı pompalarında- hidrokloroflorokarbonlar (HCFC'ler) ikinci nesil soğutucu akışkanlara hâkim oldu. Amonyak, özellikle gıda, içecek işleme ve depolama için son derece yaygındı, endüstriyel sistemlerde en popüler soğutucu akışkan olmaya devam etti ve günümüzde de yaygın olarak kullanılmaktadır.

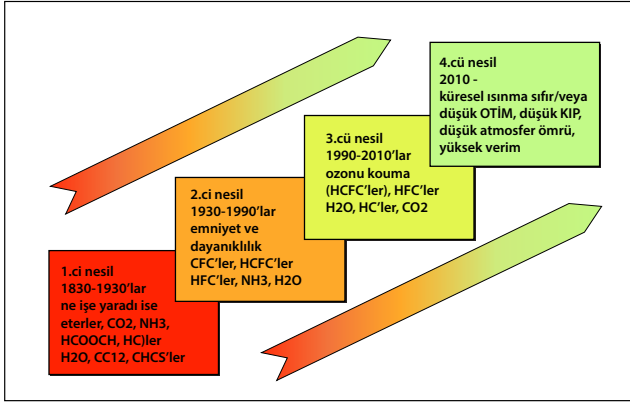
• Üçüncü jenerasyon: “ozon koruması”

CFC (Kloroflorokarbonlar) soğutucu gazları da dahil olmak üzere, salınan CFC'lerin ozon tabakasının zarar görmesiyle ilişkilendirilmesi, stratosferik ozonun korunmasına odaklanan üçüncü jenerasyonu hızlandırmıştır. Viyana Sözleşmesi ve bunun sonucunda ortaya çıkan Montreal Protokolü, ozon tabakasını incelten maddelerin kullanılmamasını zorunlu kılmıştır. Florokimyasallar ara (geçiş) kullanım için, HCFC'lere ve daha uzun vadede hidroflorokarbonlara (HFC'ler) vurgu yaparak ana odağı korumuşlardır. Bu değişimler “doğal soğutucu akışkanlara” -özellikle amonyak, karbondioksit, hidrokarbonlar ve suya- olan ilginin yeniden artmasına yol açarken, absorpsiyonlu ve diğer (florokimyasal soğutucu akışkanlı buhar sıkıştırma sistemleri kullanmayan) sistemlerin kullanımını da yaygınlaştırdı. Üreticiler ilk alternatif soğutucu akışkanları 1989'un sonlarında ticarileştirmiş ve 10 yıl içinde ozon tabakasına zarar veren soğutucu akışkanların çoğunun yerini alan ürünleri piyasaya sürmüştür. Madde 5 dışı (çoğunlukla gelişmiş) ülkeler (bazen Madde 2 ülkeleri olarak da adlandırılır), Montreal Protokolü (1987) gereği 1996 yılına kadar yeni ekipmanlarda CFC soğutucu akışkan kullanımını aşamalı olarak durdurmuştur. Madde 5 ülkeleri bunu 2010 yılına kadar, bazıları ise (örneğin Çin) daha önceden kullanımı durdurmuştur. "Madde 5" ayrımı, Protokol'de tanımlandığı şekliyle ozon tabakasını incelten maddelerin önceki kullanım düzeyiyle ilgilidir. Ulusal düzenlemelerle sınırlandırılmadıkça, CFC soğutucu akışkanları kullanan mevcut ekipmanların, aksi takdirde kullanımdan kaldırılana kadar sürekli kullanımına ve bakımına izin verilir. Bir yandan, HCFC'lerden geçiş süreci de devam etmektedir. Montreal Protokolü ile, HCFC tüketiminin (üretim artı ithalat, daha az ihracat ve belirlenmiş imha olarak tanımlanır) 1996 (hesaplanan emisyon üst sınırında dondurma), 2004 (üst sınırın %65'i), 2010 (%25), 2015 (%10), ve 2020 (%0.5) ve Madde 5 dışındaki ülkelerde ise 2030 yılına kadar tüm tüketimin aşamalı olarak sona erdirilmesi planlanmaktadır (UNEP, 2007a). Her ülkenin bu konuda farklı önlemleri bulunmaktadır. Batı ve orta Avrupa ülkelerinin çoğu, HCFC'nin aşamalı olarak kullanımdan kaldırılmasını hızlandırırken, diğer gelişmiş ülkelerin çoğunluğu, itici gaz ve şişirici madde (özellikle R141b) kullanımını erkenden sonlandırarak ve R22'nin 2010 yılına kadar aşamalı olarak kaldırılmasını zorunlu kılmış ve ardından 2020 yılına kadar yeni ekipmanlarda tüm HCFC kullanımının yasaklanmasını sağlamışlardır. Madde 5 ülkelelerine yönelik programda, 2013 yılında (2009-2010 üretim ve tüketim seviyelerine dayalı olarak) dondurma işlemi ile başlamış, 2015 (%90), 2020 (%65), 2025 (%32.5) ve 2030 (%2.5) yıllarında azalan limitler uygulanmış ve 2040 yılında da aşamalı olarak kaldırılması planlanmaktadır (UNEP, 2007a). Yine, ulusal düzenlemelerle kısıtlanmadığı sürece, HCFC soğutucu akışkanları kullanan mevcut ekipmanların, 2040 yılından sonra bile, kullanımına ve servisine devam edilmesine izin verilmektedir (Montreal Protokolü, 1987; UNEP, 2007a). Burada üç konu dikkate alınmalıdır. Birincisi, soğutucu akışkanlar tarihsel olarak toplam OTİM emisyonlarının yalnızca küçük bir kısmını oluşturmaktaydı, ancak aynı CFC'lerin çoğu ve soğutucu akışkan olarak yaygın olarak kullanılan HCFC'lerin bazıları aynı zamanda aerosol itici gazlar, köpük şişirici maddeler ve çözücüler gibi çok daha fazla emisyonlu uygulamalarda da kullanılmıştı. İkinci ve en önemlisi, soğutucu akışkan değişimleriyle karşılaştırılabilir önemde olan çevre sorunları, önlenebilir soğutucu akışkan emisyonlarını azaltmak için tasarım, imalat, montaj, servis ve nihai atık prosedürlerinde büyük değişikliklere yol açmıştır (Calm, 2002). Üçüncüsü, Antarktika'daki rekor ozon deliklerine ilişkin ara sıra gelen raporlara rağmen ozon tabakası iyileşiyor (WMO, 2006).

• Dördüncü jenerasyon: "küresel ısınma"

Ozon tabakasının incelmeyeine verilen gayet olumlu yanıt, Brohan vd. (2006) ve Rayner vd. (2006)'lerine göre, iklim değışikliğiyle ilgili kötüleşen durumla keskin bir tezat oluşturmaktadır. Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) Dördüncü Değerlendirme Raporu (Fourth Assessment Report, AR4), "küresel ortalama hava ve okyanus sıcaklıklarındaki artışlar, kar ve buzun yaygın erimesi ve küresel ortalama deniz seviyesinin yükselmesi gözlemlerinden de anlaşılacağı üzere, iklim sistemindeki ısınmanın kesin olduğu" konusundaki en son bilimsel fikir birliğini yansıtmaktadır (IPCC, 2007). Değerlendirme, "20. yüzyılın ortalarından bu yana küresel ortalama sıcaklıklarda gözlenen artışın büyük bir kısmının yüksek olasılıkla insan kaynaklı sera gazı derişikliklerinde gözlenen artıştan kaynaklandığı" ve "fark edilebilir insan etkilerinin okyanus ısınması, kıtasal ortalama sıcaklıklar, aşırı sıcaklıklar ve rüzgâr modelleri de dahil olmak üzere iklimin diğer yönlerine de yayıldığı" sonucuna varmıştır (IPCC, 2007). Kyoto Protokolü, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC) uyarınca, karbondioksit, metan, azot oksit, HFC'ler, perflorokarbonlar (PFC'ler) ve sülfür hekzaflorürün hesaplanmış eşdeğerlerine dayalı sera gazı (greenhouse gas, GHG) emisyonları için bağlayıcı hedefler belirlemektedir (Kyoto Protokolü, 1997). Montreal Protokolü kapsamındaki OTİM'lere değinmemektedir, ancak bu gazların bazıları da çok güçlü sera gazlarıdır. Kyoto Protokolünün uygulanmasına yönelik ulusal yasa ve yönetmelikler farklılık göstermektedir, ancak bunlar genellikle HFC ve PFC soğutucu akışkanların önenebilir salımlarını yasaklamakta ve bazı ülkelerde bunların kullanımını kontrol etmekte veya vergilendirmektedir. Bölgesel, ulusal, eyalet ve belediye düzeylerinde yeni önlemler (kabul edilen veya önerilen) daha sıklıdır. Bu kısıtlamalar, küresel ısınmaya odaklanarak, tanımlanan dördüncü nesil soğutucu akışkanlara geçişi zorlamaktadır. Avrupa Parlamentosu, 2011'den itibaren yeni model otomobillerin klimalarında ve 2017'den itibaren tüm yeni otomobillerde 100 yıllık entegrasyon için 150'yi aşan küresel ısınma potansiyeline sahip florokimyasal ("F-Gaz") soğutucu akışkanları yasaklayan bir direktifle bunun ne zaman başlayacağını belirlemiştir (Horrocks, 2006). Kabul edilen yönetmelikler ayrıca HFC kullanan sabit soğutma ve iklimlendirme sistemlerinin periyodik olarak denetlenmesini gerektirmektedir (Çevre Komitesi, 2006). AB Parlamentosu, HFC'lerin 2006 yılına kadar aerosol itici gazları olarak, 2009 yılına kadar köpük şişirici maddeler olarak ve 2010 yılına kadar sabit soğutma ve iklimlendirme sistemlerinde soğutucu akışkanlar olarak yasaklanmasını öneren tedbirleri reddetmiştir. Son madde üzerindeki çekişmeli oylama 262'ye 368 ile %40'tan fazla lehte sonuçlanmıştır. Bu önemli destek seviyesi, özellikle iklim değışikliğinin daha hızlı ve daha şiddetli başlangıcına ilişkin son bilimsel bulgular göz önüne alındığında, gelecekte yeniden değerlendirme yapılmasına davet etmektedir. Bu önlemlerin ilk etkisi, R134a'nın en büyük ve bir soğutucu akışkan olarak en fazla emisyonu yol açan uygulaması olan mobil klimalarda yasaklanmasıdır. Kabul edilen GWP (Global Warming Potential, Küresel Isınma Potansiyeli-KIP) sınırı, düşük GWP'li HFC'lerin (yanıcı olsa da özellikle R152a) dikkate alınmasına kasıtlı olarak izin vermektedir. F-Gaz önlemleri ayrıca büyük sistemlerde HFC'leri yasaklayan, chiller cihazlarında HFC kullanımını açıkça yasaklayan veya HFC soğutucu akışkanlarına GWP ağırlıklı tüketim vergileri uygulayan daha katı ulusal düzenlemeleri de onaylamaktadır. Avrupa'daki sendikalar sera gazı emisyonlarının azaltılması için daha sıkı önlemlerin alınması yönünde baskı yapmaktadır. ABD'deki bazı eyaletler ve şehirler, bireysel

veya bölgesel olarak sera gazı emisyonlarına yönelik kısıtlamalar önermiş olsa da bireysel HFC'ler üzerindeki spesifik etkiler belirsizdir. Sık sık gündeme gelen ve en büyük nüfusa sahip eyalet olan Kaliforniya, 2006 yılının sonlarında, 2020 yılına kadar sera gazı emisyonlarını 1990 seviyelerine düşürme hedefiyle, kamu hizmetleri, rafineriler ve üretim tesislerine ülke çapında ilk kez bir emisyon üst sınırı getiren yeni bir yasa çıkarmıştır. Yasa, devletin düzenleyici kurumunun gerçek gereklilikleri belirlemesini içermektedir. Kaliforniya'daki değişikliklerin yeni araç sistemlerinde düşük GWP değerine sahip soğutucu akışkanlar için gereklilikler getirmesi ve sızdıran sistemlerin lisanssız teknisyenler tarafından yeniden şarj edilmesini yasaklaması muhtemeldir. Diğer önlemler ticari soğutma sistemlerinde kullanılan HFC'leri kısıtlayabilir. En az sekiz eyalet daha, HFC kullanımını veya emisyonlarını düzenlemesi halinde Kaliforniya'nın izinden gitme eğilimindedir. Bir dizi Kuzeydoğu ve Orta Atlantik eyaleti 2007 yılında enerji santrali emisyonlarına üst sınır getirmek ve kamu hizmetleri arasında ödenek ticaretini teşvik etmek için bir anlaşmaya katılmış ve beş eyaletin valileri 2007 yılında benzer hedeflerle Batı Bölgesel İklim Eylemi Girişimi üzerinde anlaşmıştır.



Şekil 1.10: Soğutucu akışkan jenerasyonları

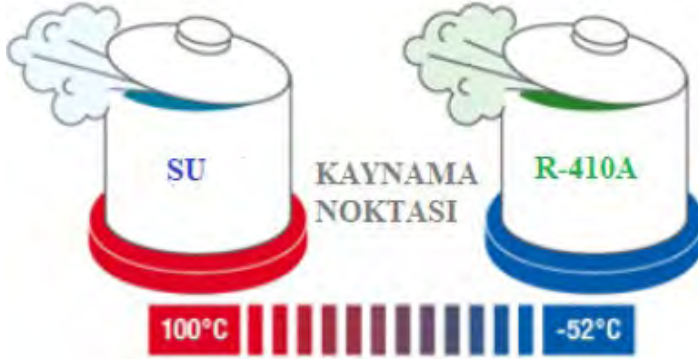
d. Soğutucu Akışkanların Seçimi, Özellikleri ve Etkileri

(Ref: ASHRAE 2004, ASHRAE 2005, UNEP 1994)

Soğutma cihazının tasarımı büyük ölçüde seçilen soğutucu akışkanların özelliklerine bağlıdır. İdeal soğutucu akışkan aşındırıcı değil, güvenli ve iyi termodinamik özelliklere sahiptir (hedef sıcaklığın biraz altında bir kaynama noktası, yüksek bir buharlaşma ısısı, sıvı halde orta yoğunluk, gaz halinde nispeten yüksek yoğunluk içerir).

• **Kaynama Noktası- Gizli Buharlaşma Isısı:** Kaynama noktası bir soğutucu akışkanın en önemli fiziksel özelliğidir çünkü bir soğutucu akışkanın kullanılabileceği sıcaklık seviyesinin doğrudan bir göstergesidir. Molar bazda, benzer kaynama noktalarına sahip akışkanlar neredeyse aynı gizli ısıya sahiptir. Kompresör deplasmanı hacimsel olarak tanımlandığından, benzer kaynama noktalarına sahip soğutucu akışkanlar belirli bir kompresörle benzer soğutma etkisi üretir. Kütle bazında gizli ısı, akışkanlar arasında büyük farklılıklar gösterir. Teorik buhar sıkıştırma çevriminin verimliliği, düşük buhar ısı kapasitesine sahip akışkanlar tarafından maksimuma çıkarılır. Bu özellik, basit bir moleküler yapıya ve düşük moleküler kütleyle sahip akışkanlarla ilişkilidir.

• **Donma Noktası:** Bir soğutucu akışkanın donma noktası, tasarlanan herhangi bir kullanımdan daha düşük olmalıdır. Bazı soğutucu akışkanlar için donma noktası değerleri Tablo 1.1’de verilmiştir.



Tablo 1.1: Bazı soğutucu akışkanlar için donma noktası değerleri

Soğutucu Akışkan	Kimyasal Formül	Molekül kütlesi (kg/mol)	Normal donma noktası (°C)
R124	C_2HClF_4	136.5	-199
R218	C_3F_8	188.02	-150
R290	C_3H_8	44.1	-188
R1270	C_3H_6	42.08	-185
R600A	$i-C_4H_{10}$	58.12	-159.5

• **Sıvı Yoğunluğu:** Yoğunluk, birim hacim başına kütledir. Florlu soğutucu akışkanların yoğunluğu nispeten yüksektir. Yüksek yoğunluk değeri yüksek basınç artışına neden olur. Bu nedenle, yoğun bir soğutucu akışkanın, basınç düşüşünde bir artış olmadan daha yüksek akış hızına uyum sağlamak için daha büyük bir sıvı hattına ihtiyacı vardır. Bazı soğutucu akışkanların sıvı yoğunluk değerleri Tablo 1.2’de verilmiştir.

Tablo 1.2: Bazı soğutucu akışkanlar için sıvı yoğunluk değerleri

Soğutucu Akışkan	Kimyasal Formül	Yoğunluk (kg/m ³)
R134a	CF_3-CH_2F	1378
R152a	CHF_2-CH_3	1011
R290	$CH_3-CH_2-CH_3$	582

• **Buhar Yoğunluğu:** Florokarbon soğutucu akışkanların buhar yoğunluğu da nispeten ağırdır. Buhar yoğunluğu soğutma sisteminde çok önemli değildir. Pistonlu ve döner kompresörlerde gereken güç, moleküllerin ağırlığına değil, molekül sayısına bağlıdır. Ancak santrifüj kompresörlerde gereken güç, gazın yoğunluğuna bağlıdır. Çünkü oluşan basınç, soğutucu akışkanın hızına ve yoğunluğuna göre değişir. Buhar yoğunluğu sistem dışında çok önemlidir. Florlu bir soğutucu akışkan yanlışlıkla veya kasıtlı olarak sistemden salındığında yere çöker ve alçak yerlerde toplanır. Gazı dağıtmak için zemine yakın iyi bir havalandırma gereklidir.

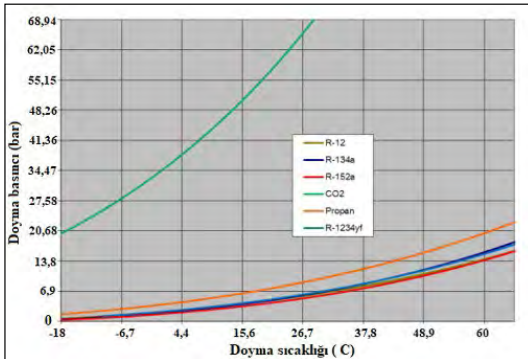
• **Sıcaklık/Basınç İlişkisi:** Bir soğutucu akışkanın doyma basıncı, doyma sıcaklığı ile ilişkilidir. Sıcaklık arttıkça basınç da artar.

• **Sıkıştırma Oranı:** Sıkıştırma oranı, kompresörün yapması gereken iş miktarının bir göstergesidir. Düşük sıkıştırma oranı, yüksek performans katsayısı (COP) anlamına gelir. Tablo 1.3’de, belli koşullar altında (-28.9 °C evaporasyon sıcaklığı, 18.3 °C emiş sıcaklığı, 43 °C kondenzasyon sıcaklığı) farklı soğutucu akışkanlar için sıkıştırma oranları ve karşılık gelen COP değerleri görülmektedir.

Tablo 1.3: Bazı soğutucu akışkanlar için sıkıştırma oranı ve COP değerleri

R	Sıkıştırma Oranı	COP
13B1	7.3	1.10
502	8.88	0.95
500	10.07	0.72

• **Basınç Düşüşü:** Maliyeti azaltmak ve yeterli soğutucu akışkan hızı sağlamak için borular mümkün olduğunca küçük olmalıdır. Öte yandan, borular aşırı basınç düşüşü ve sürtünme kayıplarından kaçınmak için de yeterince büyük olmalıdır. Basınç düşüşleri işletme maliyetlerini artırır. Sıvı hattındaki basınç düşüşü daha yüksek yoğunlaşma sıcaklıklarına, daha yüksek kompresör basma sıcaklıklarına ve dolayısıyla kompresörde daha fazla güç harcanmasına neden olacaktır. Emme hattındaki basınç düşüşü kapasite kaybına neden olur. Kompresörün, evaporatörde istenen basıncı üretmek için daha fazla çalışması gerekmektedir. Öte yandan, iyi bir yağ hareketi sağlamak için yeterli buhar hızına (6 ile 20 m/s) izin verilmesine dikkat edilmelidir.



Şekil 1.11: Farklı soğutucu akışkanlar için doyma sıcaklığı ve basınç ilişkisi

• **Kritik Özellikler- Kritik Sıcaklık, Basınç ve Yoğunluk:** Kritik özellikler bir malzemeyi sıvı ve gaz arasındaki ayrımın kaybolduğu noktada tanımlar. Daha yüksek sıcaklıklarda, saf sıvılar için ayrı bir sıvı fazı mümkün değildir. Yoğuşma içeren soğutma çevrimlerinde, seçilen soğutucu akışkan kritik noktanın altındaki bir sıcaklıkta yoğuşmalıdır.

• **Taşıyıcı Özellikler-Isıl İletkenlik, Viskozite:** Isı eşanjörlerinin ve boruların performansını etkiler, bu nedenle yüksek ısıl iletkenlik ve viskozite arzu edilir. Evaporatör ve kondenser boyutlarının yönetilebilir olması için soğutucu akışkanın iletkenliği mümkün olduğunca yüksek olmalıdır. Basıncın bu özellikler üzerindeki etkisi düşük basınçlarda çok azdır, ancak daha yüksek basınçlarda termal iletkenlik ve viskozite önemli ölçüde azalır.

• **Ses Hızı:** Ses hızı, soğutma borularının içinde ulaşılabilir maksimum hızdır. Bir gazın borulardaki veya açıklıklardaki uygulanabilir hızı ses hızı ile sınırlıdır. Tablo 1.4'te bazı soğutucu akışkanların buhar fazındaki ses hızları gösterilmektedir. Sabit basınçta sıcaklık artırıldığında hız artar. Sabit sıcaklıkta basınç artırıldığında hız azalır. Sesin buhar içindeki hızı şu şekilde hesaplanır:

$$V_a = \sqrt{\left(\frac{\partial p}{\partial \rho}\right)_s} = \sqrt{\gamma \left(\frac{\partial p}{\partial \rho}\right)_T}$$

ρ = yoğunluk, kg/m³
 $\gamma = c_p/c_v$ = özgül ısı oranı
 S = entropi, kJ/kg.K
 T = sıcaklık, K
 V_a = ses hızı, m/s
 p = basınç, Pa

Tablo 1.4: Bazı soğutucu akışkanların buhar fazındaki ses hızları (100kPa basınç, 50 C sıcaklık değerlerinde-NIST Standard Reference Database23,v.7.0)

Soğutucu Akışkan	Ses Hızı (m/s)
134a	168.39
507A	174.45
717	450.44

• **Güvenlik- Zehirlilik ve Yanıcılık:** ASHRAE Standardı 34'te, soğutucu akışkanların kullanımlarından kaynaklanan tehlikeler sınıflandırılmıştır.

Toksiste: ASHRAE Standart 34'e göre, "bir soğutucu akışkanın temas, soluma veya yutma yoluyla akut veya kronik olarak maruz kalınması nedeniyle zararlı veya ölümcül olma kapasitesidir. Tehlikeli etkiler arasında, bunlarla sınırlı olmamak üzere, kanserojenler, zehirler, üreme toksinleri, tahriş edici maddeler, aşındırıcılar, hassaslaştırmacılar, hepatoksinler, nefrotoksinler, nörotoksinler, hematopoetik sistem üzerinde etkili olabilecek maddeler ve akciğerlere, cilde, gözlere veya mukoza zarlarına zarar veren maddeler yer alır. Bu standart için, kalıcı olmayan geçici rahatsızlıklar hariç tutulmuştur". İklimlendirme endüstrisinde, çoğu soğutucu akışkana zehirli olma ve yanıcılık özelliklerinin fonksiyonu olan bir güvenlik sınıflandırmasının atandığı farklı bir sınıflandırma şeması uygulanmaktadır. Bu sınıflandırma şeması ISO 817 ve taslak EN 378 gibi standartlar tarafından benimsenmiştir. Toksisite sı-

nıflandırması, eşik sınır değeri- zaman ağırlıklı ortalama (TLV “threshold limit value” – TWA “time weighted average”) veya tutarlı endeksleri belirlemek için kullanılan verilere dayanarak, hacimce 400 ppm’den daha düşük derişikliklerde zehirliliğin tespit edilip edilmediğine dayanmaktadır. İki zehirlilik sınıfı vardır:

Sınıf A: 400 ppm’in altında hiçbir kronik toksisite etkisi gözlenmemiştir.

Sınıf B: 400 ppm’in altında kronik toksisite etkileri gözlemlenmiştir.

Yanıcılık: Maddelerin standart testlerde tutuşup tutuşmadığına ve tutuşuyorsa alt yanıcılık sınırının (LFL) ve yanma ısısının ne olduğuna bağlıdır. Üç yanıcılık sınıfı vardır (ISO 817’ye göre değerler):

Sınıf 1: 60°C’de ve standart atmosferik basınçta havada test edildiğinde alev yayılımı göstermez.

Sınıf 2L: Sınıf 2 gibidir ancak (laminer) yanma hızı 0.10 m/s’den az olmalıdır.

2. Sınıf: 60°C’de ve atmosferik basınçta test edildiğinde alev yayılımı gösterir, ancak hacimce %3.5’ten daha yüksek bir LFL’ye ve 19000 kJ/kg’dan daha düşük bir yanma ısısına sahiptir.

3. Sınıf: 60°C’de ve atmosferik basınçta test edildiğinde alev yayılımı gösterir, ancak hacimce %3.5 veya daha az LFL’ye sahiptir veya 19000 kJ/kg’a eşit veya daha yüksek bir yanma ısısına sahiptir.

Sınıf 2L artık ISO 817, ISO 5149’da yer almakta ve EN 378’e dahil edilmesi önerilmektedir. Öncelikle HFC-152a ile, tutuşması daha zor olan ve hasara neden olabilecek aşırı basınçların ortaya çıkma olasılığı daha düşük olan, diğer Sınıf 2 soğutucu akışkanlar (R717, HFC-32 ve HFO-1234yf gibi) arasında ayırım yapılması amaçlanmıştır. Tipik olarak, “daha iyi” bir sınıflandırma (yani A Sınıfı yerine B Sınıfı toksisite ve 1. Sınıf yerine 3. Sınıf yanıcılık), soğutucu akışkanın daha yüksek riskiyle başa çıkmak için, soğutma sisteminin daha zahmetli tasarım gereksinimlerine ihtiyaç duyacağı anlamına gelir.

Tablo 1.5: Soğutucu akışkanların güvenlik grupları (ASHRAE34 ve ISO 817)

	Düşük Toksisite	Daha Yüksek Toksisite
Alev yayılımı yok	A1	B1(R123’ü içerir)
2L	A2L, HFO 1234YF’yi içerir	B2L (amonyak içerir)
Düşük Tutuşabilirlik	A2	B2
Yüksek tutuşabilirlik	A3(hidrokarbonları içerir)	B3

Alt Yanıcılık Sınırı: Yanıcı soğutucu akışkanların alt yanıcılık sınırı (lower flammability limit, LFL), aktif bir tutuşma kaynağının varlığında bir alevi sürdürebilecek en küçük miktarı temsil ettiğinden, tipik olarak bir odaya veya kapalı alana salınabilecek soğutucu akışkan miktarına bir kısıtlama olarak uygulanır.

Akut Toksisite Maruz Kalma Sınırı: Herhangi bir soğutucu akışkanın akut toksisite maruziyet limiti (acute toxicity exposure limit, ATEL), bir odaya veya mahfazaya salınabilecek soğutucu akışkan miktarına bir kısıtlama olarak da uygulanabilir. Çünkü bu, bina sakinleri üzerinde olumsuz toksikolojik etkiler yaratabilecek en küçük miktarı temsil eder.

Pratik Limit: Soğutucu akışkanların uygulanması için pratik derişiklik limiti (practical concentration limit, PL) olarak adlandırılan bir başka güvenlik önlemi daha vardır. Bu, bir alanda kağışı engelleyici (yani akut) etkilere yol açmayacak en yüksek derişiklik seviyesini temsil eder. Dolayısıyla, esas olarak, bir soğutucu akışkanın güvenlik faktörü uygulanmış en düşük "tehlikeli" derişikliktir. PL'nin hesaplanmasında aşağıdakilerden en düşük olanı esas alınır:

- Akut Toksikite Maruz Kalma Sınırı (ATEL), mortalite (LC50 açısından) ve/veya kardiyak hassasiyet ve/veya anestezi veya merkezi sinir sistemi (central nervous system, CNS) etkilerine dayalıdır.

- Oksijen yoksunluğu limiti (Oxygen deprivation limit, ODL),

- Alt yanıcılık sınırının %20'si (veya ASHRAE 34'te %25'i).

- A1 (ve A2L) ve B sınıfı soğutucu akışkanlar için PL normalde ATEL'e dayanırken, A2 ve A3 soğutucu akışkanlar için normalde LFL tarafından belirlenir. Bazı soğutucu akışkanlar için PL geçmiş kullanım deneyimlerine dayanmaktadır.

- **Soğutucu akışkan etkileri:** 1987 yılında araştırmacılar, kloroflorokarbonlar (CFC'ler) olarak bilinen en yaygın kullanılan soğutucu akışkanlardaki kimyasal bileşiklerin atmosfer için önemli bir yıkım kaynağı olduğu sonucuna vardılar. Araştırmalar, CFC'lerin atmosfere ulaştığında, güneşin ultraviyole ışınlarının bileşeni parçaladığını ve böylece ozon tabakasını kötü etkileyen kloru serbest bıraktığını gösterdi.

• Etki türleri:

Doğrudan etki: Soğutucu gazların atmosfere sızmasından kaynaklanır. Bu durum ozon tabakasının incelmeye ve sera etkisi yoluyla küresel ısınmaya yol açabilir.

Dolaylı etki: Soğutma ve iklimlendirme sistemleri, enerji tüketimi nedeniyle küresel ısınmaya neden olan CO₂ emisyonlarına yol açması.

e. Soğutucu Akışkanların Sınıflandırması

Soğutucu akışkanlar genel olarak aşağıdakilere göre sınıflandırılabilir:

- **Çalışma prensibi:** Bu başlık altında, birincil veya yaygın soğutucu akışkanlar ve ikincil soğutucu akışkanlar yer almaktadır. Birincil soğutucu akışkanlar, soğutma çevrimi sırasında sıkıştırma, soğutma veya yoğunlaşma, genleşme ve buharlaşma veya ısınma süreçlerinden geçen akışkanlardır. Amonyak, R12, R22, karbondioksit bu soğutucu akışkan sınıfına girer. Öte yandan, bir soğutma sisteminde çevrimde olmayan ve sadece ısı transferi için bir ortam olarak kullanılan akışkanlar, ikincil soğutucu akışkanlar olarak adlandırılır. Su, sodyum klorür ve kalsiyum klorür tuzlu su çözeltileri bu kategoriye girer.

- **Güvenlik hususları:** Bu başlık altında üç alt bölüm bulunmaktadır:

Güvenli soğutucu akışkanlar: R114, metil klorür, karbondioksit, su vb. gibi toksik olmayan, yanıcı olmayan.

Zehirli ve orta derecede yanıcı soğutucu akışkanlar: dikloroetilen metil formatı, etilklorür, sülfür dioksit, amonyak vb.

Yüksek derecede yanıcı soğutucu akışkanlar: bütan, izobütan, propan, etan, metan, etilen vb.

• Kimyasal bileşikler:

Halokarbon Bileşikleri: Bunlar, etan veya metandaki bir veya daha fazla hidrojen atomunun halojenlerle değiştirilmesiyle elde edilir.

Azeotropolar: Bunlar iki veya daha fazla soğutucu akışkanın karışımlarıdır ve bir bileşik gibi davranırlar.

Oksijen ve Azot Bileşikleri: Yapılarında amonyak gibi oksijen veya azot molekülleri bulunan soğutucu akışkanlar ayrı olarak gruplandırılır ve halojenli soğutucu akışkanlardan ayrı bir isimlendirmeye sahiptir.

Halkalı Organik Bileşikler: Bu sınıfa giren bileşikler R316, R317 ve R318'dir.

İnorganik Bileşikler: Bunlar ayrıca iki kategoriye ayrılır: Kriyojenik ve Kriyojenik Olmayan.

Kriyojenik akışkanlar -160 °C ile -273 °C arasındaki düşük sıcaklıklara ulaşmak için kullanılan akışkanlardır. Kriyojenik sıcaklık aralıklarının üzerinde kullanılan inorganik bileşikler, inorganik soğutucu akışkanların diğer alt bölümü altında yer alır.

Doymamış Bileşikler: Etilen, propilen vb. bileşikler bu başlık altında toplanmış ve kolaylık olması açısından 1000 serisi altında gruplandırılmıştır.

Çeşitli Bileşikler: Bu grup, diğer bileşimler altında gruplandırılmayan bileşikler içerir. Bunlar 700 serisi ile gösterilir ve son rakamlar moleküler ağırlıklarıdır. Örnek olarak hava, karbondioksit, sülfür dioksit vb. verilebilir.

f. Soğutucu Akışkanların Adlandırılması

Yukarıdaki alt bölümlerden de görebileceğimiz gibi, bunlar birbirinin içinde bulunan alt bölümler değildir. Bir bileşik birden fazla alt bölüme girebilir. Bu nedenle, farklı soğutucu akışkanları tanımlamak için çeşitli adlandırma kurallarını benimsemenin önemi hafife alınmaz. Yıllar boyunca çok çeşitli uygulamalar için çok sayıda soğutucu akışkan geliştirildiğinden, çeşitli soğutucu akışkanları tanımlamak için bir numaralandırma sistemi benimsenmiştir. Tüm soğutucu akışkanlar R harfi ve ardından da özel bir numara ile belirtilir.

DOĞAL Organik İnorganik	 Ammonia R-717 (NH ₃)	 Water R-178 (H ₂ O)	 Carbon Dioxide R-744 (CO ₂)
SENTETİK HCFCs HFCs HFOs	 R-134a (CH ₂ FCF ₃)	 Propane (C ₃ H ₈)	 R-11 (CCl ₃ F)
SAF AKIŞKAN KARIŞIMLAR Zeotropik Azeotropik	 R-22 (CHClF ₂)	 R32 (CH ₂ F ₂)	 Isobutane (C ₃ H ₁₀)
			 R-1234ze (C ₃ H ₂ F ₄)

• **Tamamen doymuş, halojenli bileşikler:** Bu soğutucu akışkanlar alkan türevleridir ($C_n H_{2n+2}$) ve R XYZ ile gösterilir, burada:

X+1 Karbon (C) atomlarının sayısını gösterir.

Y-1 Hidrojen (H) atomlarının sayısını gösterir.

Z, Flor (F) atomlarının sayısını gösterir.

Denklik Klor atomlarının sayısını ifade eder. Sadece 2 basamak X değerinin sıfır olduğunu belirtir.

Örnek 1: R134a soğutucu akışkanının kimyasal formülünü hesaplayın:

Yukarıda belirtilen kurallara göre:

C atomu sayısı: $C - 1 = 1 \Rightarrow C = 2$

H atomu sayısı: $H + 1 = 3 \Rightarrow H = 2$

F atomu sayısı: $F = 4$

Cl atomu sayısı: $Cl = 0$

Bileşik $C_2 H_2 F_4$ 'tür ve adı Tetra-floro-etan'dır.

• **İnorganik soğutucu akışkanlar:** Bunlar 7 rakamıyla tanımlanır ve ardından soğutucu akışkanın moleküler ağırlığı (yuvarlanarak) ile gösterilir.

Örnek: Amonyak: Molekül ağırlığı 17'dir, tanımlama R 717'dir.

Karbondioksit: Molekül ağırlığı 44'tür, tanımı R 744'tür.

Su: Molekül ağırlığı 18'dir, tanımı R 718'dir.

g. Soğutucu Akışkan Karışımları

Karışımlar, iki veya daha fazla farklı kimyasal bileşiğin karışımlarından oluşan, genellikle diğer uygulamalar için soğutucu olarak ayrı ayrı kullanılan soğutucu akışkanlardır.

• **Zeotropik karışım:** İki sıvı karıştırıldığında, karışımın belirli bir sıcaklıktaki buhar basıncı iki bileşenin buhar basınçları arasındaysa basit bir karışım veya zeotrop oluşur. Buhar basıncı ve derişiklik arasındaki ilişki:

Raoult's yasası: $P_A = X_A (VP)_A$

$P_B = X_B (VP)_B$

Dalton's yasası: $P_A + P_B = P_T$

burada: P_A "veya" $P_B = A$ veya B bileşeninin çözeltideki kısmi basıncı

X_A veya X_B = karışımdaki her bir bileşenin mol kesri

$(VP)_A$ "veya" $(VP)_B$ = saf bileşenin buhar basıncı

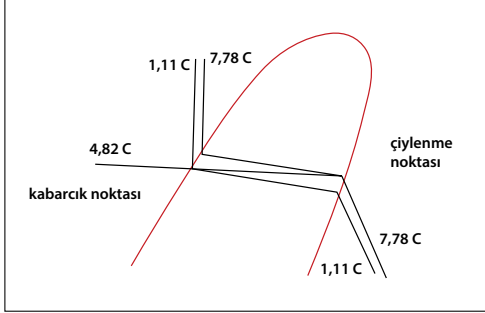
P_T = çözeltinin buhar basıncı

Karışımın buhar basıncı, Dalton yasası ile hesaplandığı gibi bileşenlerin kısmi basınçlarının toplamına eşit olduğunda, çözeltinin "ideal" olduğu söylenir. Zeotropik karışımlar, soğutma çevrimlerinde kullanıldığında, sabit basınçta buharlaşırken veya yoğunlaşırken hacimsel bileşimi ve doyma sıcaklıklarını değiştiren farklı uçuculuklara sahip birden fazla bileşenden oluşur.

• **Azeotropik karışım:** Soğutma çevrimlerinde kullanıldığında, sabit basınçta buharlaşırken veya yoğunlaşırken hacimsel bileşimi veya doyma sıcaklığını değiştirmeyen farklı uçuculuklara sahip birden fazla bileşenden oluşan karışımlardır. Azeotrop, çözeltinin buhar basıncı her bir saf bileşenin buhar basıncından daha büyük olduğunda oluşur.

• **Azeotropiğe yakın karışım:** Belirli bir uygulama için analizde sonuçta hata olmaksızın göz ardı edilebilecek kadar küçük bir sıcaklık kaymasına sahip zeotropik bir karışımdır.

Sıcaklık Kayması: Herhangi bir sabit basınçta bir sistem içindeki soğutucu akışkan faz değişiminin başlangıç ve bitiş sıcaklıkları arasındaki farkı ifade eder. Karışım, belirli bir basınçta, bir sıcaklık aralığında buharlaşır ve yoğunur. Bir soğutucu akışkan karışımının toplam sıcaklık kayması, sabit bir basınçta doymuş buhar sıcaklığı ile doymuş sıvı sıcaklığı arasındaki sıcaklık farkı olarak tanımlanır. Diğer bir tanım ise, sabit bir basınçta bir sistem içindeki soğutucu akışkan faz değişiminin başlangıç ve bitiş sıcaklığı arasındaki sıcaklık farkıdır.



Şekil 1.12: Sıcaklık kaymasının P-h diyagramı üzerinde gösterimi

Sıvı soğutucu akışkan buharlaştırıcıda kaynadığında, sıvı ve buhar fazlarının bileşimi farklıdır. Düşük kaynama noktalı bileşenler buhar fazına geçerken sıvı faz yüksek kaynama noktalı bileşen bakımından zenginleşir. Yoğulturucuda soğutucu akışkan buhardan sıvıya faz değiştirir (yoğuşur). Soğutucu akışkan karışımları sıcaklık kayması sergiler çünkü bileşimlerinde birden fazla molekül bulunur. (Ref: <http://www.achrnews.com/articles/130707-the-professor-the-correlation-between-refrigerant-blends-and-temperature-glide>)

Soğutucu Akışkan Tipi	Sıcaklık Kayması (K)
R401A	6.4
R409A	8.1
R402A	2
R403B	1.2
R408A	0.6

Tablo 1.6: Bazı soğutucu akışkanlar için sıcaklık kayması değerleri

Karışımlar için Sayı Tanımlaması: Karışımlar, ilgili soğutucu akışkan numaraları ve ağırlık oranları ile belirtilir. Soğutucu akışkanlar, bileşenlerin normal kaynama noktalarının artış sırasına göre adlandırılır.

Örnek: R404a: R125/143a/134a (%44, %52, %4)

R407c: R32/125/134a (%23, %25, %52)

Azeotropik Karışımlar için Sayı Tanımlaması: Azeotropik karışımlara 500 serisinde tanımlayıcı bir numara verilir. Burada parantez içinde ağırlık yüzdelerini belirtmek gerekli değildir.

Örnek: R500: %73.8 R12 ve %26.2 R152

R502: %8.8 R22 ve %51.2 R115

5. ÇEVREYE ZARARLI UYGULAMALAR

Yukarıda adı geçen maddeler, soğutma ve iklimlendirme sistemlerinde yüksek verimliliğe sahip olmalarına rağmen, özellikle geniş uygulamalarda kullanıldıkları için çevreye zararlı oldukları kanıtlanmıştır.

Bu zararlı maddelere Ozon Tabakasını İncelten Maddeler (OTİM) adı verilmektedir. İnsanların zararlı uygulamalarıyla yaygın olarak yayılırlar ve ozon tabakası üzerinde doğrudan etkiye sahiptirler ve sonuç olarak küresel ısınmayı etkilerler.



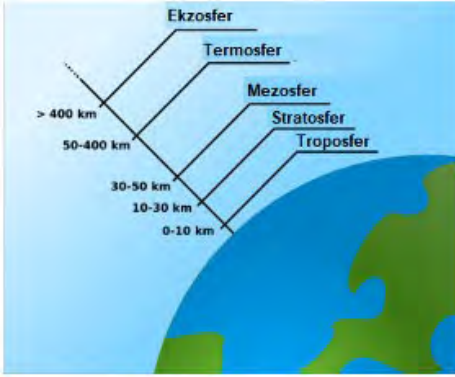
Sera Gazlarının başlıca kaynakları olarak kabul edilen ve Ozon Tabakasının İncelmesine ve Küresel Isınmaya neden olan çevreye zararlı uygulamalar şunlardır: üretim veya kullanım sırasında CFC veya halon içeren ürünler ve büyük miktarlarda petrol, benzin ve kömür yakılması. Bu tür faaliyetler sera gazı miktarını artırmış, böylece 1998 yılı en sıcak yıl olarak kaydedilmiştir.

6. ATMOSFERİN YAPISI (OZON TABAKASI)

Atmosfer, farklı özelliklere sahip çeşitli katmanlardan oluşur. Ozon tabakasının incelenmesi bağlamında, atmosferin en alttaki iki tabakası en önemlileridir. Bunlar:

Troposfer: Dünya yüzeyinden yaklaşık 10 km yüksekliğe kadar uzanır. Bu katman büyük ölçekli türbülans ve karışım ile karakterize edilir. Tüm hava olayları bu katmanda meydana gelir. Önemli bir özelliği, yer yüzeyinde ortalama 15°C'den başlayıp troposfer sonunda -55°C'ye ulaşan yükseklikle birlikte sıcaklık düşüşüdür. Sıcaklık düşüşü, havanın ağırlığının yüksekliğe bağlı değişimi ile basınç farklılıklarına neden olmasından kaynaklanmaktadır ve termodinamik yasaları (ideal gaz yasası gibi) basınç değişikliklerine sıcaklık değişikliklerinin eşlik ettiğini göstermektedir. Bu katmanın kalınlığı her yerde aynı değildir; Tropik bölgelerde 16 km'ye kadar çıkarken, Kutup Bölgelerinde 9 km'ye kadar düşmektedir.

Stratosfer: Dünya yüzeyinin 10-45 km üzerindeki aralığı kaplar. Bu katmanın sıcaklık yapısı, güneş enerjisini emen ve ısı olarak serbest bırakan ozonun varlığı nedeniyle troposferden farklıdır. Ozonun %90'ı stratosferde bulunduğu için bu katman ozon tabakası olarak adlandırılır. Ozon ister yeryüzünden kilometrelerce yukarıda ister yer seviyesinde bulunsun aynı kimyasal yapıya sahiptir ve şu şekilde tanımlanır: "iyi" ozon doğal olarak stratosferde, dünya yüzeyinden yaklaşık 10 ila 30 mil yukarıda oluşur ve dünyadaki yaşamı güneşin zararlı ışınlarından koruyan bir tabaka oluşturur. Dünyanın alt atmosferinde, yer seviyesindeki ozon (veya sis) "kötü" olarak kabul edilir.



Şekil 1.13: Atmosferin yapısı
(Kaynak: <http://picshype.com>)

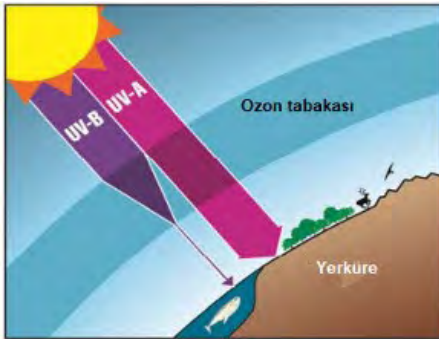
VOC (uçucu organik bileşikler) + NO_x + Güneş ışığı = Ozon

UV Radyasyon Türleri

UV-A: 320 nm'den büyük dalga boyları, ozon tarafından tamamen emilmez, insanlarda D Vitamini oluşumu için gereklidir.

UV-B: 280-320 nm arasındaki dalga boyları, ozon tarafından engellenen büyük miktarda UV-B kapsamı, öncelikle deri ve gözler gibi maruz kalan organları etkiler.

UV-C: Stratosferik ozon tarafından tamamen ortadan kaldırılan 200 ile 280 nm arasındaki dalga boyları ciddi biyolojik sonuçlara neden olur.



Şekil 1.14: UV Radyasyon türleri

Stratosferik ozondaki her %1'lik azalma, zararlı ultraviyole radyasyona maruziyeti %1.5 ile 2 oranında artırmaktadır [EPA].

Ozon Nasıl Üretilir?

Ozon, güneşten gelen ultraviyole radyasyonun oksijen moleküllerine çarpıp onları ayırmasıyla üst stratosferde doğal olarak üretilir. Bu O₂ ayrışma sürecine fotoliz denir. Ayrışmanın ardından O₂ serbest bir oksijen atomu açığa çıkarır. Bu atom daha sonra ozon oluşturmak için başka bir O₂ molekülü ile birleşebilir. O₂'nin ayrışması için dalga boyu 240 nm'den kısa olan ultraviyole (UV) ışık gerekir. Stratosferdeki ozonun çoğu, güneş radyasyonu seviyesinin en yüksek olduğu Ekvator kuşağı üzerinde oluşur. Atmosferdeki sirkülasyon daha sonra onu kutba doğru taşır. Bu nedenle, Dünya üzerindeki bir konumun üzerindeki stratosferik ozon miktarı doğal olarak enleme, mevsime ve günden güne değişir.

7. OTİM VE UYGULAMALAR

OTİM (Ozon tabakasını incelten madde veya ODS “Ozone Depleting Substance”), genellikle klor, flor veya brom artı karbonun bir kombinasyonundan oluşan, CFC ve HCFC gibi ozonu tahrip ettiği kanıtlanmış kimyasal bir maddedir. Ozon tabakasını incelten maddeler, yeryüzündeki yaşamı zararlı ultraviyole ışınlarından koruyan ozon tabakasına zarar verir. Yavaşça bozunurlar ve uzun yıllar boyunca bozulmadan kalabilirler. Bir klor veya brom molekülü 100,000 ozon molekülünü yok ederek, ozonun doğanın yerine koyabileceğinden çok daha hızlı bir şekilde yok olmasına neden olabilir.

OTİM'ler iki sınıfa ayrılmıştır:

Sınıf I: Tam halojenli CFC'leri, halonları ve ozon tabakasını en çok tehdit eden, ODP'si (Ozon tabakası inceltme potansiyeli) 0.2 veya daha yüksek olan OTİM'leri içerir.

Sınıf II: HCFC gibi stratosferik ozon tabakası üzerinde zararlı etkileri olduğu bilinen veya makul olarak tahmin edilen, ODP'si 0.2'den az olan maddelerdir.

Tablo 1.7: Belli başlı OTİM'lerin listesi

OTİM	Kimyasal Formül	Kullanım Yeri
Siklobütan veya RC-316c	C ₄ Cl ₂ F ₆	Havacılık endüstrisinde çözücü olarak test edilir.
Hekzaklorobutadien (veya HCBd)	C ₄ Cl ₆	Çözücü uygulamalarının yanı sıra HFC'lerin üretiminde bir ara maddedir.
n-propilbromür (veya 1-bromopropan, CH ₂ BrCH ₂ CH ₃ ve nPB)	1-C ₃ H ₇ Br veya CH ₂ BrCH ₂ CH ₃	Yağ alma, buhar temizleme ve metal parçaların soğuk temizliği dahil olmak üzere çözücü uygulamalarında kullanılır.
Halon-1202	CBr ₂ F ₂	Askeri tip uçaklar için yangından korunma sistemlerinde. Halon 1301 ve 1211'in üretimi sırasında üretilen yan üründür.

Karbon tetraklorür ve metil kloroform: Temizlik için çözücü olarak yaygın şekilde kullanılan klor içeren kimyasallar. Karbon tetraklorür (CTC), gelişmekte olan ülkelerde temizlik işlemleri için kullanılan çok etkili bir klorlu çözücüdür:

- 1839 keşfedildi.
- 1890'ların sonlarından itibaren metal yağının giderilmesinde ve 1930'larda kuru temizleme çözücüsü olarak popüler hale gelmiştir.
- 1950'lerin sonunda yerini perkloroetilene bıraktı.
- Tüm klorokarbon çözücüler arasında en ucuz olanıdır ancak zehirli ve kanserojendir.
- ODP değeri 1.1'dir ve tüm yaygın çözücüler arasında en yüksek olanıdır.
- 1950 ve 1980 yılları arasında, 1,1,1-trikloroetan diğer klorokarbonların yerini almak üzere popüler hale gelmiştir.
- Başlangıçta Uzak Doğu ve Japonya'da kuru temizlemeye ek olarak soğuk temizleme çözücüsü ve bazı yapııştırıcı sınıfları için çözücü olarak kullanılmıştır.
- Diğer çözücülere göre daha düşük toksisiteye sahiptir.
- Nispeten düşük ODP'ye (0.1) sahiptir ancak kullanılan hacim nedeniyle ozon tabakası üzerinde önemli bir etkisi vardır.
- Orta derecede düşük bir fiyata sahiptir, ancak diğer tüm klorlu solventlerden biraz yüksektir.
- Bu maddelerin etkisi ODP, GWP ve kullanım ömürleri ile ölçülmektedir. Yaşam süresi faktörünün dikkate alınması çok önemlidir, çünkü CFC'ler o kadar kararlıdır ki bazılarının atmosferik yaşam süreleri 100 yıldan fazladır ve kolayca parçalanmazlar.
- Bu nedenle, düşük ömürlü soğutucu akışkanların seçilmesi arzu edilir.

Tablo 1.8: Bazı soğutucu akışkanların ODP, GWP ve ömür değerleri

Soğutucu Gaz	ODP	GWP	Ömrü
R124	0.03	610	5.8
R134a	0	1430	14.6
R404A	0	3920	40.36

OTİM'lerin zararlı etkileri nedeniyle, bu maddelerin aşamalı olarak kullanımdan kaldırılmasına yönelik bir takvim üzerinde çalışmak için, bazı anlaşma ve sözleşmeler düzenlenmiştir. Bu anlaşmalar bazı ozon tabakasını incelten maddelerin kullanımını tamamen yasaklamış ve halen kullanılmakta olan diğer maddelerin aşamalı olarak kullanımdan kaldırılması için takvim belirlemiştir. Ayrıca, dünya çapında bir izleme süreci ve aşamalı azaltma planının tabiki vardır.

8. ÇOK TARAFLI ÇEVRE ANLAŞMALARI

i. Viyana Sözleşmesi (1985)

ii. Ozon Tabakasını İncelten Maddelere İlişkin Montreal Protokolü (1987)

iii. Tehlikeli Atıkların Sınır Ötesi Taşınımının ve Bertarafının Kontrolüne İlişkin Basel Sözleşmesi (1989)

iv. Kyoto İklim Değişikliği Protokolü (1997)

v. Uluslararası Ticarette Belirli Tehlikeli Kimyasallar ve Pestisitler için Ön Bildirimli Kabul Prosedürüne ilişkin Rotterdam Sözleşmesi (PICs) (1998)

vi. Kahlı Organik Kirleticilere (KOK) ilişkin Stockholm Sözleşmesi (2001)

8.1 Viyana Sözleşmesi (1985)

1985 Viyana Sözleşmesi hükümetler arası iş birliğini teşvik etmektedir:

- Uluslararası araştırma
- Ozon tabakasının sistematik gözlemi
- CFC üretiminin izlenmesi

Emisyon ve CFC ile halon derişikliklerine ilişkin veri alışverişı

Aşağıda Viyana Protokolü tarafından gündeme getirilen başlıca konular yer almaktadır:

• Katılımcı taraflar, OTİM faaliyetlerinden kaynaklanan olumsuz etkilere karşı insan sağlığını ve çevreyi korumaya çalışmalıdır.

• Taraflar, ozon tabakasını etkileyebilecek fiziksel ve kimyasal süreçler hakkında iş birliği içinde araştırma ve bilimsel değerlendirme başlatmalı ve üstlenmelidir.

• Taraflar sahip oldukları bilgileri diğerlerine iletmelidir.

• 1985 yılında ayrıca Antarktika'daki "ozon deliğı" keşfedilmiştir.

• Bilimsel veriler, CFC'lerden kaynaklanan klorun ve halonlar ve metil bromürden kaynaklanan bromun ozon tahribatından ve ozon deliğinin kendisinden sorumlu olduğunu doğruladı. Antarktika'daki deliğın keşfi, Viyana Konvansiyonu ile başlatılan uluslararası iş birliğini artırmıştır.

8.2 Ozon Tabakasını İncelten Maddelere İlişkin Montreal Protokolü (1987)

Antarktika'daki ozon deliğinin keşfedilmesinin ardından hükümetler, bir dizi CFC'nin (CFC 11, 12, 113, 114 ve 115), çeşitli Halonların (1211, 1301, 2402), HCFC'lerin, metil bromürün ve diğer bazı OTİM'lerin üretimini ve tüketimini azaltmak için daha güçlü önlemlere ihtiyaç olduğunu kabul etti. Ozon Tabakasını İncelten Maddelere İlişkin Montreal Protokolü 16 Eylül 1987 tarihinde Montreal'deki Uluslararası Sivil Havacılık Örgütü Genel Merkezinde kabul edilmiştir. Protokol, 29 ülke ve AET (Avrupa Ekonomik Topluluğı) tarafından onaylandığı 1 Ocak 1989 tarihinde yürürlüğe girmiştir. O tarihten bu yana birçok ülke daha Protokolü onaylamıştır.

Protokol, periyodik bilimsel ve teknolojik değerlendirmeler temelinde aşamalı azaltma programlarının yenilenebileceğı şekilde tasarlanmıştır. Bu tür değerlendirmelerin ardından protokol, aşamalı olarak kullanımdan çıkarma programlarını hızlandıracak şekilde düzenlenmiştir. Ayrıca, başka kontrol tedbirleri getirmek ve listeye yeni maddeler eklemek için de değiştirilmiştir.

• Montreal Protokolü Kapsamında Kontrol Önlemleri ve Aşamalı Olarak Terk Ediliş Takvimi

Ozon tabakasının 1970'lerdeki durumuna dönebilmesi ancak tüm ulusların ozon taba-

kasını incelten maddelerin atmosfere salınımını ortadan kaldırma çabalarına katılmasıyla mümkün olabilir. Ozon anlaşmalarının onaylanmaması, dünyayı ozon tabakasının incelmesinden kaynaklanan zarardan korumaya yönelik uluslararası çabaları engelleyebilir. Bu tür bir hasar küresel bir etkiye sahip olsa da gelişmekte olan ülkeler muhtemelen en ciddi şekilde etkilenecektir.

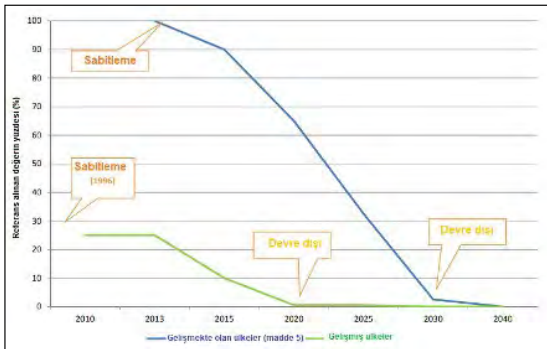
Montreal Protokolü ve değişiklikleri, ozon tabakasını incelten maddelerin aşamalı olarak terk edilmesine yönelik bir mekanizma oluşturmaktadır. Protokol Tarafları bu hedefe bağlı kalmaktadır.

Kontrol önlemleri ve aşamalı olarak terk ediliş programları, hedef maddelerin hem üretimini hem de tüketimini kapsamaktadır. Ancak, aşamalı olarak kullanımdan kaldırıldıktan sonra bile hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkelerin, henüz alternatifleri belirlenmemiş olan temel kullanımları karşılamak için sınırlı miktarlarda üretim yapmalarına izin verilmektedir.

Madde 5 Ülkeleri

Montreal Protokolü'nün 5. Maddesi uyarınca, gelişmekte olan bir ülke olan ve kontrol altındaki maddelerin yıllık tüketimi kişi başına 0.3 kg'dan az olan herhangi bir ülke Madde 5 ülkesi olarak kabul edilir. Bu tür ülkelere, temel iç ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla Montreal Protokolü'nün kontrol önlemlerine uymaları için on yıllık bir gecikme süresi tanınmaktadır. Halihazırda Montreal Protokolü tarafından kontrol edilen doksan altı kimyasal madde şunlardır;

- Halo karbonlar, özellikle kloroflorokarbonlar (CFC'ler)
- Halonlar
- Karbon tetraklorür
- Metil kloroform (1,1,1 trikloroetan)
- Hidrobromoflorokarbonlar (HBFC'ler)
- Hidrokloroflorokarbonlar (HCFC'ler)
- Metil bromür (CH₃Br)
- Bazı şirketlerin 1998 yılında piyasaya sürmeye çalıştığı yeni bir ozon tabakasını incelten madde olan Bromochloromethane (BCM), 1999 Değişikliği ile kullanımının önlenmesi için derhal aşamalı olarak kaldırılması hedeflenmiştir.



Şekil 1.15: Montreal Protokolü ile belirlenmiş HCFC'lerin Madde 5 ve Madde 5 dışı ülkeler için aşamalı terk ediliş takvimi

Tablo 1.9: OTİM için aşamalı olarak terk ediliş programı (Bu tablo, çeviri kitabına güncellenerek eklenmiştir. Bu tablo 2024 yılı itibariyle güncel tarihleri içeren programı göstermektedir.)

OTİM Grubu	OTİM Grubu: Protokolün yasal metnindeki ekler	Gelişmiş ülkelerdeki terk ediliş takvimi (a)	Gelişmekte olan ülkelerde terk ediliş takvimi (b)
Önemli CFC'ler	Ek A, Grup 1	1996	2010
Halonlar	Ek A, Grup 2	1994	2010
Diğer CFCl'ler	Ek B, Grup 1	1996	2010
Karbon tetraklorür	Ek B, Grup 2	1996	2010
Metil kloroform	Ek B, Grup 3	1996	2015
HCFC'ler	Ek C, Grup 1	2020 (b)	2030 (b)
HBFC'ler	Ek C, Grup 2	1996	1996
Bromklormetan	Ek C, Grup 3	2002	2002
Metil bromür	Ek E	2005	2015

(a) OTİM üretimi, tüketimi ve kullanım muafiyeti terk edilmiştir.

(b) Mevcut İKS cihazları için servis amaçlı kullanıma bu tarihten 10 yıl daha izin var.

• Uyum Asistanı Programı (CAP-Compliance Assistant Program)

CAP, UNEP'in (Birleşmiş Milletler Çevre Programı) bölgesel ofislerinde (Batı Asya Bölgesi, ROWA gibi) çalışan UNEP personelinden oluşan bir ekiptir. CAP programı aşağıdaki amaçlar için tasarlanmıştır:

- Montreal Protokolüne uyumu desteklemek için proje uygulamasını hızlandırmak ve gelişmekte olan ülkelere sağlanan hizmetlerin kalitesini artırmak.
- Uyum yardımını ilgili bölgedeki ülkelere doğrudan yerinde sağlamak ve ülkelerle sürekli olarak yakın iş birliği içinde çalışmak.
- Ozonla alakalı çalışan görevliler ile doğrudan etkileşim yoluyla ülkelerin ihtiyaçlarını ve proje tekliflerini önceliklendirmelerine yardımcı olmaktır.

Uyum Asistanı Programının, Çok Taraflı Fon için faz aşımı planının açıklanan faaliyetlerinden bazıları şunlardır:

- Uyumunu sağlamak ve sürdürmek için doğrudan teknik ve politika yardımı sağlamak.
- Düşük hacimli ozon tabakasını incelten maddeler tüketen ülkelere yardım etmek. Bu yardım Kurumsal Güçlendirme, Ülke Programı ve Soğutucu Akışkan Yönetim Planları güncellemesi, Soğutucu Akışkan Yönetim Planları uygulaması ve diğer yatırım dışı destekleri içermektedir.
- Düşük hacimli ozon tabakasını incelten maddeler tüketen ülkelerin çoğu için, soğutma sektörü en büyük ozon inceltici madde tüketilen sektördür ve bu Soğutucu Yönetim Planları faaliyetlerinin başarılı bir şekilde uygulanması, ülkelerin CFC (Kloroflorokarbon) uyum hedeflerine ulaşip ulaşmayacağını büyük ölçüde belirleyecektir.

8.3 Tehlikeli Atıkların Sınır Ötesi Taşınımının ve İmhasının Kontrolüne İlişkin Basel Sözleşmesi

(Ref: <http://archive.basel.int/convention/basics.html>)

1980'lerin sonlarında, sanayileşmiş ülkelerdeki çevresel düzenlemelerin sıklaştırılması, tehlikeli atıkların imha maliyetinde dramatik bir artışa yol açtı. Atıklardan kurtulmanın daha ucuz yollarını arayan "zehir tüccarları" tehlikeli atıkları geliştirmekte olan ülkelere ve Doğu Avrupa'ya göndermeye başladı. Bu faaliyet ortaya çıktığında, uluslararası tepkiler Basel Sözleşmesinin hazırlanmasına ve kabul edilmesine yol açtı. Atıklara örnek olarak şunlar verilebilir; hastanelerden kaynaklanan klinik atıklar, ilaç atıkları, evsel atıklar, metal ve plastiklerin yüzey işlemlerinden kaynaklanan atıklar, patlayıcı ve yanıcı atıklar.

Sözleşmenin ilk on yılı (1989-1999) boyunca, esas olarak tehlikeli atıkların "sınır ötesi" hareketlerinin, yani tehlikeli atıkların uluslararası sınırların ötesine taşınmasının kontrolüne yönelik bir çerçeve oluşturmak amaçlanmıştır. Ayrıca "çevreye duyarlı yönetim" için kriterler geliştirmiştir. Önceden yazılı bildirimle dayalı bir Kontrol Sistemi de uygulamaya konulmuştur.

İsviçre'nin Cenevre kentinde bulunan Sekreterlik, Sözleşmenin ve ilgili anlaşmaların uygulanmasını kolaylaştırır. Aynı zamanda hukuki ve teknik konularda yardım ve kılavuzluk sağlar, istatistiksel veriler toplar ve tehlikeli atıkların doğru yönetimi konusunda eğitimler verir. Sekreterlik UNEP tarafından yönetilmektedir.

Anlaşma yürürlüğe 5 Mayıs 1992 yılında girmiştir. Sözleşmenin önümüzdeki on yıl boyunca yürüteceği faaliyetlere ilişkin rehber ilkeler şunlardır;

Daha temiz teknolojilerin ve üretim yöntemlerinin aktif olarak teşvik edilmesi ve kullanılması,

Tehlikeli ve diğer atıkların hareketinin daha da azaltılması,

Yasadışı trafiğin önlenmesi ve izlenmesi,

Özellikle geliştirmekte olan ülkeler ve ekonomileri geçiş sürecinde olan ülkeler için kurumsal ve teknik kapasitelerin uygun olduğunda teknoloji yoluyla geliştirilmesi,

Eğitim ve teknoloji transferi için bölgesel ve alt bölgesel merkezlerin daha da geliştirilmesi.

8.4 Kyoto İklim Değişikliği Protokolü (1997)

(Ref: <http://www.pic.int/TheConvention/Overview/History/tabid/1045/language/en-US/Default.aspx>)

1992 yılında 154 ülke, küresel ısınmayı azaltmak ve kaçınılmaz olan sıcaklık artışlarıyla başa çıkmak için neler yapılabileceğini konusunda çalışmaya başlamak üzere Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi adlı uluslararası bir anlaşmaya katıldı. Anlaşma, küresel ısınmayla mücadele etmek için sera gazı emisyonlarını azaltmayı amaçlıyordu. Belirtilen hedefi "atmosferdeki sera gazı derişikliklerinin, iklim sistemine tehlikeli antropojenik (insan kaynaklı) müdahaleyi önleyecek kadar düşük bir seviyede stabilize edilmesini sağlamak" idi. Anlaşma, başlangıçta, sera gazı emisyonları üzerinde hiçbir zorunlu sınır koymamış ve hiçbir yaptırım hükmü içermemiştir. Ancak anlaşma, zorunlu emisyon sınırları belirleyecek ("protokol" olarak adlandırılan) güncelleme hükümleri içeriyordu. Temel güncelleme, UNFCCC'nin (Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi) kendisinden çok daha iyi bilinen Kyoto Protokolü'dür.

Kyoto Protokolü 16 Şubat 2005 tarihinde yürürlüğe girmiştir. Toplam 156 ülke anlaşmayı onaylamıştır. UNEP basın açıklamasına göre: "Kyoto Protokolü, sanayileşmiş ülkelerin toplu sera gazı emisyonlarını 1990 yılına kıyasla %5.3 oranında azaltacakları bir anlaşmadır (ancak, Protokol olmadan 2010 yılında beklenen emisyon seviyeleriyle karşılaştırıldığında, bu hedefin %29'luk bir kesintiye temsil ettiğini unutmayın). Hedef, altı sera gazından (karbondioksit, metan, azot oksit, sülfür hekzaflorid, HFC'ler ve PFC'ler) kaynaklanan toplam emisyonların 2008-2012 arasındaki beş yıllık dönemin ortalaması olarak azaltılmasıydı. Ulusal hedefler Avrupa Birliği ve diğer bazı ülkeler için %8'lik azaltımdan, ABD için %7'ye, Japonya için %6'ya, Rusya için %0'a ve Avustralya için %8 ve İzlanda için %10'luk izin verilen artışlara kadar değişmektedir."

Kyoto Protokolü kapsamına giren sera gazları şunlardır:

Karbondioksit (CO₂), Metan (CH₄), Azot Oksit (N₂O), Hidroflorokarbonlar (HFC'ler), Perflorokarbonlar (PFC'ler) ve Sülfür hekzaflorür (SF₆).

Bu tür sera gazı kaynakları şunlardır:

Yakıt yanması (ulaşım sektörü, enerji santralleri...), mineral ürünler, kimya endüstrisi, tarım (gübre yönetimi, pirinç ekimi...)

Gelişmekte olan ülkeler, birkaç nedenden dolayı UNFCCC kapsamında acil kısıtlamalardan muaf. Birincisi, kirlilik endüstriyel büyüme ile güçlü bir şekilde bağlantılı olduğu için büyümenin kısıtlanmasını önlemek. İkincisi, gelişmekte olan ülkelerin sanayileşmiş ülkelere emisyon kredisi satarak aşırı kirletmelerine izin vermelerini önlemek.

8.5 Uluslararası Ticarete Belirli Tehlikeli Kimyasallar ve Pestisitler için Ön Bildirimli Kabul Prosedürüne ilişkin Rotterdam Sözleşmesi (1998)

Son otuz yılda kimyasal üretimi ve ticaretindeki çarpıcı büyüme, tehlikeli kimyasallar ve pestisitlerin yarattığı potansiyel risklere ilişkin endişeleri artırmıştır. Bu kimyasalların ithalatını ve kullanımını izlemek için yeterli altyapıya sahip olmayan ülkeler özellikle savunmasız durumdadır.

Rotterdam Sözleşmesi, insan sağlığını ve çevreyi potansiyel zararlardan korumak ve çevresel açıdan sağlıklı kullanımlarına katkıda bulunmak amacıyla dünyanın belirli tehlikeli kimyasalların ticaretini izlemesini ve kontrol etmesini sağlamak için tasarlanmış çok taraflı bir çevre anlaşmasıdır. Belirli kimyasalların küresel ticaretini veya kullanımını yasaklamak için bir öneri değildir. Daha ziyade, ithalatçı taraflara hangi kimyasalları almak istedikleri konusunda bilinçli kararlar verme ve güvenli bir şekilde yönetemeyecekleri kimyasalları hariç tutma yetkisi sağlayan bir araçtır. Sözleşme 22 tehlikeli böcek ilacı ve 500 endüstriyel kimyasalı kapsamaktadır.

Sözleşme 24 Şubat 2004 tarihinde yürürlüğe girmiş ve 170 taraf ülke için yasal olarak bağlayıcı hale gelmiştir.

Sözleşmenin amaçları şunlardır: İnsan sağlığını ve çevreyi potansiyel zararlardan korumak amacıyla belirli tehlikeli kimyasalların uluslararası ticaretinde taraflar arasında ortak sorumluluk ve iş birliği çabalarını teşvik etmek; özellikleri hakkında bilgi alışverişini kolaylaştırarak, ithalat ve ihracatlarına ilişkin ulusal bir karar alma süreci sağlayarak ve bu kararları taraflara dağıtarak bu tehlikeli kimyasalların çevresel açıdan sağlıklı kullanımına katkıda bulunmak.

8.6 Kalıcı Organik Kirleticilere (KOK, Persistent Organic Pollutants-POP) İlişkin Stockholm Sözleşmesi (2001)

(Ref:http://www.chemsafetypro.com/Topics/Convention/Stockholm_Convention_on_Persistent_Organic_Pollutants_POPs.html)

Kalıcı Organik Kirleticiler, toksik özelliklere sahip olan, bozulmaya dirençli, biyolojik olarak birikebilen (canlı organizmaların yağ dokusunda biriken) ve hava, su ve göçmen türler yoluyla uluslararası sınırların ötesine taşınan ve bulundukları yerden çok uzakta biriken kimyasallardır. Bu maddelerin bazıları pestisitler, diğerleri ise endüstriyel kimyasallar veya endüstriyel proseslerin veya yanmanın istenmeyen yan ürünleridir.

Günlük yaşamda kullanılan KOK örnekleri arasında şunlar yer almaktadır: DDT, ikincil bakır, alüminyum ve çinko üretimleri, atıkların açıkta yakılması, fosil yakıtlı endüstriyel yakıcılar, kurşunlu benzinli motorlu taşıtlar, tekstil ve deri boyama vb.

KOK'ların spesifik etkileri arasında kanser, alerjiler ve aşırı duyarlılık, merkezi ve periferik sinir sistemlerinde hasar, üreme bozuklukları ve bağışıklık sisteminin bozulması yer alabilir. Bazı KOK'ların ayrıca hormonal sistemi değiştirerek maruz kalan bireylerin ve onların yavrularının üreme ve bağışıklık sistemlerine zarar verebilecek endokrin bozucular olduğu düşünülmektedir.

Stockholm Sözleşmesi, insan sağlığını ve çevreyi KOK'lardan korumaya yönelik küresel bir anlaşmadır. KOK'lar dünya çapında dolaşmaktadır ve gittikleri her yerde hasara neden olabilmektedir. Hükümetler, Sözleşmeyi uygularken KOK'ların çevreye salınımını ortadan kaldırmak veya azaltmak için önlemler alacaklardır.

Daha önce bahsedilen insan uygulamaları nedeniyle birçok çevresel sorun gözlenmektedir. Bunlardan en önemlilerinin küresel ısınma ve sera etkisi olduğu kaydedilmiştir.

Bahsi geçen sözleşme ve anlaşmalar bu sorunların yayılma hızının azaltılmasında önemli rol oynamıştır ancak bunların varlığını ve etkilerinin oldukça fazla fark edilir noktaya geldiğini kimse inkâr edemez. Ayrıca ülkeler OTİM'in etkisini azaltmak için birlikte çalışmaz ve yasaklama anlaşmalarına uymazlarsa etkileri daha ciddi olacaktır.

9. KÜRESEL ISINMA

a. Küresel Isınmanın Tanımı:

Dünya, diğer tüm nesneler gibi güneş ışığının bir kısmını emer ve diğer kısmını yansıtır. Atmosferdeki bazı maddelerin (OTİM= CFC) emisyonu, dünyanın ışığı yansıtma yeteneğini azaltır ve "Sera Etkisi" veya "Küresel Isınma" olarak adlandırılan durumu yaratır.

Gezegemiz, kuzey kutbundan güney kutbuna ve aradaki her yerde ısınıyor. Küresel olarak civa şimdiden 1 Fahrenheit derecenin (0.8 °C) üzerinde ve hatta hassas kutup bölgelerinde daha da yükselmiş durumda. Ve artan sıcaklıkların etkileri uzak bir geleceği beklemiyor, şu anda gerçekleşiyor. Her yerde işaretler görülüyor ve bunlardan bazıları şaşırtıcı. Sıcaklık sadece buzulları ve deniz buzunu eritmekle kalmıyor, aynı zamanda yağış düzenini değiştiriyor ve hayvanları harekete geçiriyor.

b. Küresel Isınmanın Etkileri:

Artan sıcaklıklardan kaynaklanan bazı etkiler halihazırda gerçekleşmektedir (Referans:

IPCC, 2007). Dünya genelinde, özellikle de dünyanın kutuplarında buzlar eriyor. Buna dağ buzulları, Batı Antarktika ve Grönland'ı kaplayan buz tabakaları ve Arktik deniz buzu da dâhildir.



Araştırmacı Bill Fraser, sayıları 30 yıl içinde 32,000 çiftten 11,000'e düşen Antarktika'daki Adélie penguenlerinin neslinin tükenişini ortaya koymuştur.

Deniz seviyesinin yükselmesi geçen yüzyılda daha da hızlanmıştır.

Bazı kelebekler, tilkiler ve alpin bitkiler daha kuzeye veya daha yüksek, daha serin alanlara taşınmıştır.

Yağışlar (yağmur ve kar yağışı) dünya genelinde ortalama olarak artmıştır.



(Ref: www.ourplant.org.uk)

Ladin kabuk böcekleri 20 yıldır süren sıcak yaz ayları nedeniyle, Alaska'da patlama yaptı. Bu böcekler 4 milyon dönümlük ladin ağacını kemirmiştir.

Isınma devam ederse, bu yüzyılın ilerleyen dönemlerinde başka etkiler de ortaya çıkabilir.

Deniz seviyelerinin yüzyılın sonuna kadar 7 ile 23 inç (18 ile 59 santimetre) arasında yükselmesi ve kutuplarda devam eden erimeye 4 ile 8 inç (10 ile 20 santimetre) eklemesi bekleniyor.

Kasırgalar ve diğer fırtınalar muhtemelen daha güçlü hale gelecektir.

Birbirine bağımlı olan türlerin senkronizasyonu bozulabilir. Örneğin, bitkiler tozlaşmayı sağlayan böceklerin aktif hale gelmesinden daha önce çiçek açabilir.

Seller ve kuraklıklar daha yaygın hale gelecektir. Kuraklığın zaten yaygın olduğu Etiyopya'da yağışlar önümüzdeki 50 yıl içinde yüzde 10 oranında azalabilir.

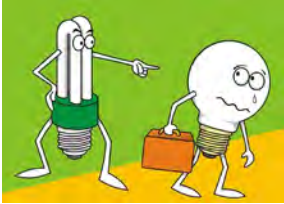
Daha az tatlı su bulunacak, Peru'daki Quelccaya buz örtüsü mevcut hızında erimeye devam ederse, 2100 yılına kadar yok olacak ve içme suyu ve elektrik için ona güvenen binlerce insanı her ikisinden de yoksun bırakacaktır.

Sivrisinekler tarafından taşınan sıtma gibi bazı hastalıklar yayılacaktır.

Ekosistemler değişecek bazı türler daha kuzeye taşınacak veya daha fazla yaşam alanı bulacak; diğerleri ise taşınamayacak ve soyları tükenebilecek. Yaban hayatı araştırma bilimcisi Martyn Obbard, 1980'lerin ortalarından bu yana, üzerinde yaşayacakları ve yiyecek için balık tutacakları daha az buz olduğu için kutup ayılarının önemli ölçüde zayıfladığını tespit etti. Kutup ayısı biyoloğu Ian Stirling de Hudson Körfezi'nde benzer bir durum tespit etti. Deniz buzu yok olursa kutup ayılarının da yok olacağından korkuyor.

c. Küresel Isınmanın Önlenmesi İçin Önerilen Çözümler

(Ref: <http://www.nrdc.org/globalwarming/solutions/>)



- Enerji verimli ürünler kullanmak: Floresan ampuller gibi enerji verimli ürünler, enerji tasarrufunda ve aynı zamanda düşük maliyette uzun bir yol kat eder. Evde veya sanayide elektronik aletler tarafından üretilen enerji, küresel ısınmanın en büyük üreticisidir. Enerji verimli ürünlerin kullanılması hem enerji hem de para tasarrufu açısından büyük bir potansiyele sahiptir ve hızlı bir şekilde uygulanabilir.

- Fosil yakıtların kullanımdan kaldırılması: Odun veya kömür gibi fosil yakıtların yanması diğer ürünlere kıyasla daha fazla karbon emisyonu üretmektedir. Kömür yakan enerji santrallerinin aşamalı olarak kapatılması ve fosil yakıtların doğrudan yakılmaması fosil yakıtlara olan bağımlılığı azaltacaktır.

- Kullanmayan aletlerin kapatılması: Genellikle dışarı çıktığımızda, aslında kullanmadığımız zaman fanları, ampulleri, aletleri kapatmayı unuturuz. Bu cihazlar ısı üretir ve bu da küresel ısınmaya katkıda bulunur. Bu cihazların kapatılması elektrik tasarrufu sağlayacak, elektrik faturalarını düşürecek ve küresel ısınmayı azaltacaktır.

- Ormansızlaşmanın durdurulması: Daha az ağaç, daha fazla küresel ısınmadan sorumlu

olan sera gazlarının daha az emilmesi anlamına gelir. Ormansızlaşmayı ve orman tahribatını azaltarak küresel ısınmayla mücadele edebiliriz. Bu nedenle ormanların ve tarımın yönetilmesi karbon emisyonlarının azaltılması için en önemli öncelik olmalıdır.

- Toplu taşıma araçlarının kullanımını teşvik: Araçlardan kaynaklanan kirlilik karbon emisyonlarının büyük bir kısmını oluşturmaktadır. Toplu taşıma, araç paylaşımı ve düşük karbonlu yakıtların kullanımı sadece kirliliği azaltmakla kalmaz, aynı zamanda karayolundaki araç trafiğini de azaltır. Uzun vadede, toplu taşıma daha maliyet dostu görünmekte ve cep yakmamaktadır.

- Yenilenebilir kaynaklarının yaygınlaştırılması: Güneş, rüzgâr, jeotermal ve biyo-enerji gibi yenilenebilir kaynaklar temiz enerji yaratır ve uzun yıllardır dünya çapında kullanılmaktadır. Bu teknolojiler hızla yaygınlaştırılabilir, uygun maliyetlidir ve milyonlarca insan için istihdam yaratır.

- Zorlu standartlar için baskı yapmak: Hükümet, sıfır emisyon üretmedikleri sürece yeni kömürlü termik santrallere hiçbir sübvansiyon, teşvik veya taahhütte bulunulmamasını sağlamalıdır.

- Düşük karbon teknolojilerinin geliştirilmesi: Düşük karbon teknolojilerinin araştırılması ve geliştirilmesi karbon emisyonlarının azaltılmasına daha fazla yardımcı olacaktır.

- Farkındalığın artırılması: Karbon emisyonlarını durdurmak için insanlar arasında farkındalık yaratmak en iyi yoldur. Küresel ısınmayla ilgili sunumlar, toplantılar ve tartışmalar, küresel ısınmaya karşı uygulanabilir çözümler hakkında bilgi sağlar ve yenilenebilir enerji ve enerji verimliliğinin geliştirilmesinden Orta Batı genelinde elde edilebilecek ekonomik faydaları pekiştirir.

d. Küresel Isınma ve Ozon Deliği

Ozon deliği küresel ısınmadan farklıdır, ancak aralarında bağlantılar vardır. Küresel ısınma etkisi arttıkça, atmosferin üst kısımları soğur, böylece stratosferik bulutların oluşabileceği alan artar ve daha geniş bir alan ozon delinmesine duyarlı hale gelir.

10. OZON TABAKASININ İNCELMESİ

a.Tanım:

Ozon tabakasının incelenmesi, stratosferik ozonun tahribatının molekülün üretiminden daha fazla olduğu durumlarda ortaya çıkan bir olaydır. Bilim insanları 1970'lerin başından beri stratosferik ozonda azalma gözlemlemişlerdir. Kutup bölgelerinde daha belirgin olduğu görülmüştür. Aşağıda “Ozon Tabakası İncelmesini” açıklayan kimyasal denklemler yer almaktadır:

- $\text{CFCl}_3 + \text{UV Işınları} \rightarrow \text{CFCl}_2 + \text{Cl}$
- $\text{Cl} + \text{O}_3 \rightarrow \text{ClO} + \text{O}_2$
- $\text{ClO} + \text{O} \rightarrow \text{Cl} + \text{O}_2$

Serbest klor atomu daha sonra başka bir ozon molekülüne bağlanmak için serbest kalır:

- $\text{Cl} + \text{O}_3 \rightarrow \text{ClO} + \text{O}_2$
- $\text{ClO} + \text{O} \rightarrow \text{Cl} + \text{O}_2$

Ve bu durum daimi olarak kendini tekrar eder.

b. Ozon Tüketme Potansiyeli (ODP)

ODP, Cl veya Br atomlarının sayısı ve atmosferik ömür ile belirlenir.

ODP aşağıdaki gibi tanımlanır:

$$ODP = \frac{\text{Bir bileşiğin birim kütlesinin emisyonundan kaynaklanan toplam ozon kaybı}}{CFC - 11'in birim kütlesinin emisyonundan kaynaklanan toplam ozon kaybı}$$

c. Ozon Derişikliğinin Ölçümü

$$\text{Kesir derişikliği: } C_{O_3} = \frac{\text{Ozon Molekülü}}{\text{Hava molekülü}} = \frac{\text{Ozonun Molü}}{\text{Havanın Molü}} = \frac{n_{O_3}}{n}$$

$$\text{Milyon başına parçalar: } C_{O_3} = \frac{\text{Ozon Molekülü}}{10^6 \text{ Hava Molekülü}} = \frac{\text{Ozonun Molü}}{10^6 \text{ Havanın Molü}}$$

$$\text{Burada } \frac{10^{-6} \text{ mol ozon}}{1 \text{ mol hava}} = \frac{1 \text{ mol ozon}}{10^6 \text{ mol hava}} = 1 \text{ ppm Ozon}$$

$$\text{Ozon gram/m}^3 \text{ hava: } C_{O_3}(\text{g/m}^3) = \frac{\text{Kütle } O_3}{V_{\text{hava}}} = \frac{\rho M_{O_3}}{R_0 T} C_{O_3}$$

Dobson Birimleri: Dünya yüzeyini kaplayan ozon moleküllerinin stratosferin tepesine kadarki sayısını belirlemeye yarayan ölçüm birimidir.

1DU (Dobson Birimi) = 0°C ve 1 atm'de 0.01 mm kalınlığında saf ozon.

Kutup Bölgeleri (ilkbahar): Ozon derişiklikleri=500 DU

Ekvator: Ozon derişiklikleri <250 DU.

Dikey bir sütundaki ozon için genel değer 300 DU'dir, yani dünya yüzeyinde 3 mm kalınlığında bir ozon tabakası için geçerlidir.

d. Etkiler

- Cilt Kanserlerinde Artış: Bazal ve yassı hücreli cilt kanserleri ve kötü huylu benler
- İnsan bağışıklık cevap sisteminin baskılanması.
- Gözlerde Hasar: Kornea, konjonktiva, lens ve retina, Fotokeratoz veya "kar körlüğü", Katarakt
- Cildin erken yaşlanması.
- Bitkilerde hasar. Bitkilerin 2/3'ü belli bir derecede UV hassasiyeti göstermiştir. Yaprak boyutunu küçültüp enerji toplama için mevcut alanı sınırlandırmaktadır.
- Deniz organizmalarına zararı ise, Fitoplankton fotosentezi %8.5'e varan oranda azalır, yani hayvanlar için daha az yiyecek olur. %16 ozon tabakasının incilmesi fitoplanktonda daha fazla kayba, yani yılda 7 milyon ton balık kaybına yol açabilir.

e. Önerilen Çözümler

(Ref: www.greendiary.com)

Özel araç kullanımının sınırlandırılması: Ozon tabakasının incelmelerini kontrol altına almanın çok kolay bir yolu araç kullanımını sınırlandırmak ya da azaltmaktır, zira araç emisyonları eninde sonunda ozon tabakasının bozulmasına neden olan dumana yol açmaktadır. Araba paylaşımı, toplu taşıma araçlarını kullanma, yürüme, bisiklet kullanma bireysel ulaşım kullanımını sınırlandıracaktır. Hibrit veya elektrikli sıfır emisyonlu motora sahip araçlara geçmek harika bir seçenek olacaktır.

Çevre dostu ev temizlik ürünlerinin kullanımı: Ev işlerinde çevre dostu ve doğal temizlik ürünlerinin kullanılması ozon tabakasının delinmesini önlemenin harika bir yoludur. Bunun nedeni, bu temizlik maddelerinin çoğunun ozon tabakasına müdahale eden zehirli kimyasallar içermesidir. Pek çok süpermarket ve sağlık mağazası toksik içermeyen ve doğal malzemelerden yapılmış temizlik ürünleri satmaktadır.

Pestisit kullanmaktan kaçınmak: Pestisitler ozon tabakası için zararlıdır. Bunun için en iyi çözüm, pestisitlere yönelmek yerine doğal ilaçları kullanmayı denemek olacaktır.

Roket fırlatmaları için sıkı düzenlemeler geliştirilmesi: Dünya bilimsel keşiflerde büyük bir hızla ilerliyor. Yakın zamanda bir düzenleme yapılmazsa ozon tabakasına zarar verebileceği gerçeği göz önünde bulundurulmadan dünya çapında çok sayıda roket fırlatılıyor. Yapılan bir araştırma roket fırlatmalarının neden olduğu zararın CFC'lerin neden olduğu zararı geride bırakacağını göstermektedir. Şu anda, küresel roket fırlatmaları ozon tabakasının incelmelerine büyük ölçüde katkıda bulunmamaktadır, ancak zaman içinde, uzay endüstrisinin ilerlemesine bağlı olarak, ozon tabakasının incelmelerine büyük ölçüde katkıda bulunacaktır. Her türlü roket motoru, ozon tabakasına yakın olan orta ve üst stratosfer tabakasına doğrudan atılan ozon tahrip edici bileşikler olan yanma ürünleri ile sonuçlanır. Sürdürülebilirliğin çevresel boyutunun düzgün çalışmasını ve tutarlı bir şekilde uygulanmasını sağlamak için, bu prosedürü kontrol edecek ve küresel çevre için yetkili bir savunucu olarak hizmet verecek bir otorite bulunmalıdır. Bu otorite Birleşmiş Milletler Çevre Programı'dır (UNEP).

Tehlikeli nitröz oksit kullanımının yasaklanması: 70'li yılların sonlarında ozon tabakasının endişe verici bir hızla incelmesine ilişkin bir araştırmanın dünya çapında yarattığı alarm nedeniyle, dünyanın dört bir yanındaki uluslar bir araya gelerek 1989 yılında CFC'lerin kullanımını durdurmak amacıyla Montreal Protokolü'nü oluşturdular. Ancak protokol, ozon tabakasını tahrip edebilecek en ölümcül kimyasal olan ve halen kullanılmakta olan nitröz oksidi içermiyordu. Dünyanın dört bir yanındaki hükümetler, ozon tabakasını kurtarmak için bu zararlı bileşiğin kullanımını yasaklanması konusunda güçlü bir duruş sergilemelidir.

ETKİNLİK 1

SOĞUTMA VE İKLİMLENDİRME ENDÜSTRİSİ, SOĞUTUCU AKIŞKANLARIN EVRİMİ VE ÇEVRESEL ETKİLERİ

İklimlendirme endüstrisinin tarihi ile ilgili daha önce tartışılanlara dayanarak, her kademedeki lider şirketleri göz önünde bulundurarak iklimlendirme sisteminin tarihi hakkında bilgi veren 2 sayfalık bir rapor yazınız.

Uygulamalı Çalışma 1:

4 kişilik gruplar oluşturarak aşağıdakileri yapınız:

- Eski bir klima getirip sökünüz,
- Sistem çevrimini çiziniz,
- Herhangi bir marka klimanın kullanım kılavuzunu getirin, çalışma sıcaklıklarını ve basıncını bularak klimanın COP değerini çıkarınız.

ETKİNLİK 2:

Farklı protokolleri ve sözleşmeleri karşılaştırınız, en etkili olanları ve OTİM kullanımına ilişkin mevcut küresel durumu inceleyerek bir rapor yazınız.

ETKİNLİK 3:

- 2 kişilik grup olarak; küresel ısınma ve ozon tabakasının incelenmesinin nedenleri ve sonuçları ile birbirleri arasındaki ilişki hakkında bilgi veren bir poster ve sunum hazırlayınız.
- En iyi poster ve sunumu yapanın seçileceği bir yarışma yapılacaktır.



MODÜL 2

SÜRE: 3.5 HAFTA

**FARKLI SEKTÖRLER İÇİN ALTERNATİF
SOĞUTUCU AKIŞKANLAR VE YAĞLAR**

1. GİRİŞ

(Ref: IPCC/TEAP Special Report: Safeguarding the Ozone Layer and the Global Climate System)

Soğutma teknolojisinin mevcudiyeti ve uygulamaları, bir toplumun yaşam standardı için kritik öneme sahiptir. Gıda zinciri boyunca muhafaza ve tıbbi uygulamalar, yaşam kalitesine önemli katkı sağlayan örneklerdir. Entegre enerji tüketimi bilgileri mevcut değildir, ancak soğutucu akışkanların en yoğun kullanıldığı soğutma sektörünün dünya elektrik üretim kapasitesinin yaklaşık %9'unu kullandığı tahmin edilmektedir (Bertoldi, 2003; EC, 2003; ECCJ, 2004; EIA, 2004; ERI, 2003). Küresel enerji üretim kapasitesindeki bu yüksek tüketim değerleri göz önüne alındığında, alternatif soğutma gazlarının göreceli enerji verimliliğinin dolaylı sera gazı emisyonları üzerinde önemli bir etkiye sahip olabileceği anlamına gelmektedir. Soğutma uygulamaları boyut ve sıcaklık seviyesi açısından büyük farklılıklar göstermektedir. Boyutlar, 60-140 W elektrik gücü gerektiren ve 40-180 g soğutucu akışkan içeren ev tipi buzdolaplarından, birkaç megawatt'a kadar güç gereksinimi olan ve binlerce kilogram soğutucu akışkan içeren endüstriyel ve soğuk depo soğutma sistemlerine kadar değişmektedir. Soğutma sıcaklık seviyeleri de -70°C ila 15°C arasında değişmektedir. Neredeyse tüm mevcut uygulamalar buhar sıkıştırma soğutma teknolojisini kullanmaktadır. Potansiyel pazar büyüklüğü yıllık 100,000 milyon US\$ değerine yaklaşabilir. Bu çeşitlilik, on yıllar boyunca farklı uygulamalar için benzersiz optimizasyon çabalarına neden olmuştur. Yine yağlama da buhar sıkıştırma sistemlerinde önemli bir teknoloji olarak kabul edilmektedir. Yağ, iyi malzeme uyumluluğu sağlamalı ve yüksek termal kararlılık özelliklerine sahip olmalıdır.

2. SOĞUTMA SİSTEMLERİ

(Ref: RTOC-Assessment-Report-2014)

Genel olarak kullanılan soğutma sistemleri aşağıdaki başlıklar altında toplanmıştır;

- a. Ev Tipi Cihazlar
- b. Hava Soğutmalı Klimalar ve Isı Pompaları (Küçük Bağımsız Klimalar, Kanalsız Split Konut Klimaları, Kanallı Split Konut Klimaları, Kanallı Ticari Split ve Paket Klimalar),
- c. Sıcak Su Isı Pompaları (Su Isıtma Isı Pompaları, Alan Isıtma Isı Pompaları, Kombine Alan ve Sıcak Su Isı Pompaları)
- d. Ticari Soğutma Sistemleri (Tekil Üniteler, Kondenser Üniteleri)
- e. Endüstriyel Soğutma Sistemleri (Gıda İşleme, Soğuk Hava Depoları, Binalar, Enerji Santralleri, IT merkezleri, Bölgesel Soğutma, Endüstriyel Isı Pompaları ve Isı Geri Kazanımı, Aktivite ve Eğlence Sektörü),
- f. Soğuk Taşımacılık (Konteyner Taşımacılığı, Denizyolu Taşımacılığı ve Balıkçı Gemileri, Karayolu Taşımacılığı, Demiryolu Taşımacılığı, Havayolu Taşımacılığı)
- g. Su soğutma Üniteleri-Chiller (Mekanik Buhar Sıkıştırma Su soğutma, Soğurmalı Su soğutma)
- h. Araç Kliması (Start&Stop sistemi ve hibrit araçlar, Plug-in hibritler (PHEV) ve bataryalı elektrikli araçlar (BEV))

2.1 Ev Tipi Cihazlar

Ev tipi buzdolapları ve dondurucular tüm dünyada konutlarda ve ofisler gibi ticari olmayan alanlarda gıda depolamak için kullanılmaktadır. 20 L'den 850 L'ye kadar değişen dahili depolama kapasiteleriyle yılda 80,000,000 adetten fazla birim üretilmektedir. Yaşam tarzı ve gıda tedarik altyapıları tüketici seçim kriterlerini güçlü bir şekilde etkilemekte ve farklı küresel bölgeler arasında büyük ölçüde farklı ürün konfigürasyonları ile karşılaşmaktadır. Ürünlerde hermetik olarak sızdırmaz, buhar sıkıştırmalı soğutma sistemleri kullanılmaktadır. Bunlar tipik olarak 50–250 gram soğutucu akışkan içermektedir.

2.2 Hava Soğutmalı Klimalar ve Isı Pompaları

• Küçük bağımsız klimalar

Küçük bağımsız (SSC, Small Self-Contained) klimalar, tüm soğutma sistemi bileşenlerinin tek bir paket içinde yer aldığı küçük kapasiteli ünitelerdir. Bu ürünler tipik olarak 1 kW ila 10 kW arasında değişen soğutma kapasitelerine sahiptir (ortalama 2.7 kW boyutundadır). Bu ürün kategorisi aşağıdaki yaygın konfigürasyonları içerir:

- **Pencere Tipi Oda Kliması,**
- **Duvar Tipi Klima,**
- **Taşınabilir Klima,**
- **Paketlenmiş Terminal Klima (PTAC)**

Küçük bağımsız klimalar, yatak odaları, küçük dükkanlar, restoranlar ve ofisler gibi tek bir alanı ısıtmak veya soğutmak için tasarlanmıştır. Bu klimalar, boyutları ve nispeten düşük maliyetleri nedeniyle, genellikle gelişmekte olan klima pazarlarında ortaya çıkan ilk bireysel, konfor amaçlı, elektrik tahrikli, buhar sıkıştırma sistemleri olmuştur. Bununla birlikte, kanalsız split tip oda klimaları çoğu ülkede birincil konfor klima seçeneği olarak daha sık tercih edilmekte ve bu da pencereye monte edilen ve duvar tipi klimalara olan talepte küresel bir düşüşe neden olmaktadır.

Bu sistemler, 1 kW soğutma kapasitesi başına yaklaşık 0.25 kilogram soğutucu akışkan dolum seviyelerine sahiptir. Çoğunluğu hermetik rotorlu kompresör kullanırken, geri kalanı pistonlu veya spiral (scroll) tip kompresör kullanmaktadır.

Geçmişte küçük klimaların çoğu HCFC-22 kullanmıştır. İlerleyen zamanlarda bu ürünlere ozon tüketme potansiyeli olmayan soğutucu akışkanlar; çoğunlukla HFC karışımları, R407C ve R410A kullanılmıştır. Ünitelerin küçük bir kısmı da HC-290 kullanmaktadır.

Küresel olarak yaklaşık 17 milyon SSC klima üretilmektedir (Gloël, 2014). Hizmet ömürlerinin 10 yıldan fazla olduğu düşünüldüğünde, dünya genelinde 170 milyondan fazla SSC klimanın faaliyette olduğu tahmin edilmektedir.

• Kanalsız split klimalar (Ticari ve konut kullanımı için)

Dünyanın birçok yerinde, konut ve hafif ticari iklimlendirme, kanalsız split klimalar ile yapılmaktadır. Kanalsız split klimalar ticari binalarda, okullarda, apartmanlarda ve tekil konutlarda yaygın olarak kullanılmaktadır ve kapasiteleri 2 kW ila 20 kW (ortalama 3.8 kW) arasında değişmektedir.

Soğutulacak veya ısıtılacak alanın dışına monte edilen bir kompresör/ısı eşanjörü ünite-

sinden (condensing unit) oluşurlar. Dış ünite, soğutucu akışkan boruları aracılığıyla iklimlendirilen alanın içinde, genellikle duvarda bulunan ancak tavana veya zemine monte edilen tasarımları da olabilen bir fanlı serpantin ünitesine bağlanır. Kompresörler tipik olarak hermetik rotorlu, spiral (scroll) veya pistonlu tiptedir. İnverter teknolojisinin kullanılmasından kaynaklanan yüksek enerji tasarrufu potansiyeli bulunmaktadır ve bu teknoloji şu anda yeni ünitelerin yaklaşık yarısında bulunmaktadır.

Tersinir klimalar (ısı pompaları), öncelikle ısıtma için kullanılmakta ancak yaz aylarında soğutma amaçlı da kullanılmaktadır. Bu üniteler, tipik olarak 30°C'ye kadar düşük ortam sıcaklıklarında yüksek verimlilik ve kapasite sağlamak üzere tasarlanmıştır. Isı pompaları, elektrikli rezistans ve fosil yakıtlı ısıtmaya, verimli ve uygun maliyetli bir alternatif sağlayarak dolaylı CO₂ emisyonlarını azaltabilir. Soğuk iklimler için tasarlanan ısı pompaları, düşük ortam sıcaklıklarından kaynaklı ürün performansını iyileştirmek için bir veya daha fazla teknolojiye yararlanır. Bu teknolojiler arasında çok aşamalı veya değişken hızlı sıkıştırma, daha büyük ısı eşanjörleri ve gelişmiş kontrol stratejileri yer alır.

2000 yılından önce üretilen mini split konut ve ticari klimaların büyük çoğunluğu HCFC-22 soğutucu akışkan kullanmıştır. Mini split klimaların ortalama HCFC-22 dolum seviyeleri 1 kW soğutma kapasitesi başına yaklaşık 0.25 ile 0.30 kg arasındadır. Bu ürünlerde kullanılan, ozon tabakasını inceltme potansiyeli olmayan soğutucu akışkanların çoğunluğu R410A ve R407C gibi HFC karışımlarıdır; HFC-134a ise yüksek ortam koşullarına maruz kalan bölgelerde daha baskındır. Bu tür split cihazlar için mevcut küresel pazar yılda yaklaşık 80 milyon adettir (Gloël ve diğerleri, 2014).

• Multi-Split klimalar (Ticari ve konut kullanımı için)

İkinci bir ürün tipi multi-split sistemlerdir. Esasen split sistemle aynıdır ancak tek bir kondenser ünitesi iki veya daha fazla iç üniteyi besleyebilir. 50 iç ünite 1 km boru tesisatında kullanılabilir. Konut uygulamalarında ikili iç ünite modelleri kullanılabilirken, bu split sistem kategorisi daha çok ticari binalarda kullanılır. Spesifik soğutucu akışkan dolumu, kurulum özelliklerine bağlı olarak yaklaşık 0.3 kg/kW'dan başlamaktadır. Split sistemlerde olduğu gibi, kanalsız ve kanallı multi-split sistemler de tersinir (ısıtma) seçenekler sunar.

Değişken Soğutucu Akışkan Debili (VRF, Variable Refrigerant Flow) sistemler, multi-split klima sistemlerinin bir alt kategorisidir ve sistem talebine yanıt olarak soğutucu akışkan debisini ayarlama yetenekleriyle normal multi-split sistemlerden ayrılır. Klimanın dış ünitesi, her bir iç üniteden gelen talebe yanıt olarak soğutucu akışkan debisini ayarlayabilir. Bazı konfigürasyonlarda, bu sistemler her bir iç ünite için bağımsız soğutma veya ısıtma işlevine sahip olabilir, böylece aynı iç mekanları aynı anda ısıtır ve soğutur. Dış ünite, çeşitli kompresör kapasite kontrol yöntemleri kullanarak toplam soğutucu akışkan debisini ayarlar. Bu modellerde kullanılan kompresör tipleri genellikle rotorlu veya spiral tiptir. VRF sistemleri 10 kW ile 150 kW arasında değişen kapasitelere sahiptir. Her ne kadar 2000 yılından önce üretilen sistemler HCFC-22 kullanma eğiliminde olsa da o zamandan beri Madde 5 ülkelerinde bile R407C ve R410A kullanımı giderek artmıştır. Tipik dolum seviyeleri 0.30- 0.70 kg/kW civarındadır.

Soğutma kapasiteleri yaklaşık 4 kW ile yaklaşık 150 kW arasında değişmekte olup ortalama modül kapasitesi 20 kW'tır (modüllerin genellikle daha büyük kapasiteler sağlamak için çoğaltıldığı dikkate alınmalıdır). Her yıl yaklaşık 1 milyon sistem üretilmektedir (Gloël et al, 2014).

• Kanallı split klimalar (Ticari ve konut kullanımı için)

Kanallı split konut tipi klimalar tipik olarak merkezi basınçlı hava ısıtma sistemlerinin bir konutun her odasına veya ticari binalardaki küçük bölgelere hava sağlayan bir kanal sisteminin kurulmasını gerektirdiği durumlarda kullanılır. Koşullandırılan alanın dışında bulunan bir kondenser ünitesi (kompresör/ısı eşanjörü), kanal sistemi veya klima santral ünitesi içine monte edilmiş bir veya daha fazla iç ortam bataryasıyla (ısı eşanjörü) soğutucu akışkan besler. İklimlendirilmiş hava, serpantinin üzerinden geçerek soğutulur veya ısıtılarak kanal sistemi tarafından havalandırılan ortamlara dağıtılır. Sistemler prensip olarak tersinir şekilde tasarlanabilir, ancak kanallı klima kategorisi için bu daha az sıklıkla yapılır. Kompresörler genel olarak hermetik rotorlu, pistonlu ve spiral tiplerdir. Bu sistemlerdeki en yaygın soğutucu akışkan 2005-2010 dönemine kadar HCFC-22 idi, ancak son birkaç yılda çoğunlukla R410A ve R407C'ye geçilmiştir. Konut sistemleri için kapasiteler 5 kW ile 17.5 kW arasında değişmektedir (ortalama büyüklük 10 kW civarındadır) ve her biri kW kapasite başına ortalama 0.26 ile 0.35 kg HCFC-22 dolumuna sahiptir. Ticari sistemler için kapasiteler 7 ile 750 kW arasında değişmektedir ve mevcut yıllık üretim yaklaşık 10 milyon ünitelidir (Gloel ve diğerleri, 2014).



Şekil 2.1: Kanallı split klima örneği

• Kanallı ticari tip paket klimalar

Kanallı ticari tip paket klimalar ve ısı pompaları, ticari yapının hava dağıtım sistemine kanal vasıtasıyla bağlanan entegre bir fan ve ısı eşanjörü tertibatından oluşan tek bir bağımsız ünitelidir. Paketin diğer kısmı kondenser ünitesidir, normalde hava soğutmalı bir kondenser ve kompresörlere sahiptir, bunlar genellikle hermetik spiral tiptir, ancak bazen hermetik ve yarı hermetik pistonlu ve vidalı tipler de kullanılmaktadır.

Kanallı ticari paket klimaların ve ısı pompalarının çoğu, ofislerin, mağazaların, restoranların veya kurumsal tesislerin çatısına veya dışarıya monte edilir. Bir veya daha fazla kompresör içeren çoklu üniteler genellikle alçak katlı alışveriş merkezlerinin, mağazaların, okulların veya diğer orta büyüklükteki ticari yapıların kapalı alanlarını şartlandırmak için kullanılır.

Yaklaşık 7 kW'tan 700 kW'ın üzerine kadar geniş bir kapasite aralığında sunulurlar ve kW soğutma kapasitesi başına yaklaşık 0.3 ile 0.5 kg spesifik soğutucu akışkan miktarına sahiptirler. Kanallı sistemlerin çoğunda tarihsel olarak HCFC-22 kullanılırken, Madde 5 dışı

ülkelerde ağırlıklı olarak R410A ve daha az miktarda, genellikle daha zorlu ortam koşullarına sahip bölgelerde daha sık olarak da R407C kullanılmaktadır. Yıllık pazar yaklaşık 1 milyon ünitedir (Gloël ve diğerleri, 2014).

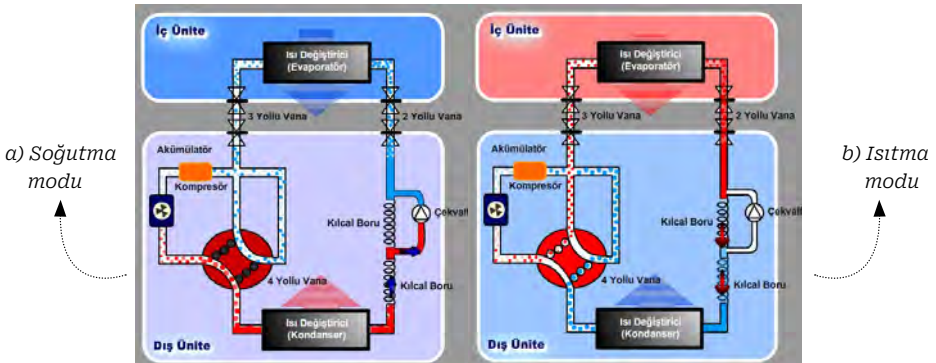
2.3 Sıcak Su Isı Pompaları

• Su ısıtma ısı pompaları (Buhar sıkıştırma çevrimi)

Neredeyse tüm ısı pompaları buhar sıkıştırma çevrimi prensibiyle çalışır. Sadece ısıtma amaçlı çalışan, mahal ısıtması yapan ısı pompaları, tek odalı üniteler için 1 kW ısıtma kapasitesinden, ticari/kurumsal uygulamalar için 50-1000 kW'a ve bölgesel ısıtma tesisleri için onlarca MW'a kadar çeşitli boyutlarda üretilmektedir. Binalardaki küçük ve orta ölçekli ısı pompalarının çoğu standartlaştırılmış fabrika yapımı ünitelerdir. Büyük ısı pompası kurulumları genellikle özel yapımdır ve sahada monte edilir.

Bazı ülkelerde yüzme havuzları için su ısıtması ısı pompaları ile sağlanmaktadır. Bu sektör, ısı pompaları için büyüyen bir pazardır.

Isı kaynakları arasında dış ortam, egzoz ve havalandırma havası, deniz ve göl suyu, kanalizasyon suyu, yeraltı suyu, toprak, endüstriyel atık su ve proses atık ısısı bulunmaktadır. Hava kaynaklı ve toprak bağlantılı ısı pompaları pazara hakimdir. Çevresel nedenlerden dolayı, birçok ülke kuyulardan elde edilen yeraltı suyunun ısı pompası kaynağı olarak kullanılmasını engellemektedir. Kuzey Avrupa gibi soğuk iklime sahip ülkelerde bazı ısı pompaları sadece ısıtma için kullanılmaktadır. Daha sıcak iklime sahip ülkelerde, ısı pompaları fanlı serpantin ünitesili hidronik sistemlere hizmet ederek kışın ısıtma, yazın ise soğutma sağlar. Aynı anda su ısıtma ve hava soğutma gibi çift fonksiyonlu ısı pompaları da mevcuttur. İsveç gibi oturmuş pazarlarda, ısı pompaları yeni binalar için ısıtma sistemleri olarak önemli bir pazar payına sahiptir ve yeniden yapılandırma pazarına da girmektedir. Avrupa'da konfor ısıtması, çoğunlukla dış hava veya toprak kullanan hidronik sistemlerle ısı pompası pazarlarına hakimdir. Dengeli sistemlerde gelen havayı ısıtmak için ventilasyon havasındaki egzoz ısısının bir kısmını geri kazanan ısı pompalarının kullanımı giderek artmaktadır. Bu, gelen havayı birincil yakıt veya elektrikle ısıtmak zorunda kalmaya kıyasla termal yükü azaltır. Almanya ve İsveç'teki ısı pompaları bazı binalarda yıllık ısıtmanın %85'ini sağlamaktadır. Bu binalar için ilave ısıya yalnızca en soğuk günlerde ihtiyaç duyulmaktadır.



Şekil 2.2: Hava-hava kaynaklı ısı pompası (Kaynak: Erdoğan ŞİMŞEK)

Isı pompaları İsveç'teki yeni binaların ısıtma sistemlerinde %95'e varan bir paya sahiptir. Bunun nedeni, üniteleri güvenilir ve popüler hale getiren hükümetin ilk geliştirme desteği ve teşvikleri, yüksek elektrik ve gaz fiyatları, hidronik ısıtma sistemlerinin yaygın kullanımı ve tüketiciler tarafından 'çevreci' bir ısıtma sistemi olarak değerlendirilmesidir (IEA, 2003a). Bazı Avrupa ülkelerinde sıcak su ısıtması kullanılmaktadır. Piyasadaki kombinne sistemlerin çoğu hacim ve su ısıtması arasında gidip gelmektedir, ancak her iki kullanıma da aynı anda hizmet veren üniteler piyasaya sürülmektedir (IEA, 2004).

Konfor ısıtması için ısı pompaları 25 kW'a kadar kapasiteye sahiptir. Besleme sıcaklıkları yeni yapılarda konfor ısıtması için 35-45 °C ve iyileştirme yapılan sistemler için 55-65 °C'dir. Bazı Avrupa ülkelerindeki yönetmelikler, evsel su ısıtıcılarının 60-65 °C besleme sıcaklıkları üretmesini gerektirmektedir. Konut tipi ve hafif ticari kullanım için fanlı serpantin ünitelerle birlikte kullanılan küçük kapasiteli (10-30 kW) havadan suya ısı pompalı soğutucular Çin'in yanı sıra İtalya, İspanya ve diğer güney Avrupa ülkelerinde de popülerdir. Sıcak su dağıtım sıcaklıkları 45-55 °C aralığındadır. Gelecekte, bazı pazarlarda küçük, havadan-suya ısı pompalarının pazardaki büyümesi, doğrudan soğutucu akışkandan havaya ısı transferi için, bir soğutma sistemine bağlanan birden fazla iç mekân fanlı serpantin ünitesi birleştirilmiş değişken debili soğutucu akışkan sistemlerinin (VRF-variable refrigerant flow systems) artan popülaritesi nedeniyle yavaşlayabilir.

Japonya'da ısı pompası ve su soğutma üniteleri çoğunlukla 70 kW üzerindeki ticari uygulamalar içindir. Kapasitesi 700 veya 1000 kW'a kadar olan ticari boyuttaki ısı pompalı soğutucular, makine dairesi alanını boşaltmak ve soğutma kulelerini ortadan kaldırmak için eski soğutucular ve kazanların yerini alarak iyileştirmek için kullanılır (JARN, 2002b).

Japonya'da gece elektrik fiyatları gündüz fiyatlarının sadece %25'i kadardır. Sonuç olarak, evsel sıcak su ısı pompaları hızla büyüyen bir pazardır. Bu pompalar sadece geceleri çalıştırılmakta ve sıcak suyun gündüz kullanımı için depolanmaktadır. Almanya ve Avusturya birkaç yıldır özel evsel sıcak su (Domestic hot water/DHW) ısı pompaları kurmaktadır (IEA, 2004).

• Absorpsiyonlu ısı pompaları

Hacim ısıtması için kullanılan absorpsiyonlu ısı pompaları çoğunlukla gaz yakıtlıdır ve genellikle ısıtma ile aynı anda soğutma sağlar. Sistemlerin çoğu, çalışma çifti olarak su ve lityum bromür kullanır ve yaklaşık 100 °C çıkış sıcaklığına ulaşabilir. Konutların ısıtılması için bu tip ısı pompaları nadir kullanılmaktadır.

2.4 Ticari Soğutma Sistemleri

Ticari soğutma, soğuk zincirin perakende satış noktaları tarafından müşterilerin satın alması için dondurulmuş ve taze yiyecek ve içeceklerin hazırlanması, saklanması ve sergilenmesi için kullanılan ekipmanı içeren kısımdır.

Ticari sistemler için gerekli iki sıcaklık seviyesi (taze gıdaların korunması için orta sıcaklık ve dondurulmuş ürünler için düşük sıcaklık) farklı soğutucu akışkanların kullanılmasını gerektirebilir. Soğutulmuş gıda 1°C-14°C aralığında muhafaza edilir, sistemin evaporasyon sıcaklığı çeşitli faktörlere bağlı olarak (ürün türü, vitrin türü (kapalı veya açık) ve sistem türü (direkt veya indirekt) gibi) -15°C ile 5°C arasında değişir. Dondurulmuş ürünler ülkeye bağlı olarak farklı sıcaklıklarda (-12 °C ile -18 °C arasında) muhafaza edilir. Dondurma ise -18 ile -20 °C arasında muhafaza edilir. Olağan evaporasyon sıcaklıkları -30

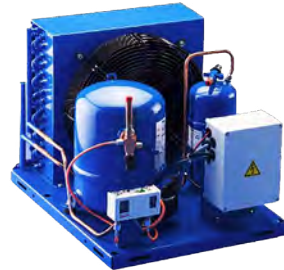
ile -40 °C aralığındadır. Küresel bazda ticari soğutma, CO₂ eşdeğerleri olarak hesaplanan en büyük soğutucu akışkan emisyonlarına sahip soğutma alt sektörüdür. Bunlar toplam yıllık soğutucu akışkan emisyonlarının %40'ını temsil etmektedir. Aşağı yukarı bir tahmin yapıldığında, sistem soğutucu akışkan dolumunun %30'undan daha yüksek yıllık kaçak oranları bulunmuştur (Clodic ve Palandre, 2004; Palandre vd., 2004). Bu, ortalama enerji karışımına sahip bir ortamda, soğutucu akışkan emisyonlarının sistemin çalışmasından kaynaklanan toplam sera gazı emisyonlarının %60'ını temsil edebileceği, geri kalanının ise enerji üretiminden kaynaklanan dolaylı emisyonlar olduğu anlamına gelmektedir. Bu da bu sektörden kaynaklanan emisyon azaltılmasının ne kadar önemli olduğunu göstermektedir.

Tekil (Standalone) üniteler, tüm bileşenlerin entegre edildiği sistemlerdir: Dondurma dolapları, içecek otomatları ve her türlü tekli bağımsız vitrinlerdir. Bu sistemler küçük dükkanlara, tren istasyonlarına, okullara, süpermarketlere ve kurumsal binalara kurulmaktadır. Yıllık büyüme oranları önemli düzeydedir. Bu sistemlerin tüm çeşitleri sanayileşmiş ülkelerde yoğun olarak kullanılmaktadır ve birçok gelişmekte olan ülkede ticari soğutmanın ana formudur. Bu sistemler, aşağıda açıklanan süpermarket sistemlerine göre kW soğutma gücü başına daha az enerji verimli olma eğilimindedir. Bu ünitelerin dezavantajı, iç mekâna yerleştirildiğinde ortam havasına atılan ısıdır. Bu nedenle, ısıtma ihtiyacı olmadığında ısının bina iklimlendirme sistemi tarafından giderilmesi gerekir.



Şekil 2.3: Örnek bir dondurma ve içecek dolabı

Kondenser üniteleri (Condensing units), küçük ticari ürünlerde kullanılır. Normalde satış alanının dışında bulunan kompresör, kondenser ve likit tankından oluşurlar. Ayrıca, satış alanında bir veya daha fazla vitrin ve/veya gıda depolama için küçük bir soğuk oda bulunmaktadır. Kondenser üniteleri sanayileşmiş ülkelerde fırınlar, kasaplar ve marketler gibi uzmanlaşmış mağazalara kurulurken, gelişmekte olan ülkelerde tipik bir uygulama olarak daha büyük gıda perakendecilerinde kullanılmaktadır.



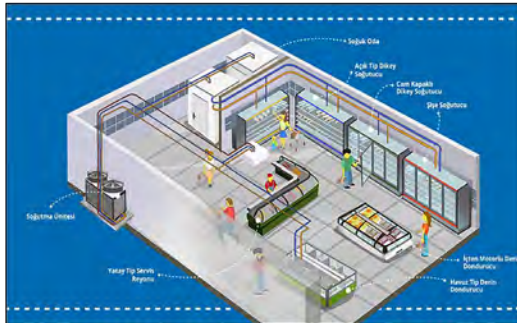
Şekil 2.4: Örnek bir kondenser ünitesi

Süpermarket sistemleri, evaporasyonun soğutucularda gerçekleşmesi durumu veya merkezi olarak soğutulan düşük sıcaklıklı ikincil bir ısı transfer akışkanının (HTF-Heat Transfer Fluid) kapalı bir döngü içinde vitrinlerde veya soğuk hava depolarında dolaştırılması durumuna göre kategorize edilebilir. Birinci tip “Doğrudan Genleşmeli (Direct Expansion-DX)” veya “Direkt Sistem” olarak adlandırılırken, ikinci tip ise “İndirekt Sistem” olarak adlandırılır. DX sistemlerde daha az termal direnç vardır ve ayrı bir sıvı pompalama ekipmanı yoktur, bu da onlara doğal bir verimlilik ve maliyet avantajı sağlar. İndirekt bir sistemde dolaştırılan ısı transfer akışkanı normalde duyulur ısı kazanır, ancak buz bulamacı (ice slurry) veya CO₂ gibi uçucu bir akışkan söz konusu olduğunda gizli ısı kazanabilir. Süpermarket sistemlerinin birçok farklı tasarımı bulunabilir.



Şekil 2.5: Örnek bir süpermarket dolabı

Merkezi sistemler, bir makine odasında veya dışarıda bir yerde bulunan bir dizi kompresör ve kondenser içeren merkezi bir tesisten oluşur. Bu sistem, binanın diğer bölümlerindeki dolaplara ve soğuk hava depolarına gerekli sıcaklık seviyelerinde soğutucu akışkan veya bir HTF sağlar. Çoklu kompresörlerin her biri genellikle tek bir hava soğutmalı kondenser ile ilişkilidir. Belirli kompresörler düşük sıcaklıklı veya orta sıcaklıklı evaporatörlere ayrılmıştır. Soğutucu akışkan miktarı sistem tasarımıyla ilgilidir, soğutma kapasitesi ve soğutucu akışkan seçimi de sisteme göre değişir. Merkezi sistemler, DX ya da indirekt tipte olabilir. Merkezi DX sistemler bugün süpermarketlerde yoğun olarak kullanılmaktadır. Boyutları yaklaşık 20 kW’lık soğutma kapasitelerinden 1 MW’ın üzerine kadar değişebilmektedir. Merkezi sistem konsepti, gerektiğinde ısı geri kazanımından yararlanmak için esneklik (Arias, 2002).



Şekil 2.6: Örnek bir merkezi sistem şeması

Dağıtılmış Sistemler, soğutucuların yakınında veya içinde küçük kompresörlerin ve kondenserlerin bulunmasıyla karakterize edilir, böylece birçok kompresör / kondenser ünitesi seti mağazanın etrafına dağıtılır. Kompresörler remote kondenserlerle birlikte satış alanının içine kurulabilir. Çatıya monte edilmiş, hava soğutmalı kondenserler ile küçük paketler halinde veya remote hava soğutmalı kondenserler eşliğinde satış alanına bitişik olarak kurulduklarında bu ünitelere Yakın Bağlantılı Sistemler adı verilir. Bu tür ünitelerin sayısı büyük bir süpermarket için birkaç taneden 50 taneye kadar değişebilir. Bunlar direkt sistemlerdir, ancak bina içine monte edildiklerinde farklı ünitelerden ısı toplamak için, genellikle su olmak üzere, bir HTF kullanabilirler.

Hibrit sistemler, türlerin bir kombinasyonunun olduğu bir dizi olasılığı kapsar. Bunun bir örneği, düşük sıcaklık dolaplarının ve soğuk hava depolarının, orta sıcaklık HTF tarafından beslenen ayrı ayrı su soğutmalı yoğunlaşma ünitelerinden oluştuğu dağıtılmış sistem yaklaşımının bir varyasyonudur. Böylece indirekt orta sıcaklık (MT-Medium Temperature) bölümünde, soğutucu akışkanın şarj edildiği sistem esas olarak makine odasına izole edilirken, bu sıcaklık seviyesinde satış ve depolama alanları boyunca bir HTF dolaştırılır.

Bazı ülkelerde, soğutucu akışkan şarjında önemli bir azalma fırsatı sunması nedeniyle son yıllarda giderek artan sayıda indirekt, yakın bağlantılı, dağıtılmış ve hibrit sistemler kullanılmaktadır. Ek olarak, indirekt sistemlerde soğutucu akışkan şarjının yapıldığı soğutma ünitesi normalde kontrollü bir alanda bulunur ve bu da yanıcı ve/veya daha yüksek toksisiteye sahip düşük GWP (Global Warming Potential-Küresel Isınma Potansiyeli (KIP)) değerindeki soğutucu akışkanların kullanımına olanak sağlar. Bu yaklaşım, HCFC'ler ve HFC'ler üzerindeki düzenleyici kısıtlamalar nedeniyle bazı Avrupa ülkelerinde benimsenmiştir (Lundqvist, 2000). Olası sistem çözümlerinin bir incelemesi Arias ve Lundqvist (1999 ve 2001) tarafından sağlanmıştır. Yakın bağlantılı sistemler, kısmi yük verimliliği ve yedekleme için düşük şarj, çoklu kompresör ve devre avantajlarının yanı sıra direkt sistemin verimlilik avantajını da sunar (Hundy, 1998).

2.5 Endüstriyel Soğutma Sistemleri

• Gıda işleme

Soğutma, raf ömrünü uzatmak amacıyla işleme sırasında gıdanın soğutulması ve dondurulması için kullanılır, ancak aynı zamanda taşıma veya işlemeyi kolaylaştırmak için de kullanılabilir. Örneğin jambonlar daha ince dilimlenebilmeleri için geçici olarak dondurulur. Soğutma aynı zamanda bozulmayı en aza indirmek için ürünün ısıl işlemden sonra hızla soğutulduğu pastörizasyon işleminde de rol oynar. Sıvıya daldırma ile dondurma, spiral dondurma (blast freezing) ve kontak metodu ile dondurma (contact freezing, plakalı dondurma metodu) dahil olmak üzere çok çeşitli soğutma ve dondurma teknikleri kullanılır. Proses seçimi ürünün aldığı şekle, sarılmış veya sarılmamış olmasına, sağlam veya kırılğan olmasına, işlenmiş veya çiğ olmasına bağlıdır. Bazı meyve ve sebzelerin (Patates, elma ve çoğu yumuşak meyve gibi) dondurulması oldukça zordur, çünkü suyun genleşmesi hücre duvarlarını tahrip ederek çözülmesinde lapa kıvamına gelmesine neden olur. Bezelye, mısır ve fasulye gibi diğer ürünler, her bir parçanın topaklanmadan donmasını sağlamak için akışkan bir hava yatağı kullanılarak çok küçük parçalar halinde dondurulabilir.

Dondurulmuş gıdalarla ilgili, kamuoyunda çözülmüş gıdaların her zaman tazelerinden

daha düşük kalitede olacağı şeklinde olumsuz bir algı vardır. Aslında kaliteli gıdalar hasat-tan, yakalandıktan veya pişirildikten hemen sonra profesyonelce dondurulursa, çözül-düğünde daha uzun raf ömrü ve daha üstün kalite sunabilir. Gıdaların daha büyük bir kısmı-nın sevkiyattan önce dondurulması halinde bozulma oranları önemli ölçüde azaltılabilir. Dondurulmuş gıdaya yönelik toplumsal algı düzelirse, pazarın bu sektöründe önemli bir artış olabilir. Gıdaların dondurulması depolamaya kıyasla çok fazla ısı transferi gerektirir, bu nedenle soğutma sistemleri büyük kapasitelidir ve dondurma odası fiziksel olarak ol-dukça küçük olsa da büyük bir güç girişi gerektirir. Dondurma işlemini tamamlamak için gereken süre ile işletme verimliliği arasında bir denge vardır. Sistemi çok düşük sıcaklıkta çalıştırmak daha az verimlidir ancak daha kısa bir dondurma süresiyle sonuçlanmaktadır.



Şekil 2.7: Örnek bir gıda işleme tesisi

Bazı gıda prosesleri, ürün kalitesini sağlamak için nem ve sıcaklığın dikkatli bir şekilde kontrol edilmesini gerektirir ve bu durumlarda bir soğutma sistemi yeterli değildir. Örnekler arasında kek ve ekmek üreten fırınlar, meyve ve sebze depolama ve meyve olgunlaştırma yer almaktadır. Meyvelerin olgunlaşma hızı, temiz hava ile yüksek oranda havalandırma kul-lanılarak atmosferdeki düşük etilen seviyeleri korunarak kontrol edilir. Ortam sıcaklığının yüksek olduğu dönemlerde havanın soğutma yükü, ürün soğutma yükünden önemli ölçüde daha yüksek olabilir. Soğutma sisteminin arızalanması ürünün çok hızlı olgunlaşmasına ne-den olarak satış noktasına ulaşmadan önce büyük bir ürün değeri kaybına yol açabilir. Bazı durumlarda iklimlendirme sistemi, R717 veya HFC'ler kullanan merkezi bir soğutma sistemi-ne bağlanır ancak diğerlerinde bir klima santralindeki özel olarak tasarlanmış bağımsız bir sistem, nem kontrolü ihtiyacını karşılar.

• Soğuk hava depoları

Soğuk hava depoları genellikle donmuş ($0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'nin çok altında) ve soğuk depo ($0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'nin üstünde) olmak üzere iki sıcaklık seviyesinde çalışır. Dondurulmuş ürünler $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'nin altında saklanmalıdır ve büyük bir ekipman arızası durumunda bir güvenlik faktörü sağlamak için deponun $-22\text{ }^{\circ}\text{C}$ ile $-26\text{ }^{\circ}\text{C}$ arasında tutulması olağandır. Bazı ürünler daha düşük sıcaklıklar gerektirir, örneğin dondurma ve benzeri ürünler $-26\text{ }^{\circ}\text{C}$ ile $-29\text{ }^{\circ}\text{C}$ arasında saklanır ve bazı suşi türleri gibi bazı niş pazar ürünleri, ürün kalitesini korumak için $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'ye kadar soğuk

tutulmalıdır. Soğutulmuş ürünler tipik olarak 0°C ile 4°C arasında tutulur, ancak meyve, unlu mamuller ve sebzeler 8°C ile 12°C arasında saklanır. Bazı mağazalar, ürünleri “mevsimi geçinceye” ve dolayısıyla daha değerli oluncaya kadar stoklamak için uzun süreli depolama sözleşmeleri sunmaktadır. Stoklar bu depolarda aylarca tutulabilir. Diğer tesisler ise süpermarketlere günlük olarak ürün stoklamak amacıyla depolama sağlamaktadır. Bu tesislerde ürün genellikle 24 saatten fazla kalmamaktadır. Böyle bir tesisteki soğutma yükü, sıcaklık kontrollü odalardaki trafik miktarı nedeniyle yüksektir. Ancak ürün yükü tipik olarak düşüktür, çünkü ürünün depoda kalma süresi hava sıcaklığının ürün üzerinde kayda değer bir etkiye sahip olması için yeterince uzun değildir.



Şekil 2.8: Örnek bir soğuk depo tesisi

• Binalarda, enerji santrallerinde ve IT merkezlerinde endüstriyel soğutma

Bazı üretim süreçleri, örneğin mikroçip üretimi, boya püskürtme veya enjeksiyon kalıplama gibi ortam sıcaklığının sıkı bir şekilde kontrol edilmesini gerektirir. Bu üretim işlemleri tüm yıl boyunca nispeten sabittir ve soğutma tesisinin çalışmaması durumunda üretim çıktısı etkilenir, bu nedenle ekipmanın hem güvenilirliği hem de verimliliği ofis iklimlendirmesine kıyasla daha önemlidir. Bu durum bazen gerekli olan yüksek güvenilirlik seviyesini sağlamak veya daha düşük enerji kullanımı elde etmek amacıyla soğutmayı sağlamak için özel olarak tasarlanmış, sahada inşa edilmiş sistemlerin belirlenmesine yol açabilir. Isı yüklerinin hava veya su bazı soğutma sistemleri tarafından kaldırılamayacak kadar yüksek olduğu durumlarda, örneğin bazı yüksek yoğunluklu veri merkezlerinde ve diğer IT soğutma uygulamalarında, direkt sistemlerde R744 dahil olmak üzere diğer akışkanlar kullanılmıştır (Hutchins, 2005, Solemdal, 2014). Bu uygulamalar için tipik olarak harcanan yük, m² başına 40 W olan tipik bir ofis yüküne kıyasla m² başına 2 kW'a kadar çıkabilmektedir.

Endüstriyel soğutma yükü tipik olarak neredeyse tamamen “duyulur” soğutmadır. Daha fazla nem alma veya “gizli” soğutma içeren tipik bir ticari klima yükünün aksine, nem içeriğini azaltmadan hava sıcaklığını düşürür. Gizli soğutma, havayı çiy noktasına getirmek için daha düşük sıcaklıklar gerektirir. Endüstriyel bir soğutma yükü tamamen duyulur soğutmaysa veya soğutma, duyulur ve gizli soğutma için ayrı sistemlere bölünebiliyorsa, duyulur soğutma için çalışma sıcaklığı yükseltilebilir ve sistem daha verimli hale getirilebilir. Bu durumlarda ayrıca proses ısı yükünün bir kısmını veya tamamını uzak tutmak için indirekt evaporatif soğutma kullanmak da mümkün olabilir.



Şekil 2.9: Enerji santrallerinde ve IT merkezlerinde endüstriyel soğutma

İklim etkilerinin yüksek olduğu bölgelerde, gaz yakıtlı türbinlere giriş havasının önceden soğutulmasında önemli bir fayda vardır. Örneğin hava giriş sıcaklığının 40°C'den 8°C'ye düşürülmesi kapasiteyi %28 oranında artıracaktır (Kohlenberger, 1995). Bu sistemlerde genellikle R22, R134a veya R717 soğutma gazları ile glikollü yüksek kapasiteli su soğutma üniteleri kullanılır.

• Bölgesel soğutma

Orta Doğu'da 1990'lardan bu yana bölgesel soğutma uygulamaları Körfez bölgesindeki hızlı ekonomik kalkınma ile yaygınlaşmıştır. Bu uygulamalar ofis komplekslerine, alışveriş merkezlerine, havaalanlarına ve çağrı merkezlerine hizmet vermektedir (Sarraf, 2012). Yılın büyük bir bölümünde yüksek ortam sıcaklıkları nedeniyle bu sistemlerin kesintisiz çalışması “kritik görev” niteliğindedir. Bölgesel soğutma sağlayıcıları sistemlerinde birden fazla yedekleme tasarlamaktadır, çünkü kesinti bu tesislerin boşaltılmasını gerektirecek ve operatörlere ağır para cezaları getirecektir.

Orta Doğu'da yaklaşık 13.2 GW'lık bir bölgesel soğutma kurulu kapasitesi olduğu tahmin edilmektedir. BAE, yaklaşık 8.8 GW ile bu kapasitede en büyük paya sahiptir. Katar 420 MW'lık kurulu kapasitesiyle en büyük tek bölgesel soğutma tesisine sahip ikinci ülkedir. Suudi Arabistan yaklaşık 400 MW bölgesel soğutma kapasitesine sahiptir ve en hızlı büyüyen pazardır. Tüm bu sistemlerde buhar sıkıştırma teknolojisi ve ağırlıklı olarak HCFC ve HFC soğutucu akışkanlar kullanılmaktadır. Tahmini 350 MW toplam bölgesel soğutma kurulu kapasitesine sahip Mısır'da çoğunlukla doğal gaz yakıtlı absorpsiyonlu chiller grupları kullanılmaktadır. Bölgedeki bazı eski bölgesel soğutma uygulamaları hala CFC-11 ve CFC-12 kullanmaktadır ancak sistemlerin çoğunluğu artık HCFC-22, HCFC-123 veya HFC-134a kullanmaktadır.

Körfez İş Birliği Konseyi ülkelerinde (GCC), toplam soğutma talebinin 2010 ve 2030 yılları arasında (HCFC aşamalı olarak kaldırıldığında) üç katına çıkarak yaklaşık 350 GW'a ulaşması beklenmektedir. Bu, aynı soğutma teknolojileri karışımının kullanılması halinde bölgedeki %60 ek enerji üretim ihtiyacına eşdeğer olacaktır. Bu karışım için gereken ilave elektrik üretimi günde 1.5 milyon varil petrole eşdeğer petrol tüketektir. Bu nedenle elektrik enerjisinin yoğunluğunun azaltılmasını sağlamak ve dolayısıyla elektrik üretimi için petrol tüketimini azaltmak amacıyla bölgesel soğutma kullanımının artırılması için görüşmeler devam etmektedir. GCC ülkelerinde 2010 ve 2030 yılları arasında bölgesel soğutma potansiyeli 100 GW'ın üzerindedir. GCC ülkelerindeki kapasite 11.7 GW'tır ve bu nedenle mevcut kapasitenin yaklaşık dokuz katı bir artış beklenmektedir (Olama, 2012).

Bölgesel soğutma sistemleri Orta Doğu'nun aşırı tropikal iklimiyle sınırlı değildir. Amerika Birleşik Devletleri'nde iş bölgelerine, hastanelere ve üniversite kampüslerine hizmet veren benzer sistemler kurulmuştur ve bu tür sistemler, bölgesel ısıtma ağının soğutmanın mevcut altyapıya dahil edilmesini kolaylaştırdığı İskandinav'da daha yaygın hale gelmektedir. Örneğin Helsinki'de 120 MW'lık bir bölgesel soğutma sistemi bulunmaktadır (Vartiainen, 2011) ve bu sistemin 2030 yılına kadar 280 MW'a çıkması öngörülmektedir. Çin'de buhar tahrikli absorpsiyon da dahil olmak üzere birkaç büyük sistem kurulmuştur. Absorpsiyonlu chiller gruplarının kullanıldığı yerlerde bölgesel soğutma sistemi, soğutma sistemini tahrik etmek için jeneratörlerden gelen fazla ısıyı kullanan bir birleşik ısı ve enerji santraliyle entegre edilebilir. Hawaii ve Mauritius gibi bazı kıyı bölgelerinde, bölgesel soğutma için derin deniz suyu kullanılması düşünülmektedir ve bu da zaten aşırı yüklenmiş olabilecek elektrik altyapısına olan talebi önemli ölçüde azaltacaktır.

• Endüstriyel ısı pompaları ve ısı geri kazanımı

Bira üretimi, süt ürünleri, gıda fabrikaları ve kimyasal prosesler dahil olmak üzere birçok endüstriyel proses, soğutma yüküne ek olarak büyük miktarlarda ısıya ihtiyaç duyar. Isının birincil kullanımı, örneğin yemek pişirmek için, ısı pompaları veya geri kazanım ile elde edilemese bile, kazan besleme suyunun ön ısıtması veya üretim alanı için yıkama suyunun ısıtılması gibi daha düşük seviye ısı için birçok kullanım olabilir. Uygulama bir soğutma sisteminden atık ısının toplanması ve yeniden yönlendirilmesi olduğunda buna ısı geri kazanımı denir. İster ortam sıcaklığında olsun ister ocak bacası gibi başka bir işlemde gelen atık ısı olsun, bir ısı kaynağı üzerinde üretken olmayan bir soğutma işlemi gerçekleştiriyorsa, bu bir ısı pompasıdır.

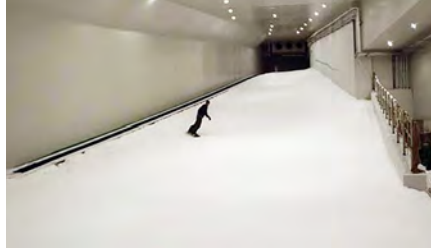
Büyük kapasiteli ısı pompaları, örneğin Norveç'teki Gardermoen Havaalanı'nda (8100 kW ısıtma kapasitesi) ve Norveç'teki Akershus hastanesinde (8000 kW ısıtma kapasitesi) kamu binalarının ısıtılması için de kullanılmıştır. Bu sistemler soğutucu akışkan olarak R717 kullanılarak özel tasarlanmıştır (Stene, 2008). İskandinav'daki birçok örnekte olduğu gibi, bölgesel ısıtma sistemleri için daha büyük sistemler de kullanılmaktadır. Bu sistemlerin en küçüğü yaklaşık 5000 kW'tır. Çoğu kurulumda santrifüj kompresörlerde HFC-134a kullanılır ve bazılarında (15,000 kW'a kadar) R717 kullanılır. En büyüğü, santrifüj kompresörlerde HFC-134a kullanan toplam 180,000 kW (180 MW) kapasiteyle Stockholm'dedir. Bu sistem termal kaynağı sağlamak için deniz suyundan yararlanmaktadır. Diğer benzer tesislerde kanalizasyon sisteminden gelen atık su kullanılmıştır (Bailer, 2006).

Buharla çalışan absorpsiyon sistemleri, bölgesel ısıtma ağlarına ve bazı endüstriyel işlemlere ısı sağlamak amacıyla enerji santrallerindeki yoğusturucu su sıcaklığını yükseltmek için kullanılabilir. Absorpsiyon aynı zamanda orta sıcaklıktaki bir proses akımının bir kısmının sıcaklığını, akımın geri kalanını soğutarak arttırmak için de kullanılabilir. Bu şekilde, akışın 70°C'deki küçük bir kısmı, akışın geri kalanının soğutulması ve ısısının örneğin 35°C'de atmosfere atılmasıyla 120°C'ye yükseltilebilir.

• Aktivite ve eğlence sektöründe soğutma

Aktivite ve eğlence sektöründe, soğutmanın başlıca kullanımı buz pistleridir ve aynı zamanda kapalı kayak pistleri, buz tırmanma duvarları ve benzer uygulamalar mevcuttur. Birçok eski buz pisti sistemi direkt CFC-12 veya R717 kullanmıştır. İndirekt bir sisteme geçmek için zemin döşemesinin değiştirilmesi gerekir ki bu da önemli bir sermaye gerektirmektedir.

Bazı CFC-12 sistemleri artan basınca rağmen HCFC-22'ye dönüştürülmüştür. Benzer şekilde Orta Avrupa'daki bazı R717 sistemleri R744'e dönüştürülmüştür. Tipik olarak kış olimpiyatlarıyla ilişkilendirilen kızak ve kayak pistleri için çok büyük birkaç sistem kurulmuştur. Bu sistemler genellikle pompalı R717 kullanılmaktadır. Finlandiya'da yakın zamanda kurulan bir kros kayak pisti, pist soğutması için 1 km uzunluğa kadar devrelerle R744 kullanmıştır.



Şekil 2.10: Buz pisti ve kapalı kayak merkezi görüntüsü

• Proses soğutma

Soğutma çok çeşitli proses uygulamalarında kullanılır. Soğutma, proses tankında serpantin bulunan direkt bir sistem veya bir kimyasal reaktör kabının veya depolama tankının dışında bir kılıf ile uygulanabilir. Alternatif olarak su, tuzlu su çözeltisi veya glikol gibi ikincil bir sıvı kullanılabilir. Bu durumlarda standart su soğutma üniteleri de kullanılabilir, ancak su soğutma ünitelerinin proje için özel olarak tasarlanmasını gerektiren başka nedenler de olabilir, örneğin ekipmanın tehlikeli bir alanda bulunması gibi.

Rafinerilerde soğutma, hafif hidrokarbonları proses akışından uzaklaştırmak için kullanılır. Bu tür sistemler son derece büyük olabilir ve santrifüj su soğutma ünitelerinde HCFC veya HFC kullanılabilir. Hammaddenin, özellikle etilen veya propilenin soğutucu akışkan olarak, kapalı devre bir sistemde veya proses akışının bir parçası olarak kullanılması da mümkündür. Çok büyük sistemlerde HFC-134a kullanımı santrifüj kompresörlerin kullanılmasını sağlarken, etilen tipik olarak vidalı kompresörler gerektirir ve bu konuda vidalı kompresörler çok daha pahalıdır.

Plastik şekillendirme, kâğıt frezeleme ve hassas işleme gibi bazı özel prosesler birden fazla küçük kapasiteli sistem gerektirir ve tipik olarak HCFC veya HFC kullanılarak sahada inşa edilir. Bu makinelerin hareketli parçalarına bağlamak için çok sayıda esnek hortum kullanılması, yüksek soğutucu akışkan kaçak oranları nedeniyle özel bir zorluk teşkil etmektedir.

Cam üretimi, enerji santralleri, çelik fabrikaları, yakma fırınları veya çimento fabrikalarından çıkan baca gazları gibi proseslerin yüksek dereceli atık ısı ürettiği yerlerde, ısı ya doğrudan ya da chiller ünitesine beslenen buharı yükselterek absorpsiyonlu chiller ünitelerini çalıştırmak için kullanılabilir. Bu tür sistemlerin, ısı üretimi ve soğutma talebinin iyi bir şekilde eşleşmesini sağlamak için uygulamaya göre dizayn edilmesi gerekir.

Derin madenlerin soğutulması, çalışma koşullarının zorlu olması ve mevcut alanın

ciddi şekilde kısıtlı olması nedeniyle başka bir zorluk teşkil etmektedir. Tipik sistemlerde yeraltında santrifüj chiller üniteleri kullanılır. Santrifüjlü chiller ünitelerinde CFC-12 veya HCFC-123 kullanımına bir alternatif, soğutulmuş ventilasyon havası veya soğutulmuş su veya buz olarak yüzeyde soğutma üretmektir. Ancak yüzey soğutmasının etkili olduğu derinlik sınırlıdır ve yaklaşık 2000 metreden daha derin madenler için hava sıkıştırmasının etkilerine ve soğutma etkisini yüzeyden çalışma yüzeyine taşımak için gereken güce karşı koymak için bir tür yeraltı soğutması gereklidir. Şu anda 4500 m derinliğe kadar yeraltı uygulamaları için HCFC-123'e kabul edilebilir bir alternatif bulunmamaktadır (Calm, 2011). Halihazırda diğer uygulamalar için geliştirilmekte olan yeni akışkan karışımlarından bazıları bu uygulama için de uygun olabilir, ancak yalnızca bu kullanım için bir akışkan geliştirilmesi olası değildir.

2.6 Soğuk Taşımacılık

(Ref: IPCC/TEAP Special Report: Safeguarding the Ozone Layer and the Global Climate System)

Taşımacılık soğutma alt sektörü, soğutulmuş veya dondurulmuş malların taşınmasına yönelik soğutma sistemlerinden oluşur. Tipik olarak bir nakliye soğutma sisteminin görevi, taşıma sırasında sıcaklığı sabit tutmaktır. Soğuk taşıma üniteleri için teknik gereklilikler diğer birçok soğutma uygulamasına göre daha ağırdır. Soğutma ünitesi çok çeşitli ortam sıcaklıklarında ve son derece değişken hava koşullarında (güneş radyasyonu, yağmur vb.) çalışmalıdır; ayrıca farklı sıcaklık gereksinimleri vardır ve genellikle zorlu nakliye ortamında sağlam ve güvenilir olmalıdır (IIR, 2003).

Tipik taşıma yolları; karayolu, demiryolu, havayolu ve denizyolu ile dir. Ayrıca, hareketli bir taşıyıcıdan bağımsız sistemler de kullanılmaktadır. Bu tür sistemler genellikle 'intermodal' olarak adlandırılır ve konteynerler (birleşik denizyolu-karayolu taşımacılığı) ve aynı zamanda swap body konteynerler (birleşik karayolu ve demiryolu taşımacılığı) olarak bulunabilir.

Nakliye soğutmasında kullanılan teknoloji temel olarak CFC, HCFC, HFC, amonyak veya karbondioksit gibi soğutucu akışkanların kullanıldığı mekanik veya elektrik tahrikli buhar sıkıştırma çevrimidir. Ayrıca bazı soğutma sistemleri maddelerin süreksiz kullanımına dayanmaktadır. Bu tür ekipmanlar katı veya sıvı CO₂, buz veya sıvı azot ile açık kullanımlarda bulunabilir ve bu durumlarda soğutucu akışkan ısıнын uzaklaştırılmasından sonra tamamen yayılır ve kaybolur (Viegas, 2003). Ötektik plakalar (Cube vd., 1997) gibi kapalı sistemler aynı maddeyi yeniden kullanır (Paul, 1999). Bu tür sistemler eskiden soğuk taşımacılıkta çok yaygındı ve hala önemli ölçekte kullanılmaktadır. Bazıları gelecekte kullanımının artırılmasını önermektedir. Tüm soğuk taşımacılık sistemlerinin kompakt ve hafif olmasının yanı sıra taşıma sırasındaki hareketlere ve ivmelenmelere dayanabilmesi için son derece sağlam ve dayanıklı olması gerekir. Bu çabalara rağmen, titreşimler, ani şoklar ve benzeri nedenlerle soğutma sistemi içinde sızıntılar meydana gelmektedir. Diğer nesnelerle çarpışma riskinin daha yüksek olması nedeniyle sızıntı veya yırtılma olasılığı da sabit sistemlere göre daha yüksektir. Özellikle geniş bir alanı tahliye etme seçeneğinin bulunmadığı gemiler söz konusu olduğunda, tüm akışkanlarla güvenli çalışmanın sağlanması esastır (SCANVAC, 2001). Güvenlik ya akışkanların doğasında vardır ya da bir dizi teknik önlemlerle sağlanır (Stera, 1999).

• Konteyner taşımacılığı

Soğutmalı konteynerler, demiryolları, kamyonlar ve gemiler gibi farklı tipteki mobil platformlarda taşıma sırasında kesintisiz depolamaya olanak tanır. Soğutmalı konteynerlerin iki ana türü porthole konteynerler ve entegre konteynerlerdir.

Porthole konteynerler bu iki konseptten daha eski olanıdır ve iki ön açıklığı olan ve dahili soğutma sistemleri bulunmayan yalıtımlı konteynerlerdir. Zamanla taşımacılığın tamamen entegre konteynerlere dönüştürüleceği ön görülmektedir (Hochhaus, 2003; Wild, 2003).



Şekil 2.11: Soğutmalı konteyner tipleri ve porthole tipi konteynerin arkasındaki sızdırmaz açıklıklar

Entegre soğutmalı konteynerler, gemide yaklaşık 5 kW soğutma kapasiteli kendi küçük soğutma ünitesine sahip sistemlerdir. Sistemi çalıştırmak için gereken elektrik gücü, bir elektrik bağlantısı aracılığıyla harici bir güç kaynağından sağlanır. Bu sistemler tipik olarak HFC-134a, R404A ve HCFC-22 ve bazı durumlarda R407C soğutucu gazlarını kullanmaktadır (Wild, 2003). Daha yeni sistemler genellikle sızıntıya daha dayanıklı bir tasarıma sahiptir (Crombie, 1999; Stera, 1999; Yoshida vd., 2003; Wild, 2003). Eski tasarım sistemlerin yaygın olduğu 1998 yılında, 15 yıllık bir kullanım ömrü için yaklaşık 5 kg'lık dolunun %20'si oranında yıllık ortalama bir sızıntı oranı varsayılmıştır (Kauffeld ve Christensen, 1998).

• Deniz yolu taşımacılığı ve balıkçı gemileri

Dünya çapında brüt 500 tondan büyük 35,000'den fazla ticari geminin (Hochhaus, 1998) neredeyse tamamında bir soğutma sistemi bulunmaktadır. Sistemlerin çoğunda HCFC-22 soğutucu gazı kullanılmaktadır. Teknoloji ve performans açısından, iklimlendirmeye yönelik soğutucular veya askeri gemilerde elektronik ve silah sistemi soğutmaya yönelik soğutucular, sabit sistemlere benzer. Aşağıdaki açıklamalar ve bilgiler, askeri amaçlı olmayan gemilerin ana amacı, yani çabuk bozulan ürünlerin taşınması, balıkların soğutulması ve benzerleri için gerekli olan gemiye bağlı soğutma sistemleri ile ilgilidir. Soğutuculu nakliye gemileri, aynı zamanda frigorifik gemi olarak da adlandırılır, bozulabilir gıda maddelerinin -30°C ile 16°C arasındaki sıcaklıklarda taşınmasını sağlar (Cube vd., 1997). 2001 yılında bu gemilerdeki soğutma tesisatlarının %95'inden fazlasında soğutucu akışkan olarak HCFC-22 kullanıldığı bildirilmiştir (SCANVAC, 2001), ancak HFC-134'a, R404A, R507 ve R407C gibi çeşitli HFC'lerin yanı sıra amonyak da kullanılmaktadır. Sistemlerin yaklaşık üçte ikisi sistem başına 5 tona kadar soğutucu akışkan içeren direkt sistemler, geri kalanı ise 1 tonun altında soğutucu akışkan içeren indirekt sistemler olarak adlandırılır (UNEP, 2003). Bilinen soğutucu akışkan tüketimine dayanan mevcut yıllık kaçak oranlarına ilişkin tahminler sistem kapasitesinin %15-20'si kadardır (SCANVAC, 2001).

Dünya çapında yaklaşık 1.3 milyon güverteli ve yaklaşık 1 milyon güvertesiz, motorlu balıkçı teknesi bulunmaktadır. Bu büyüklükteki gemilerin uluslararası faaliyet gösterdiği ve önemli soğutma ekipmanlarıyla donatıldığı varsayılmaktadır. Geniş bir aralıkta, ortalama büyük balıkçı gemisi 2000 kg civarında soğutucu akışkan şarjına sahiptir ve yıllık sızıntı oranı %15-20'dir. 2001 yılında Avrupa'daki bu tür teknelerin %95'inden fazlası soğutucu olarak HCFC-22 kullanmıştır (SCANVAC, 2001). Filoların %15'inin tam kapasite soğutma sistemlerine sahip olduğu, geri kalan filonun ise yaklaşık 100 kg dolum kapasitesine sahip küçük soğutma sistemleri ile donatıldığı varsayılmaktadır.



Şekil 2.12: Denizyolu taşımacılığı örnekleri

Sıvılaştırılmış gazların, özellikle de sıvılaştırılmış petrol gazı (LPG) ve sıvılaştırılmış doğal gazın (LNG) taşınması için özel tankerler kullanılmaktadır. Bu tür taşımacılık için gerekli olan soğutma etkisi, özel soğutma üniteleri kullanılarak yeniden yoğunlaştırılan LNG'nin buharlaştırılmasıyla sağlanır.

• Karayolu taşımacılığı

Karayolu taşımacılığında kullanılan soğutma üniteleri, soğutma konteynerleri hariç olmak üzere, kamyonet, kamyon veya römorklara monte edilen sistemlerdir. Bazı römorklar, ana gövdeleri demiryolu sistemlerine monte edilecek şekilde donatılmıştır; bunlar “swap body” olarak adlandırılır. Bazı kullanımlarda bu sistemler süreksiz tiptedir; kapalı sistemlerde ötektik plakalar (Cube vd., 1997) veya açık sistemlerde sıvı azot, sıvı karbon dioksit veya katı karbondioksit (UNEP, 2003) kullanılır. Bu sistemler, örneğin doğrudan müşteriye teslimat gibi yerel dondurulmuş gıda dağıtımında sıklıkla kullanılmaktadır (Cube vd., 1997). Soğutma amaçlı sıvı azot İngiltere’de 1000’den fazla araç tarafından kullanılmaktadır. Sıvı karbondioksitin İsveç’te 50 kamyonunda kullanıldığı bildirilmemiştir (UNEP, 2003). Genel olarak, depolama ve dolum lojistiği gerekliliği, çok soğuk sıvı ve katıların tehlikeli şekilde taşınması ve enerji açısından elverişsiz düşük sıcaklıkta depolama, geçmişte sıklıkla kullanılan bu teknolojilerin yaygın olarak uygulanmasını azaltmaktadır.



Şekil 2.13: Karayolu taşımacılığına örnekler

Karayolu taşımacılığında baskın olan ve geri kalan soğutmalı karayolu taşımacılığı ekipmanlarının neredeyse tamamını kapsayan teknoloji, mekanik buhar sıkıştırma çevrimidir. Römorklar genellikle dizel motor, kompresör, kondenser, motor radyatörü ve fanlı evaporatör ile soğutucu akışkan ve kontrol ünitesinden oluşan ünite ekipmana sahiptir. Bu sistemler “swap body” için de kullanılır. Daha büyük kamyonlar genellikle römorklarla benzer donanıma sahiptir. Ancak kamyon boyutu küçüldükçe, sistemin büyük bölümü kompresör tahrik motoru tarafından tahrik edilmektedir (ASHRAE, 2002). Alternatif olarak, bazı kamyon sistemleri elektrik üretmek için kamyon motoruna bağlı bir jeneratör kullanır ve bu jeneratör daha sonra kompresörü çalıştırmak için kullanılır (Cube vd., 1997).

1999 yılında, sadece Kuzey Amerika’da 300,000 adet soğutmalı römorkun kullanımda olduğu tahmin edilmektedir (Lang, 1999). Avrupa Birliği’nin 15 ülkesinde 2000 yılında 120,000 küçük kamyon, kamyonet ve 2 kg soğutucu akışkan kapasiteli ötektik sistem, 70,000 adet 5 kg soğutucu akışkan kapasiteli orta boy kamyon ve 90,000 adet 7.5 kg soğutucu akışkan kapasiteli römork kullanıldığı tahmin edilmektedir (Valentin, 1999). Dünya genelinde 2002 yılındaki rakamların %30 römork üniteleri, %40 bağımsız kamyon üniteleri ve %30 daha küçük üniteler olmak üzere toplam 1,200,000 ünite olduğu tahmin edilmektedir. Servis için ihtiyaç duyulan yıllık soğutucu akışkan miktarının, soğutucu akışkan şarjının %20-25’i kadar olduğu bildirilmektedir (UNEP, 2003). Tipik olarak seçilen soğutucu akışkan, sadece soğutmanın gerekli olduğu uygulamalar için HFC-134a ve dondurma uygulamaları ve genel amaçlı soğutma üniteleri için ağırlıklı olarak R404A ve R410A’dır (UNEP, 2003).

• Demiryolu taşımacılığı

Soğutmalı demiryolu taşımacılığı Kuzey Amerika, Avrupa, Asya ve Avustralya’da kullanılmaktadır. Taşımacılık ya soğutmalı vagonlar ya da soğutmalı konteynerler veya “swap body”ler kullanılarak gerçekleştirilir. Geçmişte farklı teknolojiler kullanılmıştır: bugüne kadar süresiz emisyon sistemlerinde buzun yanı sıra katı CO₂ de kullanılmıştır (CTI, 2004). Yine, mekanik tahrikli soğutma sistemleri de kullanılmakta olup, tipik olarak uzun süren yolculuklar nedeniyle şu anda birincil tercih haline gelmiştir, bu da süresiz emisyon sistemlerinde yayılan soğutucu akışkanın yeniden doldurulmasını hem lojistik hem de maliyet nedenleriyle bir zorluk haline getirmektedir.



Şekil 2.14: Demiryolu taşımacılığı

Mekanik tahrikli sistemler, soğutma ünitesine gerekli enerjiyi sağlamak için neredeyse tamamen dizel motorlarla donatılmıştır. Asya’daki vagon filolarının çoğunlukla tek kademeli (soğutma) ve iki kademeli (dondurma / birleşik kullanım) CFC-12 sistemleriyle çalıştığı görülmektedir (UNEP, 2003). Avrupa’daki vagonlar HFC-134a’ya dönüştürülmüştür (Cube vd., 1997) ve bu, CFC’lerin kullanımını aşamalı olarak durduran Avrupa yönetmelikleri (EC No 2037/2000 (Resmi Gazete, 2000)) ile kolaylaştırılmıştır. Kuzey Amerika’da mevcut eski sistemler HFC-134a’ya dönüştürülürken, yeni sistemlerde HFC-134a ve R404A kullanılmaktadır (DuPont, 2004).

Genellikle karayolu taşımacılığı için geliştirilmiş ve sadece demiryolu kullanımına uyarlanmış kolay değiştirilebilir üniteler olan yeni demiryolu soğutma sistemlerinin ömrünün yılda 1000 ila 1200 saat çalışma süresi ile 8 ila 10 yıl olduğu düşünülmektedir (refrigeratedtrans.com, 2004). Demiryolu kullanımı için özel olarak tasarlanan daha eski üniteler tipik olarak 40 yıllık bir ömür süresine ve yaklaşık 15 kg'lık bir soğutucu akışkan dolumuna sahiptir (UNEP, 2003). Yıllık sızıntı oranının en azından karayolu taşımacılığında karşılaşılan sızıntı oranına benzer olduğu varsayılabilir; bu oran soğutucu akışkan şarjının %20-25'idir (UNEP, 2003).

• Havayolu taşımacılığı

Uçuş sırasında sabit düşük sıcaklık sağlamak amacıyla, uçaklara yüklenecek konteynerler soğutma sistemleriyle donatılmaktadır. Bazı akülü mekanik soğutma sistemleri vardır (Stera, 1999), ancak bunların toplam sayısının az olduğu düşünülmektedir. Daha yaygın olarak kullanılan diğer sistemler ise katı karbondioksit (Sinclair, 1999; ASHRAE, 2002) veya buz (ASHRAE, 2002) gibi süreksizdir. Miktar olarak kullanım sırasında OTİM (Ozon Tabakasını İncelten Madde) değişimi çok az olduğundan, havayolu taşımacılığı bu kitapta daha fazla detaylandırılmayacaktır.



Şekil 2.15: Havayolu taşımacılığı

2.7 Su soğutma Üniteleri (Chiller)

Büyük ticari binalarda ve bina komplekslerinde konfor şartları genellikle su soğutma üniteleri tarafından sağlanır. Ayrıca veri işleme, iletişim merkezleri ve madencilik gibi ticari ve endüstriyel tesislerde proses soğutması için de kullanılır. Su soğutma üniteleri genellikle pistonlu, spiral, vidalı veya turbo kompresörler ile çalışan buhar sıkıştırırmalı çevrimi kullanır. Isı tipik olarak hava soğutmalı veya su soğutmalı ısı eşanjörleri aracılığıyla dışarı atılır. Su soğutma üniteleri ortalama 20 ila 40 yıl aralığında uzun süre hizmette kalma eğilimindedir.

Su soğutma sisteminin çevresel etkilerini tanımlamak için Toplam Eşdeğer Isınma Etkisi (TEWI-Total Equivalent Warming Impact) veya Yaşam Döngüsü İklim Performansı (LCCP-Life Cycle Climate Performance) yöntemleri kullanılır.

Toplam Eşdeğer Isınma Etkisi (TEWI);

- TEWI, ekipmanın çalışması sırasında sera gazlarının toplam emisyonlarına ve kullanım ömrü sonunda işletme sıvılarının imhasına dayalı olarak ekipmanın küresel ısınma etkisinin bir ölçüsüdür.

- TEWI hem doğrudan kaçak emisyonları hem de dolaylı emisyonları dikkate alır.

- TEWI, kg karbondioksit eşdeğeri cinsinden kütle birimleri ile ölçülür ve mevsimsel sıcaklık ve kapasite profilleri ile birlikte değerlendirilebilir.

Yaşam Döngüsü İklim Performansı (LCCP);

- LCCP, TEWI hususlarını içeren bir kavramdır ve ayrıca aktif maddelerin üretiminden kaynaklanan doğrudan ve dolaylı sera gazı emisyonlarını da içerir.

- Aktif maddeler; bileşenler ve soğutucu akışkanlar gibi işletme sıvılarıdır.

- Hem LCCP hem de TEWI, ürünün verimliliğine ilişkin bir ölçüm içerir ve iklimlendirme ve soğutma ekipmanlarının kullanımıyla ilişkili sera gazı emisyonlarının ne olacağına ilişkin basit bir GWP referansından daha iyi bir gösterge sağlar.

Farklı su soğutma tipleri için soğutucu akışkan kullanımı ve ürün adedi ile ilgili tahminler ve veriler aşağıda sunulmuştur.

Santrifüj tip su soğutma üniteleri, Amerika Birleşik Devletleri, Asya ve Avrupa'da üretilmektedir. 1993'ten önce bu tip su soğutma üniteleri CFC-11, CFC-12, R500 ve HCFC-22 soğutucu akışkanları ile satışa sunulmuştur. Bunlar arasında CFC-11 en yaygın olanıydı. Montreal Protokolü'nün uygulanmasıyla birlikte, CFC'ler veya CFC içeren soğutucu akışkanlar (R500 gibi) kullanan su soğutma ünitelerinin üretimi 1993 yılında esasen sona ermiştir. HCFC-22 kullanan santrifüj su soğutma üniteleri 1990'ların sonlarından itibaren nadiren üretilmiştir. CFC-11 ve CFC-12 veya R500 için soğutucu akışkan alternatifleri sırasıyla HCFC-123 ve HFC-134a'dır. Bu soğutucu akışkanlar 1993 yılında santrifüj su soğutma ünitelerinde kullanılmaya başlanmıştır ve 2004 yılında yeni üretim su soğutma ünitelerinde kullanılmaya devam etmektedir.

HCFC-123 kullanan su soğutma ünitelerinin maksimum COP değeri 7.45 (0.472 kW/ton) olarak bilinmektedir. Değişken hızlı sürücüler gibi ek özelliklerle HCFC-123 kullanan su soğutma üniteleri 11.7'ye kadar kısmi yük değerine (IPLV-Integrated Part Load Values) ulaşabilir. HFC-134a kullanan su soğutma üniteleri 6.79 COP (0.518 kW/ton) değerine sahiptir. Değişken hızlı sürücüler gibi ek özelliklerle HFC-134a kullanan su soğutma üniteleri 11.2'ye kadar IPLV değerlerine ulaşabilir.

HFC-245fa kullanan su soğutma üniteleri henüz mevcut değildir. Şu anda hiçbir su soğutma üreticisi bu ürünü kullanmayı planladığını açıklamamıştır. Santrifüj su soğutma, donanma denizaltılarında ve gemilerde kullanılmaktadır. Başlangıçta 440-2800 kW kapasiteli ünitelerde soğutucu akışkan olarak CFC-114 kullanılmıştır. Bazı CFC-114 kullanan su soğutma üniteleri, geçiş akışkanı olarak HFC-236fa kullanmak üzere dönüştürülmüştür. Yeni donanmaya ait su soğutma ünitelerinde HFC-134a kullanılmaktadır.

Pozitif deplasmanlı su soğutma üniteleri, Vidalı spiral ve pistonlu kompresörlerin kullanıldığı su soğutma üniteleri dünyanın birçok ülkesinde üretilmektedir. Su soğutmalı su soğutma üniteleri genellikle sistemden ısı atımı için soğutma kuleleri ile birlikte kullanılır. Hava soğutmalı su soğutma ünitelerinde, sistemden ısıyı atmak için kanatlı borulu kondenser serpantinleri ve fanlar kullanılmıştır. Belirli bir uygulamaya için hava soğutmalı su soğutma ünite yerine, su soğutmalı su soğutma ünitelerinin seçimi bölgesel koşullara ve işletme sahibinin tercihlerine göre değişir. 1980'lerin ortalarında ilk üretildiklerinde, vidalı su soğutma üniteleri genellikle soğutucu akışkan olarak HCFC-22 kullanıyordu. HFC-134a kullanan su soğutma üniteleri yakın zamanda bazı üreticiler tarafından piyasaya sürülmüş ve bazı durumlarda HCFC-22 ürünlerinin yerini almıştır. Daha yüksek basınçlı bir soğutucu akışkan

olan R410A kullanan vidalı su soğutma üniteleri yakın zamanda piyasaya sürülmüştür. Soğutucu akışkan olarak amonyak kullanan vidalı su soğutma üniteleri bazı üreticilerden temin edilebilmektedir ve bunlar çoğunlukla Kuzey Avrupa ülkelerinde bulunmaktadır. HCFC-22 veya HFC'ler kullanan su soğutma ünitelerine kıyasla üretim sayıları azdır.

Hava soğutmalı ve 700 kW'ın altındaki su soğutmalı vidalı su soğutma ünitelerinde genellikle boruların içinde akan soğutucu akışkan ve dış tarafta soğuk su bulunan evaporatörler kullanır. Bunlara doğrudan genleşmeli (DX) evaporatörler denir. Kapasiteleri 700 kW'ın üzerinde olan su soğutma gruplarında genellikle soğutucu akışkanın dış gövde tarafında olduğu taşmalı evaporatörler (flooded evaporators) kullanılır. Taşmalı evaporatörler, DX evaporatörlerden daha yüksek soğutucu akışkan şarjı gerektirir, ancak daha yakın yaklaşım sıcaklıklarına ve daha yüksek verimliliğe sahiptir.

Spiral (Scroll) kompresörlü tip su soğutma üniteleri, DX evaporatörler kullanılarak hem su soğutmalı hem de hava soğutmalı tiplerde üretilmektedir. Kullanılan soğutucu akışkanlar arasında HCFC-22, HFC-134a, R410A ve R407C bulunmaktadır. 150 kW'ın altındaki kapasiteler için, daha büyük tiplerde kullanılan kabuk ve borulu ısı eşanjörleri yerine, evaporatörler için genellikle lehimli plakalı ısı eşanjörleri kullanılır. Lehimli plakalı ısı eşanjörleri sistem hacmini ve soğutucu akışkan şarjını azaltır. Hava soğutmalı su soğutma sistemleri, genellikle bir soğutma kulesi ve su pompası içeren eşdeğer kapasiteli su soğutmalı su soğutma sistemlerinden daha ucuzdur. Bununla birlikte, birçok koşul altında su soğutmalı sistemler daha düşük yoğuşma sıcaklıkları nedeniyle daha verimli olabilir.

Pistonlu tip kompresörlü su soğutma üniteleri, DX evaporatörler kullanılarak hem su soğutmalı hem de hava soğutmalı tiplerde üretilmektedir. Hava soğutmalı tipler son yıllarda pazar paylarını artırmıştır. Montreal Protokolü'nün ortaya çıkmasından önce, bazı küçük pistonlu su soğutma üniteleri (100 kW'ın altında) soğutucu akışkan olarak CFC-12 ile piyasaya sunulmaktaydı. Daha küçük kapasiteli su soğutma ünitelerinin çoğunda ve daha büyük kapasiteli ünitelerin neredeyse tamamında soğutucu akışkan olarak HCFC-22 kullanılmaktaydı. Montreal Protokolü'nden bu yana, yeni pistonlu su soğutma üniteleri HCFC-22, R407C ve az da olsa HFC-134a ve propan veya propilen kullanmaktadır. Bazı su soğutmalı pistonlu su soğutma üniteleri, soğutucu akışkan olarak amonyak ile üretilmiştir ancak bu ünitelerin sayısı florokarbonlu soğutucu akışkan kullanan ünitelerin sayısına kıyasla çok azdır. Spiral chiller cihazlarda olduğu gibi, lehimli plakalı ısı eşanjörlerinin kullanımı sistem hacmini ve sistem şarjını azaltır.

Absorpsiyonlu su soğutma üniteleri, çoğunlukla Japonya, Çin ve Güney Kore'de üretilmektedir. Kuzey Amerika'da az sayıda absorpsiyonlu chiller ünitesi üretilmektedir. Absorpsiyonlu chiller ünitesi enerji kullanımı, birincil enerjiye dayalı hesaplamalar kullanılarak elektrikli su soğutma ünitesi enerji kullanımı ile karşılaştırılabilir. Absorpsiyonlu sistemler, buhar sıkıştırmalı su soğutma ünitelerine göre daha yüksek birincil enerji gereksinimlerine ve daha yüksek kurulum maliyetlerine sahiptir. Atık ısının buhar veya sıcak su şeklinde olduğu, yaz soğutma yükleri için elektriğin olmadığı veya yüksek elektrik maliyetlerinin olduğu durumlarda (talep ücretleri dahil) gaz yakıtlı absorpsiyonlu sistem daha düşük maliyetli bir alternatif haline gelebilir. Japonya'da hükümet politikası, yıl boyunca gaz ithalatını kolaylaştırmak ve yaz mevsiminde elektrik yüklerini azaltmak için absorpsiyonlu sistemleri teşvik etmektedir.

Tek kademeli absorpsiyon uygulamaları genelde enerji kaynağı olarak sıcak su veya bu-

har şeklinde atık ısı kullanabilen tesislerle sınırlıdır. Bu tür tesisler, atık motor ısısı veya buharın mevcut olduğu kojenerasyon (atık ısıyı kullanılabilir enerjiye dönüştürme) sistemlerini içerir. Buhar veya sıcak su ile tahrik edilen veya doğrudan fosil yakıtlarla ateşlenen iki kademeli absorpsiyonlu chiller grupları ilk olarak 1980'lerde bölgesel pazar için Asya'da (öncelikle Japonya'da) çok sayıda üretilmiştir. İki kademeli su soğutma grupları kısa bir süre sonra Kuzey Amerika'da, genellikle Asyalı üreticilerden lisans alınarak üretilmiştir. Avrupa ve Kuzey Amerika'da soğutucu akışkan olarak amonyak ve absorban madde olarak su kullanan 90 kW'ın altında kapasiteye sahip küçük tek kademeli gaz yakıtlı absorpsiyonlu chiller grupları üretilmektedir.

2.8 Araç Kliması

1990'ların ortalarından önce üretilen araçlarda soğutucu akışkan olarak çoğunlukla CFC-12, trenlerde ise bir miktar HCFC-22 kullanılmaktaydı. O zamandan beri, Montreal Protokolü'ne yanıt olarak, klima bulunan yeni araçlar HFC-134a kullanan sistemlerle donatılmıştır. 2000 yılına gelindiğinde, fabrikada kurulan AC sistemleri için Orijinal Ekipman Üreticisi (OEM) soğutucu akışkanı olarak CFC-12'den HFC-134a'ya geçiş tüm gelişmiş ülkelerde tamamlanmıştır. Gelişmekte olan ülkelerde HFC-134a'ya geçiş yaklaşık 2007 yılında tamamlanmıştır. Ayrıca, 1990'ların ortalarından bu yana, HFC-134a'nın yüksek Küresel Isınma Potansiyeli (KIP) nedeniyle HFC-134a'ya alternatiflerin geliştirilmesi devam etmektedir. HFO-1234yf (2,3,3,3-Tetrafloropropen), Honeywell'deki araştırmacılarla ortaklaşa Barbara Haviland Minor liderliğindeki DuPont'taki bir ekip tarafından geliştirildi. Amaçları, 2011'de yürürlüğe giren ve Avrupa'da satılan tüm yeni otomobil platformlarının AC sisteminde küresel ısınma potansiyeline (GWP) sahip bir soğutucu akışkan kullanmasını gerektiren 2006/40/EC sayılı Avrupa direktifini karşılamaktır. HFO-1234yf'nin başlangıçta 100 yıllık GWP'si 4 olarak kabul edildi ve şimdi 1'den daha düşük 100 yıllık bir GWP'ye sahip olduğu kabul ediliyor (karbondioksitin GWP'si 1.0'dır).

Start&Stop sistemi ve hibrit araçlar

Görevlerinin bir kısmını yanmalı motoru kapatarak yerine getirebilen araçların (örneğin Start& Stop, genişletilmiş Start&Stop ve hibritler) yaygınlaşması, tüm çalışma koşullarında yaz ve kış termal konforunu garanti etmek için klima sisteminde yeni çözümler gerektirmektedir.

Bu araçların çoğunluğu 12 V ile 48 V elektrik enerji kaynağına ve sadece bir kısmı daha yüksek gerilim şebekesine (örneğin 350 V'a kadar) sahip olacak, tümünde ise 0.2 kWh (düşük gerilim) ile 5 kWh (yüksek gerilim) arasında değişen kapasiteye sahip ek bir yerleşik elektrik enerjisi depolama birimi bulunacaktır.



Şekil 2.16: Start&Stop sistemi

Bu, gelecekteki araçların sadece küçük bir kısmının elektrikli kompresöre sahip olacağı, büyük bir kısmının ise enerji dengesi ve maliyet nedeniyle bugün olduğu gibi mekanik tahrikli kompresörlerle donatılacağı anlamına gelmektedir. Bu nedenle gerekli konforu korumak ve güvenlik performansını (örneğin buğu giderme) garanti etmek için aşağıda örneklendiği gibi sistemde bazı revizyonlar yapılabilir:

- Faz değişim malzemelerine dayalı soğutma enerjisi depolama ünitesi
- Soğutma gücünü depolamak için termal ataletinden yararlanan ikincil döngü sistemi
- İlave elektrikli kompresör, kayış tahrikli kompresörün küçültülmesi

Bu evrim, araçtaki termal sistemlerin daha derin bir entegrasyonunu sağlayacak ve klima da bunun bir parçası haline gelecektir.

Plug-in hibritler (PHEV) ve bataryalı elektrikli araçlar (BEV)

Plug-in hibritler ve bataryalı elektrikli araçlar için, soğutma amaçlı araç klima sistemlerinin yanı sıra ısıtma amaçlı ısı pompası sistemlerinin de araç sürüş menzili üzerindeki etkiyi en aza indirmek için çok yüksek enerji verimliliğine sahip olması gerekir.

Mobil klima sistemleri, şu anda kullanılan HFC soğutucularla bir ısı pompası olarak çalışırken, çok düşük ortam sıcaklıklarında etkinliklerini artırmak için araç içi dış ısı kaynaklarından (batarya, güç elektroniği vb.) faydalanarak düşük verimliliklerini ve kapasitelerini kısmen telafi edebilir. Bu, yerleşik elektronik cihazlardan gelen ısıyı toplayarak ısı kaynağının sıcaklığını arttırabilen ikincil bir döngü kullanılarak gerçekleştirilebilir. Bu çerçevede, çift döngülü sistemler (sıvı soğutmalı kondenserler ve sıvı ısıtmalı evaporatörlerle) en yüksek esneklik seviyesini sunmakta ve aynı zamanda orijinal ekipman üreticisi olarak, soğutucu akışkan şarjını, sızıntı oranını ve bir kaza durumunda dağılma riskini en aza indirmesine olanak sağlamaktadır. Ancak bu ikincil döngü sistemleri ilave soğutucu akışkan ve bileşenler nedeniyle araç kütlesini artırır ve bu da aracın kullanımında araç yakıt ekonomisini olumsuz etkileyebilir. Bazı uygulamalarda mobil klima sistemi aynı zamanda batarya termal kontrolü ve güç elektroniği (yani soğutma ve ısıtma) için de kullanılacaktır.

Not: Bazı soğutucu akışkanlar (piyasada bulunanlar) ve mevcut durum;

- **R32:** R32 üreticisi ve aynı zamanda orijinal ekipman üreticisi olan Daikin, R32 ünitelerini teşvik etmekte, üretmekte ve satmaktadır. Çoğu Japon orijinal ekipman üreticisinin de R32 ünitelerini üretmesine ve teşvik etmesine öncülük etmektedir. Daikin, R32 ünitelerini Avrupa'nın yanı sıra bir dizi gelişmekte olan ülkede de satışa sunmaktadır. Daikin, yeni R32 destekçileri kazanmak amacıyla kısa bir süre önce dünya çapındaki şirketlere, R32 kullanımını veya uygulamasıyla ilgili 93 ayrı patente ücretsiz erişim imkânı sunmuştur. Daikin'in diğer çabaları arasında, Montreal Protokolü'nden sağlanan finansmanla Tayland gibi gelişmekte olan ekonomilere kendi pazarlarında R32'yi benimsemeleri için teknik yardım ve eğitim sağlamak da yer almaktadır.

- **DR55:** Diğer bir sunum ise Opteon XL55 olarak pazarlayacağı %67 R32, %7 R125 ve %26 R1234yf karışımı olan DR55'i tanıtan Chemours (eski adıyla DuPont) tarafından yönetiliyor. Trane, yakın zamanda Japonya'da DR55 kullanan hava soğutmalı bir su soğutma ünitesinin

sergilenmesi için Chemours ile ortaklık kurdu. Sonrasında, Chemours DR55'in konutlar, hafif ticari ve ticari pencere üniteleri, taşınabilir cihazlar, mini split sistemler, kanallı split sistemler, PTAC'ler (Paket terminal klima), ticari paket sistemler, çoklu split sistemler ve DX su soğutma üniteleri için uygun olduğunu açıkladı.

3.YENİ ÜRÜNLER İÇİN ALTERNATİF SOĞUTUCU AKIŞKANLAR

(Ref: RTOC-Assessment-Report-2014)

3.1 Ev Tipi Cihazlar

3.1.1 Ev tipi buzdolapları için alternatif soğutucu akışkanlar

HC-600a: Enerji açısından verimli ve maliyet açısından rekabetçi ana alternatiftir. 1994 yılında Avrupa'da piyasaya sürüldüğünde var olan yüksek yanıcılık ile ilgili endişeler, özellikle evsel soğutma için gereken şarj miktarı 150 gramın altında olduğu için tasarım özellikleri ve güvenlik standartlarıyla giderilmiştir. Güvenlik gereklilikleri karşılandığında (örn. IEC 60335-2-24) ve yeterli risk değerlendirmesi yapıldığında, HC-600a evsel soğutma ürünleri için ideal soğutucu akışkandır ve HFC-134a'dan yaklaşık %5 daha yüksek verimlilik sağlarken aynı zamanda soğutma ünitesinin gürültü seviyesini de azaltır.

Florlu gazlara ilişkin Avrupa Yönetmeliği'nin gözden geçirilmesi için yakın zamanda yapılan bir çalışmaya göre (Schwarz vd., 2013), HC-600a kullanan ev tipi buzdolapları için bir üretim tesisinin yatırım maliyeti HFC-134a'ya göre %1.7 daha yüksektir ve bu da Avrupa ortalamaları dikkate alındığında yaklaşık 7 €/birimlik bir ek ürün maliyetini temsil etmektedir. Bunun temel nedeni güvenlik sistemleri nedeniyle yüksek üretim maliyetleridir. Raporda ayrıca HC-600a kullanan soğutma ünitesinin yıllık işletme maliyetlerinin ve kullanım ömrü maliyetinin daha düşük olduğu, bunun da genel olarak olumsuz bir yaşam döngüsü maliyet farkına yol açtığı belirtilmiştir.

Genel olarak HC-600a'nın kullanımının önünde önemli bir engel yoktur, bu da bugüne kadar piyasada 500 milyondan fazla ev tipi buzdolabının varlığıyla gösterilmektedir. Ancak ABD'de HC-600a kullanımı neredeyse yok denecek kadar azdır ve bu durum bir dizi faktöre bağlanabilir. Bunlar arasında kamu güvenliğine ilişkin genel kaygılar (veya algılar), yanıcılık güvenliği ve kazalara ilişkin kaygılar (kısıtlayıcı ulusal standartlara yanışan) ve bölgedeki ilk hareket edenlerden biri olma konusundaki isteksizlik yer almaktadır.

HC-600a başlangıçta Avrupa'daki ev tipi buzdolapları ve dondurucular için standart soğutucu akışkandı ve Madde 5 ülkeleri de dahil olmak üzere diğer bölgelere yayıldı. Dünya çapında yılda 50 milyondan fazla cihaz HC-600a ile üretilmektedir. Artan enerji verimliliği ve HC-600a soğutucu akışkanın düşük sera gazı miktarı, HFC-134a'ya kıyasla doğrudan (soğutucu akışkan) ve dolaylı (elektrik tüketimiyle ilişkili CO₂) sera gazı emisyonlarını azaltması nedeniyle ev tipi buzdolaplarının iklim üzerindeki etkisini azaltmaktadır.

Sermaye kaynaklarının kısıtlı olduğu geçmiş dönemlerde, ikili hidrokarbon karışımlarının (HC-600a ve HC-290) kullanımı, kompresör üretim kalıplarını değiştirmek için gereken yatırımlardan kaçınmak için daha önce kullanılan soğutucu akışkanların hacimsel kapasitesinin eşleştirilmesine olanak tanıyordu. Bu karışımlar, saf HC-600a'ya kıyasla

termodinamik verimlilikte bir düşüşe neden olduğundan saf HC-600a kullanımına geçilmiştir. HC karışımlarının kullanımı önemsiz hale gelmiştir.

HFC-134a: HFC-134a, CFC-12'nin aşamalı olarak kullanımdan kaldırılmasından bu yana evsel soğutma için baskın soğutucu akışkandır. Kullanımı ile ilgili önemli bir güvenlik kaygısı yoktur. Enerji verimliliği CFC-12 ile benzerdir, ancak sürekli optimizasyon ile HFC-134a kullanan soğutma üniteleri CFC-12 kullanılanlardan önemli ölçüde daha verimlidir.

HFO-1234yf: HFO-1234yf'nin ev tipi buzdolaplarında ve dondurucularda kullanılması mümkündür. Basınç ve kapasite değerleri HFC-134a'dan biraz daha düşük olduğundan ve HC-600a'dan daha düşük yanıcılık özelliklerine sahip olduğu için, uygulaması HFC-134a ve HC-600a kullanımı arasında bir seçenek olarak düşünülebilir. Düşük yanıcılık özelliği, HC-600a için izin verilen soğutucu akışkan şarjına ilişkin sınırlamaları olan ABD gibi ülkeler için uygulamayı kolaylaştırır. HC-600a ile elde edilen deneyim, HFO-1234yf'nin daha düşük yanıcılığı göz önüne alındığında, gerekli tasarım değişikliklerinin ve yatırımın riskinin kabul edilebilir düzeyde olabileceğini göstermiştir.

Bazı endüstriyel kaynaklara göre, HFO-1234yf'nin evsel soğutmada kullanımını değerlendirmek için gelişmeler vardır, ancak otomotiv uygulamalarında olduğu gibi yüksek öncelikli olarak takip edilmemektedir. Ön değerlendirme, HFO-1234yf'nin HFC-134a ile karşılaştırılabilir verimlilik potansiyeline sahip olduğu, ancak uygulamada genellikle biraz daha kötü olduğu yönündedir. Kimyasal bozulmaya bağlı kılcal boru kısıtlamasına yönelik uzun vadeli güvenilirlik testleri henüz tamamlanmamıştır. Gerekli ısı eşanjörlerinin daha büyük yüzey alanı nedeniyle (daha düşük enerji performansını hesaba katmak için), ürün maliyetlerinin HFC-134a teknolojisinden %1 daha yüksek olacağı beklenmektedir. Daha yüksek soğutucu akışkan maliyetleri nedeniyle de ek %1 maliyet tahmin edilmektedir.

Maliyet faktörü, yanıcılık durumu ve ürün geliştirme için yatırım gereksinimleri göz önüne alındığında, HFO-1234yf önemli dezavantajlara sahiptir. Üreticiler tarafından benimsenmemesi nedeniyle, HFO-1234yf'nin öngörülebilir gelecekte HC-600a veya HFC-134a'nın yerini alması muhtemel değildir.

HFO-1234ze: Yanıcılık açısından HFO-1234yf için geçerli olan hususların aynısı geçerlidir. Buna ek olarak, HFC-134a'ya kıyasla daha düşük hacimsel kapasiteyi karşılamak için kompresör uyarlamaları gerekmektedir. Bu nedenle, bu soğutucu akışkanın da öngörülebilir gelecekte HC-600a veya HFC-134a'nın yerini alması muhtemel değildir.

R744: Halihazırda, R744 kullanımına ilişkin deneyim, uzun yıllardan beri bilinmekte olan ve düşük şarjlı uygulamalardan biri olarak, şişe soğutucudan elde edilmektedir. R744 gazının kullanımı, özellikle kompresör tarafında yüksek basınç seviyesine karşı koruma amaçlı daha fazla malzeme ihtiyacından dolayı ek maliyetler gerektirmektedir. Kompresörün süpürme hacminin son derece küçük olması ve termal verimliliğin azalması da diğer endişelerdir (Beek ve Janssen, 2008). Bu endişeler ve diğer düşük GWP alternatiflerinin mevcut olması, R744'ün ticarileşme olasılığını düşürmektedir.

HFC-134a Kullanan ev tipi buzdolaplarının düşük GWP'li alternatiflere dönüştürülmesi: Mevcut sektör dinamikleri, HFC-134a'dan daha düşük GWP alternatiflerine geçişin artmasını içermektedir. Bugüne kadar ticari dönüşüm HC-600a ile sınırlı kalmıştır. Avrupa'da üreti-

len No-Frost buzdolapları 2000'li yılların başında HFC-134a'dan HC-600a'ya dönüştürülmeye başlanmıştır. Japonya'daki otomatik defrostlu buzdolaplarının HFC-134a'dan HC-600a'ya ilk dönüşümleri bu komitenin 2006 raporunda ele alınmıştır (UNEP, 2006). Küresel ısınma kaygılarıyla gerçekleştirilen bu dönüşüm, Japonya'daki buzdolabı üretiminin %90'ından fazlasını kapsayacak şekilde ilerlemiştir.

Dünyanın geri kalanında HC'ye dönüşüm devam ederken Kuzey Amerika cihaz pazarına HFC-134a hakimdir. Kuzey Amerika pazarındaki bu gecikmenin nedenleri arasında; dava maliyetleri, Tüketici Ürün Güvenliği Komisyonu'nun artan yoğunluğu, ASHRAE 15 ve 34 standartlarına uyulmasını gerektiren yerel düzenlemeler, ek güvenlik özellikleri için ürün maliyet farkı, tesis içi OSHA güvenlik gereksinimlerini karşılamak için yatırım maliyetleri ve geri kazanılması gereken bir soğutucu akışkanın servis edilebilirliği ile ilgili yatırım maliyeti gibi çeşitli faktörler ağır basmaktadır. AB tarafında ise güvenlik, genel ürün güvenliğine ilişkin 2001/95/EC sayılı AB Direktifi ile sağlanmaktadır. Bu nedenle Kuzey Amerikalı üreticiler HC-600a'nın cihazlarda kullanılmaya başlanmasından önce üçüncü taraf standartlarına ilave olarak, ek maliyetli güvenlik gereklilikleri geliştirmeyi tercih etmişlerdir.

Yasal kaygılar şimdiye kadar HC-600a'nın ABD'de kullanımını sınırlamış olsa da, büyük bir ABD'li üretici 2010 yılında ABD pazarına HC-600a soğutucu akışkanını kullanan otomatik defrostlu buzdolaplarını tanıtmıştır. Bu uygulama, ev tipi soğutma için önceki Kuzey Amerika uygulamalarından önemli bir sapmaydı. 2011 yılında ABD EPA, HC-600a'yı belirli koşullara tabi olarak ev tipi ve küçük ticari buzdolapları ve dondurucular için "Significant New Alternatives Policy Program" (SNAP) kapsamında kabul edilebilir bir alternatif olarak onaylamıştır. Koşullar arasında şarjın 57 gr ile sınırlandırılması (ikamenin eşit molar esasına göre olacağı unutulmamalıdır; yani 100 gram HFC-134a, 57 g HC-600a ile değiştirilecektir) ve ürünlerin revize edilmiş UL-250 ile uyumlu olması gerekliliği yer almaktadır. Aynı zamanda, Orta ve Güney Amerika'daki üreticiler tarafından sunulan HC bazlı buzdolabı modellerinin sayısı da artmaktadır ve yeni üretimin hidrokarbon soğutucu akışkanlara dönüştürülmesi eğilimi devam edecektir. Devletin düzenleyici müdahalelerinin etkisi hariç tutulduğunda, 2020 yılına kadar yeni buzdolabı üretiminin %75'inin HC-600a veya diğer alternatif düşük GWP'li soğutucu akışkanları, %25'inin ise HFC-134a kullanacağı öngörülmüştür (UNEP, 2010).

Mevcut tüm HC-600a uygulamaları devam edecektir.

Zorlanmış konveksiyonlu, otomatik defrostlu buzdolaplarının yaygın konfigürasyon olduğu coğrafi bölgelerdeki HFC-134a uygulamalarının yarısı HC-600a'ya veya HFO-1234yf gibi düşük GWP'li doymamış halokarbon soğutucu akışkanlar gibi, yeni geliştirilen alternatif bir soğutucu akışkana dönüştürülecektir (özellikle HC şarj sınırlamalarının bir faktör olduğu durumlarda).

Doğal taşınımlı veya manuel defrostlu buzdolaplarının yaygın konfigürasyon olduğu coğrafi bölgelerdeki HFC-134a uygulamalarının dörtte üçü HC-600a'ya veya düşük GWP'li HFC alternatiflerine dönüşecektir. Bu, HC-600a'nın HFC-134a'ya karşı daha önce tartışılan avantajlarından ve üretim gerçeklerinden kaynaklanmaktadır.

Düşük GWP'li doymamış HFC soğutucu akışkanların kullanımı, maliyet etkilerinin yanı sıra ısıl kararlılık, hermetik sistem kimyasal uyumlulukları, proses sıvısı uyumlulukları, kirlenme hassasiyetleri vb. gibi çok sayıda uygulama kriterinin başarılı bir şekilde ele alınma-

sını gerektirecektir. Sistem güvenilirliği açısından belirlenen sorunların başarılı bir şekilde kapatılması gerekli olacaktır. Dönüşümler, bölgesel pazar veya iklim değişikliği politikası tercihlerinden etkilenecektir. Hükümetin düzenleyici etkisi dikkate alınmamıştır.

Dönüşümleri gerçekleştirecek teknolojiler hali hazırda mevcuttur, ancak üretim tesislerinin dönüşüm maliyetlerinin önemli olduğu göz önünde bulundurulmalıdır. Dönüşümün hızı ve kapsamı, yanıcı soğutucu akışkanların kullanılmaya başlanmasıyla birlikte ürün güvenliğini korumak için gerekli olan yüksek ürün maliyetlerinden etkilenecektir. Yüksek maliyetler modifiye edilmiş elektrik bileşenleri, elektrik arkını önlemek için daha düşük voltaj kullanımı ve diğer güvenlik cihazları içindir.

3.1.2 Çamaşır kurutma makineleri için alternatif soğutucu akışkanlar

Kurutucularda genellikle soğutucu akışkan olarak HFC-134a kullanılır ve dolum miktarları 200 ila 400g arasında değişmektedir. R407C ve HC-290 kullanan ürünler de piyasaya sürülmektedir ve eğer ısı eşanjörleri bu tür soğutucu akışkan karışımları için optimize edilirse potansiyel olarak sıcaklık kaymasından (temperature glide: belirli bir doyma basıncında, doymuş buhar sıcaklığı ile doymuş sıvı sıcaklığı arasındaki farktır) yararlanabilirler. HFC'lerin kullanımına devam edilmesi çeşitli bölgelerde tartışma konusu olsa da, bir kurutucuda ısı pompalarının kullanılmasının %50 veya daha fazla enerji tasarrufu sağladığı ve enerji üretimi için fosil yakıt kullanan ülkelerin küresel ısınma etkisinde önemli bir azalmaya yol açtığı da kabul edilmektedir. Alternatif olarak, düşük GWP değerine sahip olan soğutucu akışkan çözümleri yoğun olarak araştırılmaktadır. Bunlar arasında R744, hidrokarbonlar ve bazı HFC'ler bulunmaktadır.

Kurutucular için düşük küresel ısınma potansiyeline sahip alternatif soğutucu akışkanlar şunlardır:

R744 (CO₂): Gas cooler (gaz soğutucu) tarafındaki yüksek sıcaklık kayması etkili bir kurutma işlemine ve muhtemelen kritik altı soğutucu akışkanlarla mümkün olandan daha yüksek hava çıkış sıcaklıklarına yol açabilir. Bazı bileşenlerin yüksek maliyetleri ve gaz çıkış sıcaklıklarını azaltmak için etkili bir ara soğutucuya (intercooler) duyulan muhtemel ihtiyaç, şu anda karşı karşıya kalınan zorluklardır.

Hidrokarbonlar: Prensip olarak çeşitli hidrokarbonlar kullanılabilir. Uygun kompresörlerin temini şu anda çok sınırlıdır. Soğutucu akışkanın yanıcılığından kaynaklanan güvenlik tehlikeleri, çamaşır kurutma makinelerinin yüksek sıcaklıklar, kuru tekstil malzemelelerinin varlığı, mekanik olarak hareket eden nesneler (tambur, motor vb.) ve statik yüklerin varlığı nedeniyle ev tipi soğutmaya kıyasla ek riskler oluşturmaları nedeniyle dikkatli bir değerlendirme gerektirir. Gereken nispeten yüksek soğutucu akışkan miktarı göz önüne alındığında, ilave gaz şarjı azaltımı yapılabilir.

Düşük küresel ısınma potansiyeline sahip HFC'ler: HFC-134a ile benzer özellikleri nedeniyle bu kategori potansiyel adaylar sunabilir. Bununla birlikte, yanıcılıkları hidrokarbonlar için listelenen benzer güvenlik tehlikelerine neden olur, ancak bu tehlikelerden bazılarının azaltılmış yanıcılık özelliği nedeniyle üstesinden gelmek daha kolay olabilir.

3.1.3 Alternatif soğutma teknolojileri (Ev tipi cihazlar için)

Ev tipi soğutma cihazları için alternatif soğutma teknolojileri, çok düşük gürültü, taşınabilirlik veya elektrik enerjisi dağıtım şebekesine erişim olmaması gibi durumlardaki uygulama-

malar için araştırılmaya devam etmektedir. İlgilenilen teknolojiler arasında Stirling çevrimi, absorpsiyon ve adsorpsiyon çevrimleri, termoelektrik ve manyetik teknolojiler yer almaktadır. Yukarıda belirtilen örnekler gibi faktörlerin olmadığı durumlarda, tanımlanan hiçbir teknoloji seri üretim ev tipi buzdolapları için geleneksel buhar sıkıştırma teknolojisi ile maliyet veya verimlilik açısından rekabetçi değildir.

Absorpsiyonlu soğutma sistemleri, düşük gürültü seviyeleri nedeniyle otel mini bar ünitelerinde ve kamp veya mobil evler gibi mobil, şebeke dışı uygulamalarda uzun yıllardır kullanılmaktadır. Termoelektrik veya Stirling çevrim teknolojileri, tıbbi taşıma gibi uygulamalarda taşınabilir soğutucular için kullanılır. Termoelektrik ayrıca, otel üniteleri ve orta soğutma sıcaklığı seviyelerine sahip şarap depolama üniteleri için de kullanılır.

Manyetik soğutma, ticarileştirme potansiyeli olan türünün tek örneği olmayan teknolojilerden biridir. Manyetik soğutma, soğutucu akışkan kullanmaz ve aralıklı bir manyetik alana maruz kalan manyetokalorik malzemelerden oluşan aktif bir manyetik rejeneratör kullanır. Daha düşük soğutma gücünde, geleneksel buhar sıkıştırmaya göre muhtemelen daha yüksek verimlilik sunar. Teknolojinin fiyatını düşürmek için, manyetik yükü sağlamak üzere demir bazlı bir alaşımın kullanılması, başlangıçta kullanılan gadolinyum gibi nadir bulunan toprak mıknatıslarına alternatif olarak düşünülmüştür.

Yukarıda belirtilen geri kalan özel niş ürün alanlarının her biri, seri üretim kapasitesi oluşturmak için yüksek sermaye yatırımı gerektirecektir. Bu ürün teknolojileri, seri üretilen pazarlara yönelik seçeneklere odaklanan bu kitapta daha fazla detaylandırılmayacaktır. Alternatif çamaşır kurutma teknolojileri ise halen başlangıç aşamasındadır.

Bunların dışında ev tipi buzdolapları için mevcut sistemlerde, enerji verimliliğini arttıracak bazı iyileştirmeler aşağıda sıralanmıştır:

I. Kompresörler

- Çalıştırma kapasitörleri ve geliştirilmiş verimli kompresör konfigürasyonları, uygun ürün maliyeti cezaları ile geniş çapta temin edilebilir.
- Daha düşük viskoziteli yağ kullanımı kompresör sürtünme kayıplarını azaltır, ancak daha iyi üretim süreci ve daha sıkı işleme toleransları gerektirebilir.
- Sıkıştırma işlemi sırasındaki kayıpların azaltılması (vanalar, damperler vb.) ve kompresör içindeki sıcaklık seviyelerinin daha da düşürülmesi (doğrudan veya yarı doğrudan emiş) kompresör verimliliklerini artırmaya devam edecektir. Geleneksel elektrik motoru verimliliğindeki gelişmeler de verimliliği artıracaktır.
- Elektronik değişken hızlı motorların kullanımının artması atalet ve çevrim kayıplarını azaltacaktır. Bunların uygulanması daha yüksek ürün maliyeti ve daha karmaşık kontrol sistemleriyle sonuçlanacaktır.
- Daha yüksek ürün maliyeti ve kanıtlanmamış mekanizma ve yağlama endişeleri pahasına çalışma verimliliğini artırmak ve çevrim kayıplarını azaltmak için değişken kapasiteli yüksek verimli lineer motorlar kullanılmalıdır.

II. Geliştirilmiş verimli evaporatör ve kondenser fan motorları

ECM evaporatör ve kondenser fan motorları, geçmişte bu uygulamalarda kullanılan gölge kutuplu motorlara kıyasla önemli enerji verimliliği iyileştirmelerine sahiptir. Bu fan mo-

torları, artan ürün maliyeti ile birlikte önemli enerji verimliliği avantajı sağlayabilmektedir.

III. Modifiye kontrol teknolojisi ve defrost algoritmaları

Elektronik sensörlerin ve kontrollerin uygulanması, en kötü durum koşulları için sabit çevrim süresi kontrolüne karşı uyarılabilir buz çözme kontrolüne izin verir. Otomatik defrostun faydaları arasında, iyileştirilmiş enerji verimliliği ve daha yüksek maliyet ve tasarım karmaşıklığı karşılığında daha hassas ısı kontrol yer almaktadır.

IV. Modifiye soğutma sistemi konfigürasyonları

İki bölmeli buzdolabı-dondurucular için çift evaporatörlü ara soğutmalı sistemlerin verimlilik iyileştirmeleri üzerine araştırmalar devam etmektedir. Bunlardan muhtemelen en iyi bilineni olan Lorenz ve Meutzner çevrimi, farklı kaynama noktalarına sahip soğutucu akışkanların zeotropik bir karışımını gerektirir. Verimlilik artışının %20'den fazla olduğu rapor edilmiştir, ancak bu hala deneysel bir sistemdir. Bunu ticarileştirmeye yönelik herhangi bir girişimde bulunulduğu söylentisi yoktur. Değişen uygulama ortamı ve kullanım modelleri altında kontrol kararlılığının sağlanmasında önemli zorluklar olduğu inanılmaktadır.

3.2 Ticari Soğutma Sistemleri

3.2.1 Tekil üniteler (Stand-alone)

Soğutma kapasitesine, soğutucu akışkan şarj miktarına ve devre tasarımına bağlı olarak soğutucu akışkan seçimlerine yönelik eğilimleri analiz etmek amacıyla bu bölümde çeşitli tekil ünite tipleri açıklanmıştır. Tekil ünitelerin çoğu, küresel gıda şirketlerine aittir ve bu şirketler tarafından kurulmaktadır. Bu şirketler kendi çevre politikalarını geliştirmektedir ve düşük küresel ısınma potansiyelli soğutucu akışkanların yanı sıra enerji tasarruflu sistemlerin seçilmesi şirketlerin çevre dostu olarak konumlandırılmasının bir parçasıdır.



Şekil 2.17: Bazı tekil (stand alone) üniteler

• Şişe soğutucular

Cam kapılı şişe soğutucuları neredeyse her süpermarkette, benzin istasyonunda ve büfede bulunabilir. En yaygın tip tek kapılı 400 litrelik tiptir, ancak daha büyük (2 veya 3 cam kapılı) ve daha küçük tipleri de bulunmaktadır.

Hidrokarbon (HC-290) ve CO₂ ile soğutulan şişe soğutucuları iyi enerji performansı göstermekte ve ARGE geliştirmeleriyle HFC-134a temel serisine kıyasla daha da iyi hale gelmektedir. Hidrokarbon kullanan şişe soğutucuları, HFC-134a kullanan şişe soğutuculara kıyasla %28, CO₂ için ise %12 enerji tüketiminde azalma göstermiştir (Pedersen, 2008). Şişe soğutucuları üreten birçok Avrupalı şirket HC-290 tercih etmekteyken, CO₂ ise güvenlik risklerinin farklı algılanmasına bağlı olarak başkaları tarafından tercih edilmektedir.

AHRI / AREP test programı kapsamında, iki düşük GWP'li HFC'yi (HFO-1234yf ve HFO-1234ze) ve HFC-134a'nın yerini almak üzere tasarlanan HFC-134a bazlı karışımları aynı performanslarda değerlendirmek için laboratuvar testleri yapılmıştır. Testler, bu düşük GWP'li soğutucu akışkanların aynı performans aralığında olduğunu, soğutma sistemi optimizasyonunun gerekli olduğunu ve yakın gelecekte geliştirileceğini göstermektedir.

• Dondurma dolapları

R404A ve HFC-134a dondurma dolaplarında kullanılan soğutucu akışkanlardır ve büyük gıda şirketleri tarafından aşamalı olarak HC-290 ile değiştirilmektedir.

• İçecek otomat makineleri

Alkolsüz içecek otomatları, meşrubat kabının hızla soğutulması için önemli bir soğutma kapasitesine ihtiyaç duyar. HFC-134a'nın olağan soğutucu şarjı 0.5 ila 1 kg arasında değişmektedir ve bu da hidrokarbonlarla rekabet edebilecek CO₂ seçeneklerinin geliştirilmesine yol açmaktadır. Yüksek verimli CO₂ kasetleri bir Japon şirketi tarafından geliştirilmiş ve entegrasyon için birçok OEM şirketine satılmıştır. CO₂ teknolojisi kompakttır ve meşrubat şirketleri tarafından tanımlanan enerji verimliliği testlerini geçmiştir. HC-290 otomatları da enerji açısından tatmin edici performans gösterecek şekilde geliştirilmiştir. Şişe soğutucularda CO₂ ve hidrokarbonlar arasındaki seçim, risk analizinden elde edilen sonuçlara ve olası olayların veya kazaların etkisine dayanarak yapılmaktadır.

• Su soğutucuları

Dünya çapında hem şişelenmiş su hem de musluk suyu için çok sayıda su soğutucusu kurulmuştur. Soğutma kapasitesi küçüktür ve soğutma devresi tamamen lehimlidir. Dolayısıyla bu ekipman küçük bir ev tipi soğutma sistemine benzemektedir. Birçok şirket HFC-134a'dan izobütana (HC-600a) geçiş yapmıştır. Hidrokarbon şarjı 20 gr kadar düşük olabilir.

• Buz makineleri

Buz makineleri, restoranlara, barlara, otellere kurulur ve ağırlıklı olarak Kuzey Amerika'da bulunur. Makinenin boyutuna bağlı olarak birçok farklı soğutma kapasitesi ve buzların türüne bağlı olarak farklı teknolojiler vardır (küpler, peletler, pullar vb.). Normal R404A şarjı 500 g ila 2 kg arasında değişebilir. AHRI/AREP programı kapsamında bir buz makinesi dispenseri, evaporatörde yaklaşık 7K sıcaklık kaymasına sahip yeni bir düşük GWP'li HFC bazlı karışımla test edildi. Rapor#2, herhangi bir optimizasyon yapılmadan, yaklaşık %4 daha düşük soğutma kapasitesi olduğunu göstermektedir (Schlosser, 2012). Avrupa'da ve diğer bölgelerde küçük buz makineleri için artık HC-290 kullanılmakta ve standart bir seçenek olarak satılmaktadır. Son yıllarda ise birçok ekipman üreticisi soğutucu olarak CO₂ kullanan buz makinelerini piyasaya sürmektedir (Shecco, 2014).

• Süpermarket soğuk teşhir dolapları (Plug-in tipi)

Plug-in tipi (içten motorlu) süpermarket dolaplarının kullanımı Avrupa'da, özellikle de

indirim mağazalarında artmaktadır. Birçok küçük ve orta ölçekli süpermarket, uzaktan soğutma sistemi ile soğutulan dolap yerine bu tür üniteler kurmaktadır. Plug-in tipi dolaplar daha düşük kurulum maliyetine sahiptir, daha esnektir ve tamamen lehimli devre nedeniyle daha az sistem bakımı gerektirir. Plug-in dolaplar, kondenser üniteleri (condensing units) veya çoklu kompresör üniteleri tarafından soğutulan vitrinlerle karşılaştırıldığında önemli ölçüde daha az enerji verimlidir çünkü küçük kompresörler, büyük kompresörlere göre daha düşük enerji verimliliğine sahiptir.

Dahası, kondenserden atılan ısı, vitrinlerin kurulu olduğu süpermarket alışveriş alanına yayılır. Yüksek dış hava sıcaklıklarında, satış alanında açığa çıkan ısı, klima için daha yüksek soğutma kapasitesi gerektirir. Aksine, ılımlı ve soğuk iklimlerde kış aylarında ortama salınan ısı bir kazançtır. Bazı tekil vitrinler, ısıyı dış ortama atan su soğutmalı kondenser kullanan küçük bir chiller ile tasarlanmıştır; bu özel tasarımda enerji verimliliği kabul edilebilir seviyelere ulaşabilir.

Soğutucu akışkan tercihi eskiden R404A idi. 2007'den bu yana, HC-290 kullanan hidrokarbon vitrinler, R404A'ya kıyasla %10 ile %15 arasında değişen bir enerji verimliliği kazancı ile Avrupa'da standart bir seçenek olarak önerilmektedir. Vitrinler için CO₂ sistemleri de birkaç önemli tedarikçi tarafından tanıtılmıştır.

Tekil üniteler için çıkarılabilecek ilk sonuçlar aşağıdaki gibidir:

HFC-134a ve R404A gelişmiş ülkelerde aşamalı olarak kullanımdan kaldırılmaktadır. Çok uluslu şirketler nedeniyle bu aşamalı olarak kaldırılma, gelişmekte olan ülkelerde de başlamaktadır. Çeşitli düşük küresel ısınma potansiyelli soğutucu akışkan seçenekleri vardır ve ticari bulunabilirliğe bağlı olarak hidrokarbonlar, CO₂ ve yeni düşük küresel ısınma potansiyelli HFC bazlı karışımlar kullanılabilir.

Vitrinlere, cam kapılar ve LED aydınlatma eklenmesi soğutma yükünü azaltabilir ve böylece bu vitrinler için izin verilen akışkan dolum limitleri dahilinde yanıcı soğutucu akışkanların kullanılması sağlanabilir.

Son yıllarda Kuzey Amerika'da, Avrupa'da ve diğer birçok ülkede minimum enerji standartları yayınlanmış veya güncellenmiştir, bu da üreticiler arasında daha yüksek enerji verimliliğine sahip tekil sistemlere ulaşmak için yeni bir rekabet yaratmıştır. CLASP raporu (Waide, 2014), farklı tiplerde tekil üniteler için mevcut ortalama enerji tüketimine kıyasla, %30 ile %40 arasında olası kazanımları tahmin etmektedir.

Avrupa'daki ticari soğutma için ürünün yaşam döngüsü boyunca tüm etkileri dikkate alan eko-etiketleme ile bu ekipmanların çevresel etkilerini önemli ölçüde azaltmak için enerji tüketimi ele alınması gereken ana kriter olmaktadır. Buna paralel olarak, değiştirilen F-gaz yönetmeliği bu sistemlerdeki soğutucu akışkan seçimlerini etkilemektedir.

3.2.2 Kondenser üniteleri (Condensing units)

Kondenser üniteleri bir veya birkaç kompresör, hava soğutmalı kondenser (genellikle), likit tankı ve soğutma devresine bağlanacak sıvı hattından oluşur. Kondenser üniteleri, çeşitli kapasiteler için tasarlanmıştır ve standartlaştırılmış ekipmanlardır. Kondenser üniteleri dünya çapında ve özellikle gelişmekte olan ülkelerde ticari soğutmada yaygın olarak kullanılmaktadır. Tasarım mümkün olduğunca klasiktir ve olağan soğutucu akışkan, gelişmekte olan ülkelerde, HCFC-22, HFC-134a, R404A, gelişmiş ülkelerde doğal soğutucu akışkanlar (CO₂, R290), HFC-134a, R404A, R513A, R507A, R452A, R448A, R449A ve daha az sayıda R410A'dır.

HFC-134a küçük kapasiteler ve -15°C 'nin üzerindeki evaporasyon sıcaklıkları için kullanılmaktadır. R404A veya R410A tüm sıcaklık seviyeleri için daha büyük kapasite kullanımlarında tercih edilmektedir. HFC'ler diğer tüm soğutucu akışkanların kıyaslanması için enerji verimliliği referanslarını oluşturmaktadır.

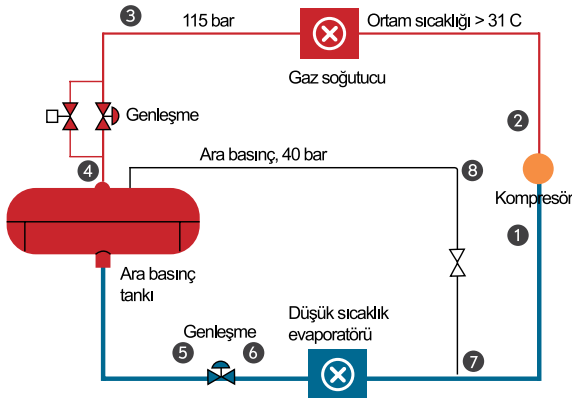
Alternatif HFC karışımları: HCFC-22'nin değiştirilmesi için R407A, R407F, R448A ve R449A gibi bir dizi "ara soğutucu akışkan karışımı" önerilmiştir ve diğerleri henüz ASHRAE numaralarını almamıştır. Bunların küresel ısınma potansiyelleri yaklaşık 1000 ila 1700 arasında değişmektedir. HCFC-22 veya R404A'nın yerini almak üzere tasarlanmışlardır, retrofit soğutucu akışkan olarak eski ya da yeni sistemlerde kullanılırlar. Hepsi, bileşenlerin seçimi ve çalıştırılmasına özel dikkat gösterilmesini gerektiren 5 ile 7°C arasında sıcaklık kayması ortaya koymaktadır.

GWP'leri 150'den 300'e kadar değişen yeni bir dizi düşük küresel ısınma potansiyeline sahip R404A ve HCFC-22 ikame soğutucu akışkan karışımı da piyasaya sürülmüştür. Bazıları test edilmiştir ve HCFC-22'ye kıyasla %7 ila 2 daha düşük COP ile aynı veya ± 5 aralığında hacimsel kapasite gösteren sonuçlar alınmıştır (Schultz, 2013). Birçok düşük GWP'li HFC karışımı HFC-32 ve HFO-1234yf ve/veya HFO-1234ze(E) içerir ve bunların hepsi ASHRAE 34'te 2L olarak sınıflandırılan düşük yanıcı soğutucu akışkanlardır. HCFC-22 için önerilen HFC alternatif karışım seçenekleri kıyaslama referansına yakın performanslar göstermektedir. Sonuçlar, hafif optimizasyonun temel soğutucu akışkanlar seviyesinde performansa yol açabileceğini göstermektedir.

Bununla birlikte, ekipman üreticilerinin yeni ekipman tasarımında tüm bu soğutucu karışımlarının 4 ila 7 K arasında değişen sıcaklık kaymalarına sahip olduğunu dikkate alması gerekir.

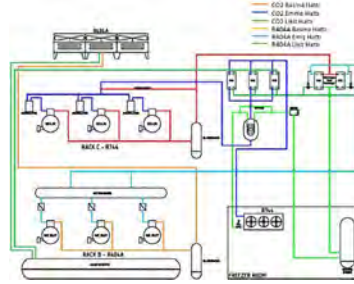
Amonyak: R717, maliyet ve güvenlik sorunları nedeniyle bu sistemlerde fazla kullanılmamaktadır. Ancak sistemin alçak kademesinde CO_2 bulunan kaskad sistemlerde kullanılır.

CO_2 : Karbondioksitli kondenser üniteleri daha çok Kuzey Avrupa ve Japonya'da satılmaktadır. Pazar yaygınlığı düşüktür ancak artmaktadır. R744 kondenser üniteleri, yüksek ortam sıcaklıklarının sıklıkla meydana gelmesi durumunda çift kademeli bir tasarım gerektirir. Tek kademeli sistemler soğuk iklimler için tasarlanmıştır.



Şekil 2.18: Örnek bir kritik üstü CO_2 soğutma sistemi şeması (Kaynak: www.bdonline.co.uk)

Çift kademeli bir sistemin ek maliyeti, olağan HFC referans kondenser üniteleriyle karşılaştırıldığında önemli düzeydedir. Maliyet, belirli bölgelerde R744 kondenser üniteleri için ana kısıtlayıcı unsur olmaya devam etmektedir, ancak artan üretim kapasiteleri ve mali teşvikler ile bu engelin yakında aşılması beklenmektedir.



Şekil 2.19: Örnek bir R404A/R744 kaskad soğutma sistemi şeması (Kaynak: www.bdonline.co.uk)

Hidrokarbonlar: Avrupa’da HC-290 veya HC-1270 kullanan yüzlerce indirekt kondenser ünitesi, çoğu düşük şarj tarafında olmak üzere 1 ila 20 kg arasında değişen tipik soğutucu akışkan şarjları ile iyi enerji verimliliği ile çalışmaktadır.

100 W ila 10 kW (1.4 kg’a kadar şarj) gücündeki doğrudan genişlemeli kondenser üniteleri, HC-600a ve HC-290 ile çalışan büyük üreticilerden ticari olarak temin edilebilir ve -40°C’den 0°C’ye kadar sıcaklıklara uygundur. Bu HC bazlı sistemlerin maliyetleri, yangıcılığın azaltılması için gereken güvenlik önlemleri nedeniyle HFC sistemlerinden %15’e kadar daha yüksek olabilir.

3.2.3 Merkezi süpermarket sistemleri

Merkezi sistemler orta ve büyük ölçekli süpermarketlerde tercih edilen seçenektir, çünkü genellikle plug-in sistemlerden ve kondenser ünitelerinden daha iyi enerji verimliliği sağlarlar. Bunun başlıca nedeni, kompresör verimliliğinin plug-in sistemlerde kullanılan küçük kompresörlere (%40-50 aralığında) kıyasla büyük kompresörler için (%60-70 aralığında) daha yüksek olmasıdır. Merkezi soğutma sistemli süpermarketlerin satış alanı 400 m² ile büyük süpermarketler için 20,000 m² arasında değişmektedir.

Genel olarak, büyük süpermarketler için referans tasarım, iki farklı evaporasyon sıcaklığında (örneğin -10 °C ± 4°C ve -32 °C ± 4°C) çalışabilen çoklu kompresörlü DX merkezi bir sistemdir. Orta ve büyük ölçekli süpermarketler için çeşitli soğutma sistemi tasarımları mevcuttur. Bu tasarımların soğutucu akışkan seçimleri, soğutucu akışkan envanterleri ve enerji verimliliği üzerinde etkisi vardır. Geleneksel olarak, bir makine odasına kurulan, genellikle DX soğutma sistemlerinde HCFC veya HFC kullanan çoklu kompresörle çalışırlar. Tipik olarak bu kompresörler, bir dizi farklı evaporatöre sıvı soğutucu akışkan sağlayan ortak bir kondenser ile çalışır. Sistem tarafından soğutulacak yerler arasında soğutmalı tezgahlar, soğutmalı raflar, dondurucu adaları, orta ve düşük sıcaklıktaki muhafaza odaları yer almaktadır. Tüm dolaplar/evaporatörler tek bir sistemdeki tüm kompresörlere bağlı olduğundan, kullanılan HFC miktarları oldukça yüksek olabilir (hipermarketler için 3,000 kg’a kadar çıkmaktadır). Bu duruma örnek olarak aşırı titreşim nedeniyle boru kırılması gibi bileşen arızaları durumunda yüksek emisyonlar ortaya çıkabilir. İlaveeten, büyük sistemlerin çok sayıda

bağlantı noktası sık sık sızıntıya eğilimlidir (özellikle mekanik bağlantılar), bu nedenle bu tür sistemler genellikle %15 (Schwarz ve diğerleri, 2011) veya daha yüksek, tipik olarak %25 oranında soğutucu akışkan sızıntı oranlarına sahiptir. Soğutucu akışkan emisyonlarını sınırlandırmak amacıyla bazı ticari şirketler önemli çaba sarf etmektedir. Almanya'da yıllık emisyon oranlarını %10'un altına düşürebilen başarılı örnekler bulunmaktadır (Kauffeld, 2013).

Piyasada sunulan farklı merkezi çoklu kompresörlü soğutma sistemleri aşağıdakilerle göre kategorize edilebilir;

- **Soğutucu akışkanların seçimi;** HCFC veya HFC, Hidrokarbon (HC), Amonyak (R717), Karbondioksit (R744).

- **Soğutucu akışkan dağıtım tipi;** DX veya bir ısı transfer sıvısı (HTF) aracılığıyla indirekt olarak; HTF tek fazlı sıvı (çoğunlukla orta sıcaklıklar, MT-Medium Temperature, için kullanılır), eriyen buz bulamacı (yalnızca MT) veya buharlaşan karbondioksit (MT ve LT) şeklinde olabilmektedir.

- **Kondenser veya gaz soğutucu (gas cooler) soğutma türü;** Hava soğutmalı, Su soğutmalı, Su bazlı ısı geri kazanımı, Hava bazlı ısı geri kazanımı.

Çoğu sistemde ayrı MT (Medium Temperature) ve LT (Low Temperature) sistemleri bulunur. Ancak özellikle R744 ile çalışan sistemler MT ve LT'yi tek bir bileşik sistemde birleştirir. Güvenlik ve teknoloji nedenleriyle, tüm kombinasyonlar mantıklı veya kabul edilebilir değildir. Örneğin amonyak yüksek zehirliliği nedeniyle müşteri alanının dışında tutulur ve bu nedenle bir süpermarketin satış alanındaki DX sistemlerde asla kullanılmaz. Ancak amonyak dolaylı bir süpermarket soğutma sisteminde yüksek verimli bir soğutucu akışkan olarak güvenle kullanılabilir.

DX sistemlerin evaporatörü, uygulama içinde (yani soğuk oda veya kabin içinde) bulunur. Kondenserler bina içindeki veya bina dışındaki hava soğutmalı makine dairelerine yerleştirilebilir. Kondenslerden geri kazanılan ısı, oda veya musluk suyu ısıtması için kullanılabilir. DX sistemler süpermarketler için piyasada hâkim olan teknolojidir. Bu nedenle DX merkezi sistem, enerji performansları ve soğutucu akışkan dolum miktarları karşılaştırmalarında sıklıkla referans olarak kullanılır.

Yeni sistemler için soğutucu akışkanlar, özellikle Avrupa'da R404A ve R744'tür. Orta sıcaklık uygulamaları için daha az oranda HFC-134a ve Norveç gibi bazı ülkelerde R507A kullanılmaktadır. DX sistemlerde her zaman halkın girebileceği satış alanının içinde soğutucu akışkan taşıyan borular ve bileşenler bulunacaktır. Bu nedenle, soğutucu akışkan normalde düşük zehirli, yanıcı olmayan güvenlik sınıflandırmasıyla sınırlandırılacaktır.

Maliyet nedenlerinden ve teknik basitlikten dolayı, ticari merkezi sistemler genellikle düşük sıcaklık seviyesi (-35°C ile -38°C) için bile tek bir sıkıştırma kademesi ile tasarlanmıştır. Endüstriyel soğutmada yaygın olan iki tasarım seçeneği, kaskad ve booster sistemler, enerji verimliliğini artırmak amacıyla ticari soğutmada kullanılmaya başlanmıştır. Bunlar tüm soğutucu akışkanlar için kullanılabilir, ancak geliştirme özellikle R744 için yapılmıştır.

3.3 Endüstriyel Soğutma Sistemleri

Yeni sistemlerde kullanımına hala izin verildiği yerlerde, özellikle Madde 5 ülkelerinde, HCFC-22, R502'ye alternatif olarak hala yaygındır. Karışımların herhangi birinden daha ucuz olduğu ve genellikle daha iyi sistem verimliliği sunduğu için yerini HFC karışımları almamış-

tır. Yeni sistemlerde R502'nin yerine HCFC-22'nin en yaygın alternatifi R404A'dır, ancak daha yüksek küresel ısınma potansiyeline sahiptir ve daha az verimlidir.

R717 (Amonyak): R717'nin en büyük tehlikesi, akut toksisitesidir. Ancak keskin kokusu, düşük ve nispeten zararsız konsantrasyonların belirgin olmasını sağlar ve tehlike konusunda erken uyarı sağlar.

R717 nispeten yüksek konsantrasyonlarda yanıcıdır ancak tutuşması zordur ve bunun sonucunda R717 yangınları son derece nadirdir. Yanma ürünleri azot ve su olduğundan toksik sonuçlar doğurmaz. Alt yanıcılık sınırı %16'dır; kısa süreli maruz kalma sınırından yaklaşık 5000 kat, kokuyla algılanabilen en düşük seviyeden ise neredeyse 50,000 kat daha yüksektir.

R717 sistemleri, özellikle yüksek yoğunlaşma sıcaklıklarında çok yüksek verimlilik için tasarlanabilir, bu nedenle hava soğutmalı kondenserleri olan ve yaklaşık 50 °C'de yoğunlaşan daha küçük sistemlerde daha sık kullanılmaktadır (IIR, 2008). R717'nin sıkıştırılması çoğu florokarbonla karşılaştırıldığında nispeten yüksek kompresör basma sıcaklıkları üretir, ancak yağ enjeksiyonlu vidalı kompresörler kullanılırsa sıkıştırma ısısı yağın soğutulmasıyla giderilebilir. R717 ayrıca nispeten yüksek ısı transfer katsayıları üretir ve yüksek gizli ısı nedeniyle düşük kütle akışı gerektirir. 133°C'lik yüksek kritik sıcaklık R717'yi yüksek sıcaklıklı ısı pompaları için çok uygun hale getirir. Endüstriyel dondurucular için nispeten yüksek bir sıcaklık olan -33°C'de atmosferik basınçtır. Bu, birçok dondurucunun atmosfer altı basınçta çalıştığı anlamına gelir. Bu nedenle, eğer alçak basınç tarafında basınç sızdırmaz değilse, hava ve nem sisteme çekilir. Bu talihsiz sonuç genel olarak tolere edilir, çünkü nem amonyak sıvısında çözünür. Bu nedenle anında güvenilmezliğe neden olmaz ve sistem çalışırken hem hava hem de su nispeten kolay bir şekilde sistemden uzaklaştırılabilir. Ancak aşırı su birikmesi, sonuçta çalışma verimliliğini olumsuz yönde etkileyecek ve dolayısıyla elektrik tüketimini artıracaktır. Bu nedenle sistem kontaminasyonu düzeltilmeden bırakılmamalıdır (Nielsen, 2000).

Hidroflorokarbonlar: İlk HFC soğutucu akışkanları, özellikle de HFC-134a, 1980'lerin sonlarında CFC-12'nin yerini almak üzere piyasaya sürüldüğünde, endüstriyel pazardaki en yaygın CFC karışımı olan R502'nin bariz bir halefi yoktu. Bu, tek kademeli sıkıştırma yapan cihazların aşırı basma sıcaklıkları olmaksızın düşük sıcaklık uygulamalarında kullanılmasını sağlamak için uygulamaya konmuştur. R502'nin CFC-115 içermesi nedeniyle artık kullanılamayacağı netleştğinde, çoğu sistem tasarımcısı ya HCFC-22 ya da R717'yi kullanmıştır. Bunların her ikisi de daha yüksek basma sıcaklıkları üretmiş ve bu nedenle dondurucu uygulamaları için ilave soğutma veya iki kademeli sıkıştırma gerektirmiştir.

Doymuş hidroflorokarbonlar, HFC-134a ve HFC-125 gibi akışkanları ve belirli uygulamalar için özel avantajlar sağlamak üzere karıştırılmış akışkan karışımlarını içerir. HFC-134a küçük ve yüksek sıcaklıkta çalışan sistemlerde kullanılır; -26 °C'de atmosferik basınçtır ve R717'den daha büyük kompresörler gerektirir. Atmosfer altı çalışma HFC'lerde daha az yaygındır çünkü nem kalıntıları donarak genleşme valfini tıkayabilir.

HFC-134a ayrıca bölgesel ısıtma için kullanılan bazı çok büyük sistemler de dahil olmak üzere santrifüj kompresörlerde de yaygın olarak kullanılmaktadır. Bölgesel ısıtmada HFC-134a'ya alternatif olarak doymamış HFO-1234ze(E) kullanan bir sistem Norveç'te test edilmiştir (Nørstebø, 2013).

Endüstriyel sistemlerde kullanım için HCFC-22'nin tek bir akışkan alternatifi yoktur.

HFC-125 yaklaşık olarak doğru basınç sıcaklık ilişkisine sahiptir, ancak 66 °C gibi son derece düşük bir kritik sıcaklığı vardır. Bu nedenle kondenzasyon sıcaklığı çok düşük olmadığı sürece endüstriyel sistemlerde kullanıldığında son derece verimsiz olacaktır. En popüler kullanım yöntemi, birçok harmanlanmış soğutucu akışkanın bir bileşeni şeklindedir. Fiziksel özelliklerindeki eksiklikler karışımın diğer bileşenlerinin dikkatli bir şekilde seçilmesiyle telafi edilebilir. Endüstriyel sektörde kullanılan en yaygın karışımlar, esas olarak HFC-125 ve HFC-143a'nın karışımları olan R404A ve R507A'dır. İkincisi daha yüksek bir kritik sıcaklık sağlar ve dolayısıyla verimlilik artar. Birçok endüstriyel sistem, soğutucu akışkanın bir havuzda kaynadığı, taşmalı (flooded) evaporatörler kullanır. Zeotropik karışımlar (buharlaşıma sırasında sıcaklık kayması olan) bu sistemlerde uygun değildir, çünkü karışım bileşenleri fraksiyonlara ayrılabilir. Dolayısıyla R407C ve R417A gibi ikame karışımlar endüstriyel sektörde pek kullanılmamıştır.

R410A'nın atmosferik basınçta düşük kaynama noktasına (-51.4 °C), çok düşük kaymaya (-40°C'de 0.2K'den az) ve R404A ile neredeyse aynı kritik sıcaklığa sahip olması nedeniyle endüstriyel sistemlerde daha yaygın olarak kullanılmaması şaşırtıcıdır. R410A için gereken kompresör süpürme hacmi, R404A'ya göre yaklaşık %30 daha azdır. Bu nedenle, çalışma basınçları daha yüksek olmasına rağmen montajlanacak borular da dahil olmak üzere ekipman maliyetleri daha az olmalıdır. Kullanımının önündeki ana engel, özellikle R717 ve R744 ile karşılaştırıldığında soğutucu akışkanın yüksek fiyatıdır. Bir sistemdeki soğutucu akışkan envanteri ton cinsinden olduğunda, şarjın maliyeti, kurulumun toplam maliyetinin önemli bir parçası olabilir. Bu nedenle tipik kurulumlar düşük kapasiteli ve düşük sıcaklık uygulamalarıdır. Örneğin kan dondurma ve küçük farmasötik sistemler. Tutuşabilirlik sınıfı 2L olan soğutucu akışkanların (yanma hızı 10 cm s⁻¹'den az olan ve bu nedenle patlamayanlar) kullanımına ilişkin kuralların ve kılavuzların getirilmesi, endüstriyel sistemlerde R717'ye alternatif olarak HFC-32 kullanımının artmasına neden olabilir.

HFO-1234yf ve HFC-1243ze gibi doymamış hidroflorokarbonlar bugüne kadar endüstriyel sistemlerde kullanılmamıştır. Düşük küresel ısınma potansiyeli, bunların R717 ve R744'e uygun bir alternatif olabileceği izlenimini verebilir, ancak yanıcı olma dezavantajıyla birlikte R410A'dan daha pahalı olmaları da çok muhtemeldir. Bu nedenle, bu kimyasal ailesinden hiçbirinin (fiyatını veya yanıcılığını azaltmak için diğer bileşiklerle karıştırılsa bile) endüstriyel sektörde önemli bir pazara nüfuz etmesi muhtemel değildir. HFO-1234ze(E)'nin HFC-134a'ya alternatif sağlayabileceği endüstriyel soğutucular ve ısı pompalarına yönelik santrifüj kompresörlerde bir istisna bulunabilir (Nørstebø, 2013). Doymamış HFO-1336mzz(Z) ve doymamış HFO-1233zd(E) de santrifüj kompresörlü ısı pompalarında, özellikle çok büyük sistemlerde uygun olabilir.

Hidrokarbonlar: Hidrokarbonlar, örneğin bir petrokimya tesisinde olduğu gibi, sızan soğutucu akışkanın tutuşmamasını sağlamak için ek güvenlik önlemlerinin gerekli olduğu durumlar dışında endüstriyel soğutmada yaygın olarak kullanılmaz. Mükemmel verimlilik ve çoğu malzeme ve yağlayıcıyla uyumluluk sunarlar. Ancak tutuşmayı önlemek için gereken önlemler, tüm sistem maliyeti karşılaştırılabilir olsa da R717 sistemleri için gerekenlerden önemli ölçüde daha pahalıdır. HC-290, çalışma sıcaklıkları ve basınçları açısından genellikle HCFC-22 ve R717'ye benzer performans gösterir ve benzer boyutta kompresörler gerektirir.

R744 (Karbondioksit): R744 diğer endüstriyel soğutucularla tam olarak aynı şekilde kullanılamaz. 31°C'lik düşük kritik sıcaklık değeri nedeniyle, kaskad sistemde daha yüksek sıcak-

lıktaki bir soğutucu akışkanla eşleştirilmesi veya kritik üstü bir sistemde kullanılması gerekir. Kritik üstü sistemler ticari ve küçük sistemlerde kullanılmaktadır. Danimarka'da 1500kW kurulu güce sahip orta ölçekli bir dağıtım merkezi, birden fazla ticari boyutlu kompresör kullanılarak 2008 yılından bu yana faaliyet göstermektedir (Madsen, 2009).

R744 özellikle dondurucu sistemlerde kullanım için uygundur çünkü -56oC'ye kadar pozitif basınçta sıvıdır ve gaz son derece yoğundur, bu da çok yüksek ısı transferi oranları sağlar. Basınç düşüşü özellikleri de düşük sıcaklıklarda çok uygundur. Bu nedenle R744 dondurucu sistemlerinin diğer alternatiflerden, hatta R717'den bile önemli ölçüde daha verimli olduğu bulunmuştur (Pearson, 2009). Soğuk depolama gibi biraz daha yüksek sıcaklıktaki uygulamalarda, R744 kaskad sistemlerin çift kademeli R717'den biraz daha az verimli olması muhtemeldir. Ancak yine de tek kademeli ekonomizerli sistemle aynı düzeydedir ve R744'ün glükol, tuzlu su veya diğer ısı transfer akışkanlarına kıyasla çok daha düşük pompalama maliyeti nedeniyle, ikincil akışkan kullanan herhangi bir sistemden daha verimlidir (ASHRAE, 2010).

IT soğutma gibi daha yüksek sıcaklık uygulamalarında, R744, elektriksel olarak iletken olmaması, küçük bir sızıntı durumunda kumaşa zarar vermemesi ve daha küçük ısı eşanjörlerinin kullanılmasına olanak sağlaması nedeniyle soğutulmuş suya alternatif olarak caziptir. Bu sistemlerdeki en büyük zorluk çalışma basıncının yaklaşık 50 bar olmasıdır.

R718 (Su): Genel olarak R718 çoğu endüstriyel uygulama için uygun değildir çünkü üçlü noktası 0 °C'nin çok az üzerindedir ve çok yüksek gizli ısıya rağmen tipik bir soğutma görevi için gereken süpürme hacmi son derece yüksektir. Birkaç dikkate değer istisna vardır: R718, üçlü noktada katı ve sıvı su karışımı (ice slurry) oluşturmak için bir vakum sisteminin kullanıldığı birkaç maden soğutma projesinde kullanılmıştır. Benzer sistemler büyük plastik kalıplama soğutucuları için de kullanılmış ancak bu sistemler henüz tam olarak ticarileştirilmemiştir.

Absorbsiyon sistemleri: Su-amonyak kullanan absorbsiyon sistemleri düşük sıcaklık uygulamaları için kullanılabilir ve soğuk depolama sıcaklıklarına kolayca ulaşabilir. Bunun nedeni amonyağın soğutucu akışkan, suyun ise absorban madde olarak kullanılmasıdır. Su-lityum bromür (LiBr) sistemleri sadece donma noktasının üzerinde kullanılabilir çünkü su soğutucu, LiBr ise absorban maddedir. Absorbsiyon sistemleri sadece sistemi çalıştırmak için yüksek sıcaklıkta bol miktarda ısı kaynağı varsa etkilidir. Bir absorbsiyon sisteminin rejeneratörünü çalıştırmak amacıyla fosil yakıt yakmak normalde ekonomik değildir, özellikle de düşük sıcaklıklı sistemlerde, çünkü ısı atma tesisi eşdeğer görevdeki elektrikle çalışan buhar sıkıştırma sistemine göre önemli ölçüde daha büyüktür.

Absorbsiyon sistemleri öncelikle sistemi harekete geçirmek için atık ısının kolaylıkla temin edilebildiği gıda, içecek, kimya ve ilaç fabrikalarında proses soğutması için kullanılır. Elektrik sıkıntısı çeken veya elektrik arzı güvenilmez olan ülkeler endüstriyel soğutmada doğrudan ateşlemeli chiller üniteleri kullanmaktadır. Örnekler Hindistan, Pakistan, Bangladeş ve Çin'dedir. Bu üniteler genellikle akaryakıt veya gaz yakıtlı ünitelerdir. Yerel ve yerinde elektrik üretiminin kullanılması ve atık ısı kaynağı sağlanması, gıda sektöründe artış göstermektedir. Bu durum özellikle gıda üretiminin arttığı, ancak elektrik altyapısının hâlâ nispeten güvenilmez olduğu Hindistan ve Çin gibi gelişmekte olan ülkelerde dikkat çekmektedir. Bu durumlarda, soğutma normalde bir buhar sıkıştırma tesisiyle sağlanır ancak, jeneratör çalışırken soğutma kapasitesini artırmak için bir miktar absorpsiyonlu soğutma mevcuttur. Doğal gaz boru altyapısının mevcut olduğu ve gaz fiyatlarının elektrığe göre

makul olduğu ülkelerde, endüstriyel uygulamalara yönelik soğuk su üretmek için doğrudan ateşlemeli chiller üniteleri kullanılmaktadır. Bunlar normalde çift etkili ünitelerdir. Dolaylı ateşlemeli absorpsiyon üniteleri öncelikle yaz aylarında kazan kapasitesinin fazla olduğu ve kojenerasyon uygulamasıyla buhar veya sıcak su üretilen uygulamalarda kullanılır. Bu üniteler normalde tek etkilidir ve 90°C ila 120°C arasındaki su veya buhar sıcaklıklarında ateşlenir. Bu birimlerin verimliliği buhar absorpsiyonuyla karşılaştırılır. Lityum Bromür-su chiller ünitelerinin tümü su soğutmalıdır.

3.4 Soğuk Taşımacılık

3.4.1 Çok amaçlı (intermodal) konteynerler ve karayolu araçları

Hidrokarbonlar: Hidrokarbonlar yüksek enerji verimliliğine yol açan üstün termodinamik özellikler sunarken, soğutucu akışkanın kutunun içine sızması ve diğer arıza senaryoları, bu soğutucu akışkanlar yanıcı olduğundan bir güvenlik sorunu teşkil etmektedir.

Nakliye soğutması için geçerli özel güvenlik standartlarının bulunmaması nedeniyle, tasarım genellikle ISO 5149 (ISO, 2014a) veya EN 378 (2008) gibi bitişik uygulamalara yönelik güvenlik standartlarına dayanır. Örneğin, kapsamına göre, ISO 5149 (ISO, 2014a) nakliye soğutmasını kapsamaktadır ancak bahsedilen tüm uygulamalar için ayrıntılı güvenli tasarım ve işletim açıklanmamıştır (König, 2013a). Çoğu standart maksimum şarj ve güvenlik faktörüyle birlikte “alt yanıcılık sınırı” kavramına dayanır. Geleneksel bir nakliye soğutma ünitesi konseptinde günümüzün tipik şarj seviyelerine kıyasla önemli bir şarj azalması varsayılabilir, kutunun içindeki sızıntı kaçınılmaz olarak yanıcılık sınırının üzerinde konsantrasyonlara yol açacaktır.

Mevcut standartların belirlediği eşiklerin üzerinde, daha yüksek miktarda soğutucu akışkan şarjının kullanılması güvenli sistem tasarımı ve güvenli operasyonları kapsayan hükümlerin benimsenmesini gerektirecektir. Daha yüksek miktarlarda şarja, yalnızca sızıntı ve tutuşma kaynaklarının varlığı durumunda soğutucu akışkan konsantrasyonlarını sınırlamak için özel önlemler alındığında izin verilebilir. Bu tür özel tedbirlerin gerekçelendirilmesi için, öngörülebilir tüm kullanımları kapsayacak şekilde bir risk analizi yapılacaktır (König, 2013a). Bütün bunlar karmaşıklığı artırabilir ve üreticilerin dikkate alması gereken ek bir risk ortaya çıkarabilir.

Önlemler, soğutucu dedektörleri ve alarm sistemleriyle birlikte havalandırma ve kapatma vanalarını içerebilir. Havalandırma patlamaya dayanıklı fanlar, sensörler vb. kullanılarak gerçekleştirilebilir. Ya da alternatif olarak, yanıcı soğutucu akışkan ayrı bir devrede izole edilebilir ve kargo kutusunun dışına yerleştirilebilir. Kargo kutusunun içinde soğutma sağlamak için ikincil bir sıvı kullanılabilir. Yukarıdaki önlemler ya yanıcılık riskini tamamen ortadan kaldırmaz, ya sistemi çok karmaşık hale getirir ya da güç tüketimini artırır.

HC-290 ve HC-1270 kullanan DX soğutma üniteleri bugüne kadar İngiltere ve Almanya’da az sayıda kamyonla test edilmiştir. Avrupalı bir üretici, HC-1270 ile çalışan bir karayolu taşıt sistemi geliştirmiş; güvenlik sorunları eksiz bir evaporatör ve bir dedektör sisteminin kurulmasıyla giderilmiştir.

Özetle, yanıcı soğutucu akışkanların nakliye soğutmasında kullanımına ilişkin özel araştırmalar devam etmelidir, ancak (bugün olduğu gibi) bunların kullanımı büyük olasılıkla sistemin karmaşıklığını artıracak ve/veya dolaylı sistem olması durumunda verimliliğini düşürebilecek güvenlik önlemlerinin uygulanmasını gerektirecektir.

R744: R744, HFC soğutucu akışkanlarına umut verici bir alternatiftir ve soğuk taşımacılık yaygın kullanımı ancak R744 kullanan sistemler, şu anda HFC soğutucu akışkanları kullanan sistemlerden elde edilen verimle karşılaştırılabilir bir verim sergileyebildiğinde mümkün olacaktır.

R744 bir rönesans geçirmektedir ve soğuk taşımacılık teknolojisi ve öğrenim süreci başlangıç aşamasındadır. Tüm büyük üreticiler ticari fuarlarda R744'lü ünitelerin konseptlerini sergilemiş veya araştırma yayınları yoluyla R744 çözümlerine ilgi göstermişlerdir. Bir üretici, intermodal konteyner ünitesini dünya çapındaki müşterileriyle test etmiş ve bu üniteyi pazara sunmaktadır. İngiltere'deki bir süpermarket zinciri 2013 yılından bu yana intermodal konteyner sisteminin modifiye edilmiş bir versiyonu ile donatılmış bir kentsel dağıtım römorku ile deneme yürütmektedir.

R744 kullanan sistemler, düşük-orta ortam sıcaklığı koşullarında HFC soğutucu akışkan kullanan sistemlerden daha verimlidir. Aynı ortam sıcaklığında, R744 kullanan sistemler soğutulmuş nakliye için daha verimli, donmuş nakliye için ise HFC soğutucu akışkan kullanan sistemlere göre daha az verimlidir.

R744 genel olarak çift kademeli sıkıştırma gerektirir. R744 açık tip kompresörler nakliye soğutma basıncı aralığında teknolojik zorluklara sahiptir ve günümüzde kullanımı mevcut değildir. Öte yandan, yarı hermetik pistonlu kompresörler günümüzde mevcuttur ve spiral kompresörler gelecekte yaygın hale gelecektir. Bu durum, açık tip kompresör ve spiral teknolojilerinin kullanıldığı alt segmentlerde (örneğin araçla çalışan kamyon soğutma sistemleri) R744 uygulamasını şimdilik olumsuz etkileyebilir.

HFC soğutucu akışkanlar: Soğutucu akışkan üreticileri, birçoğu günümüzün standart R404A veya HFC-134a sistemlerinden beklenen soğutma kapasitesi, güç tüketimi ve “pull-down” potansiyeline sahip olan düşük GWP'li HFC alternatifleri geliştirmektedir. Bu soğutucu akışkanların yanıcılığı, soğuk taşımacılık kullanımlarıyla ilgili en önemli endişelerden biridir ve yukarıda hidrokarbonların kullanımı için açıklanan güvenlik ilkelerinin aynısının soğuk taşımacılıkta da karşılanması gerekir (UNC, 2011). Şu anda yanıcı olmayan, çok düşük GWP'li (GWP 150'nin altında) HFC adayı bulunmamaktadır.

Genel olarak, bu karışımların her birinin daha çevre dostu alternatiflere doğru ilerlemede bir rol oynaması muhtemeldir.

Soğuk taşımacılıkta daha yüksek küresel ısınma potansiyeli seviyesi nedeniyle dikkatlerin çoğu şu anda R404A'ya odaklanmış olsa da HFC-134a'ya alternatif / iyileştirme olarak birkaç yanıcı olmayan, daha düşük küresel ısınma potansiyelli karışım da geliştirilmiştir. Küresel ısınma potansiyeli 600-700 aralığında olup, HFC-134a'dan yaklaşık %50 daha düşüktür.

Kriyojenik sistemler: Sıvı azot veya karbondioksit açık soğutma sistemleri, dizel motorlu soğutmanın ortadan kaldırılması nedeniyle düşük gürültü seviyeleri ve düşük hava kirleticisi madde emisyonları gerektirir. Bu, kullanım aşamasında daha düşük sera gazı (GHG) emisyonlarına ek olarak yerel ölçekte faydalar sağlayabilir ve bu nedenle yoğun nüfuslu alanlar için önemlidir. Ancak sıvılaştırılmış gazların üretilmesi için gereken enerji büyüktür ve bu nedenle üretim sırasında fosil yakıtlar kullanılırsa sera gazı emisyonları da orantılı olarak artacaktır. Sera gazı emisyonlarını azaltmaya yönelik diğer seçenekler, sıvılaştırılmış gazların üretiminde pik dışı nükleer veya rüzgâr enerjisi gibi alternatif enerji kaynaklarının kullanılması veya azot söz konusu olduğunda bunun oksijen üretiminin bir yan ürünü olmasını sağ-

lamak olabilir. Şu anda geliştirilmekte olan teknolojiler arasında sıvı azotun genleşmesinden mekanik enerjinin geri kazanılmasına yönelik sistemler yer alıyor ve bu da potansiyel olarak düşük GWP'li azot ekonomisine yol açıyor.

Kriyojenik sistemlerin kullanımı, sıvılaştırılmış gaz şarj istasyonlarının mevcudiyetine göre belirlenmeye devam edecektir (bazı bölgelerde sıvılaştırılmış doğal gaz veya LNG ile bir paralellik görülebilir). Kriyojenik sistemler, mevcut olduğu durumlarda, duruma göre gelecekteki dizel motorlu kamyon ve treylerlere bir alternatif sağlayabilir.

Ötektik sistemler: Ötektik sistemlerin gelecekte bir çözüm olarak sunulduğu ve sunulmaya devam edeceği sınırlı sayıda ancak oldukça önemli uygulamaları bulunmaktadır: Belirli bir kargoya ayrılmış, öngörülebilir ve tekrar eden bir görev döngüsüne sahip küçük kamyonetler örnek olarak verilebilir. Ayrıca ötektikler, sıcaklık kontrolünün hassasiyetinin toplam yakıt ve sistem maliyetine kıyasla daha az önemli olduğu gelişmekte olan ülkelerdeki bazı uygulamalarda önemli bir çözüm olmaya devam edecektir.

Ötektik teknolojisi de ilerlemektedir ve bazı üreticiler yüksek kapasite/ağırlık oranı sunan yeni “faz değişim” malzemeleri geliştirmektedir.

3.4.2 Gemiler

HFC-134a, yeni gemilerde soğutmayı sağlamak için HCFC-22'ye en sık kullanılan alternatif olmuştur. Diğer sektörlerde de yaygınlaştığından dolayı, yeni gemiler ayrıca iklimlendirme için R407C veya R407F'yi de kullanabilir. R717 ile kademeli olarak R744, -50 °C'ye kadar dondurmak için kullanılır (kargo olarak çoğunlukla balık).

Bazı tersaneler Madde 5 ülkelerindeki küçük balıkçı gemileri için HCFC-22 kullanmaktadır, ancak uluslararası ticari gemiler için kullanılmamaktadır.

Büyük endüstriyel sistemler, mantıklı olduğu durumlarda R717 veya R744 kullanabilir. R717 sistemleri yolcu taşımayan, sadece profesyonel mürettebat taşıyan gemilerle (toksikite nedeniyle) ve nispeten yüksek soğutma kapasitesine sahip gemilerle sınırlıdır. Bu da onu büyük balıkçı gemileri için uygun hale getirmektedir.

R744, soğutucu akışkan olarak kompresörlerle (kaskatın ikinci kademesi) veya pompalar tarafından sirküle edilen ikincil soğutucu akışkan olarak kullanılmıştır. İkinci kademede kullanıldığında -10 ile -50 °C arasındaki sıcaklık aralığını kapsayabilir. İlk aşamada HFC'ler veya R717 kullanılır. Ayrıca, R744 Soğutulmuş Deniz Suyu (RSW, Refrigerated Sea Water) sistemleri geliştirilmiş olup, devre dışı bırakılacak HCFC-22 sistemlerinin yerine kullanılabilir. Yine, bu sistemler balıkçılık endüstrisi ile sınırlıdır.

Kruvaziyer gemilerinde çoğunlukla HFC-134a'lı soğutucular kullanılmaktadır ve yolcuların güvenliği nedeniyle mümkün olduğu kadar bu şekilde devam edecekleri öngörülmüyor. 2014 yılında büyük bir üretici, HFC-134a'ya alternatif bir teknoloji olarak HFO-1233zd(E) kullanan 50 Hz su soğutmalı santrifüj soğutma grubunu piyasaya sürmüştür.

Ticari gemiler ve açık deniz işletmeleri için, filonun çoğunda zaten Bölge 1 veya 2 mevcut olduğundan, HC-290'ın HCFC'ler ve HFC'lerin yerini alma potansiyeli vardır. HC-290, iklimlendirme ve tedarik tesisleri için kullanılabilir, ancak çoğu sistem ısı transfer sıvısı (HTF) kullanan dolaylı ikincil sistemler olacaktır.

3.5 Hava Soğutmalı Klimalar ve Isı Pompaları

Her ne kadar önceleri sadece HFC-134a, klima sistemlerinde ticari olarak sınırlı ölçüde kullanılan tek bileşenli HFC ise de bazı yeni tek bileşenli HFC soğutucu akışkanlar da HCFC-22'nin yerini alacak şekilde araştırılmıştır. Son zamanlarda klimalar tek bileşenli soğutucu akışkanlar olarak HC-290 ve HFC-32 ile satışa sunulmaktadır. İklimlendirme sistemlerinde HCFC-22'nin yerini alacak bir dizi HFC karışımı ortaya çıkmıştır. HFC-32, HFC-125 ve HFC-134a'nın çeşitli bileşimleri, OTİM (Ozon Tabakasını İncelten Madde) olmayan alternatifler olarak sunulmaktadır. En yaygın kullanılan iki HFC karışımı R407C ve R410A'dır. Hem R407C hem de R410A, HCFC-22'ninkine yakın GWP değerlerine sahiptir.

Daha yakın zamanlarda, doymamış HFC'lerle (HFO-1234yf, HFO-1234ze(E), HFC-1243zf, vb. gibi) diğer ODP (Ozon Tüketme Potansiyeli, Ozone Depletion Potential) olmayan (örneğin; HFC-32, HFC-134a ve R744) soğutucu akışkanları içeren yeni, düşük ve orta GWP değerine sahip karışımlar önerilmektedir. Bu akışkanlar, halihazırda cihazlarda kullanılan HCFC-22 ve R410A gibi soğutucu akışkanların performans değerlerine yaklaşabilmek amacıyla karıştırılmaktadır (Minor, 2008, Spatz ve diğerleri, 2010). Bileşimleri nedeniyle, bu karışımların çoğu çeşitli seviyelerde sıcaklık kayması sergiler (belirli bir doyma basıncında doymuş buhar sıcaklığı ile doymuş sıvı sıcaklığı arasındaki farktır) ve çoğu durumda yanıcıdır. Üreticiler tarafından önerilen bu tür çok sayıda karışım vardır, ancak bugüne kadar çok azına R- numarası verilmiştir (her ne kadar bunun önümüzdeki yıllarda değişmesi bekleniyorsa da). Alternatif bir soğutucu akışkan seçildiğinde, buna karşılık gelen bir yağlayıcı (yani baz yağ ve uygun katkı maddeleri) seçimi de yapılmalıdır ve bu seçim kompresör teknolojisi ve sistemin beklenen çalışma koşulları aralığından da etkilenir. Belirli bir HFC ile kullanılacak yağlayıcının seçimi genellikle kapsamlı malzeme uyumluluğu ve güvenilirlik testlerinden sonra seçimi yapan kompresör üreticisi tarafından yapılır.

Orta ve düşük GWP değerine sahip çeşitli alternatifler göz önüne alındığında bunların çoğunluğunun bir dereceye kadar yanıcı olduğu görülmektedir. Yanıcı soğutucu akışkanlar seçilirse, bunlar geçmişte klimalarla ilgili güvenlik endişeleriyle ilişkilendirilmeyen tehlikeler sunmaktadır. Bir soğutucu sızıntısının tutuşması durumunda, olası sonuçlar aşırı basınç ve termal radyasyonla sonuçlanabilir ve bu da daha başka ikincil sonuçlara (ikincil yangın, parçacıklar, yüksek zehirli bozunma ürünleri, vb.) yol açabilir. Ayrıca, yanıcı maddelerden kaynaklanan sonuçlara toplumsal tolerans, diğer tehlikelere göre daha düşük olma eğilimindedir. Bu nedenle, riski azaltmak için uygun önlemlerin alınması gerekir; örneğin, sızabilecek soğutucu akışkan miktarının en aza indirilmesi veya soğutucu akışkanın ortamdan tamamen çıkarılması, risk değerlendirmesi yoluyla tutuşma olasılığının büyük ölçüde azaltılmasını sağlamak ve en azından ulusal düzenlemelerin ve/veya uygun güvenlik standartlarının (varsa) gerekliliklerini karşılamak gerekir; bu tür kurallar sürekli olarak geliştirilme aşamasındadır.

HFC-134a, hava soğutmalı sistemlerde potansiyel bir HCFC-22 alternatifi olmasına rağmen geniş bir kullanım alanı bulamamıştır, çünkü üreticiler, R407C ve 410A gibi HFC karışımlarını kullanarak önemli ölçüde daha düşük maliyetli hava soğutmalı klima sistemleri geliştirebilmişlerdir.

Bir HCFC-22 sistemiyle aynı kapasiteye ulaşmak için, HFC-134a'nın daha düşük hacimsel soğutma kapasitesini telafi etmek amacıyla kompresör hacminin yaklaşık %40 artırılması

gerekir. Benzer şekilde, HCFC-22 sistemlerine eşdeğer verimlilik ve kapasiteye ulaşmak için ekipmanın önemli ölçüde yeniden tasarlanması gerekmektedir. Bu tasarım değişiklikleri arasında daha büyük ısı eşanjörleri, daha büyük çaplı soğutucu boruları, daha büyük kompresörler ve yeniden boyutlandırılmış kompresör motorları yer alıyor.

Nadiren uygun maliyetli bir alternatif olmasına rağmen, çeşitli havadan havaya sistemler için yüksek ortam sıcaklığına maruz kalan bölgelerde yaygın olarak kullanılmaktadır.

R407C, mevcut HCFC-22 sistemlerinde yalnızca küçük değişiklikler gerektirdiğinden, orijinal olarak HCFC-22 için tasarlanmış ekipmanlarda geçiş soğutucu akışkanı olarak kullanılmıştır. Bununla birlikte, yaklaşık 2004'ten bu yana R407C sistemlerinin çoğu, boyut azaltımı ve maliyet düşüklüğü sağlamak amacıyla R410A için yeniden tasarlanmıştır. Hedef pazarın standart koşullarının 40-55°C'nin üstü gibi yüksek ortam sıcaklıkları olduğu durumlar bir istisnadır.

Şu anda Avrupa, Japonya ve Asya'nın diğer bölgelerinde R407C klima ürünleri mevcuttur. Düşük doyma basıncı nedeniyle R407C, ortam sıcaklıklarının yüksek olabildiği Orta Doğu'daki bazı üreticiler tarafından HCFC-22'ye alternatif olarak seçilmiştir. R407C ayrıca Kuzey Amerika'da, özellikle ticari uygulamalarda sınırlı kullanım görmüştür. Genel olarak, R407C'nin gelecekte iklimlendirme sektöründe, en azından standart sıcaklıkların geçerli olduğu yerlerde, yaygın olarak HCFC-22'nin yerini alma şansı çok azdır.

R407C ile yapılan performans testleri, uygun şekilde tasarlanmış klimalarda bu soğutucu akışkanın eşdeğer HCFC-22 sistemlerinin $\pm 5\%$ 'i dahilinde kapasite ve verimliliğe sahip olacağını göstermektedir (Li ve Rajewski, 2000). Linton ve arkadaşları (2000), sabit bir kapasite için R407C'nin %5-11 daha düşük soğutma COP'si ile sonuçlandığını bulmuştur.

R407C zeotropik bir karışım olduğundan, sıcaklık kayması önemlidir ancak uzun yıllara dayanan kullanım ve deneyim sayesinde üstesinden gelinebilir. Isı eşanjörlerinin ters akış tasarımı soğutucu akışkan kaymasının olumsuz etkisini azaltabilir. Bununla birlikte, tersinir ısı pompalarında, karmaşık tersinir soğutucu ısı değiştirici devresi kullanılmadıkça, soğutucu akışkan ısıtma ve soğutma modlarında zıt akış yönlerine sahip olduğundan, ters akışlı ısı değiştirici tasarımlarını kullanmak zordur.

R407C için poliolester (POE) veya polivinileter (PVE) yağlayıcılar seçilebilir. Bunlardan POE, HFC soğutucu akışkan uygulamalarında en yaygın kullanılan yağlayıcıdır. Son zamanlarda kompresör üreticilerinin kompresörlerde POE yağları kullanma eğilimi vardır, böylece sistem üreticileri hem HCFC-22 hem de R407C sistemleri için aynı kompresörü kullanabilir.

R410A, çalışma basınçları HCFC-22'den yaklaşık %50-60 daha yüksek olduğu için yeni ekipman üretiminde HCFC 22'nin yerini alabilir. Termofiziksel özellikleri nedeniyle, R410A ünitelerinin tasarımı, yerini aldıkları HCFC-22 ünitelerine göre daha kompakt olabilir. Ayrıca R410A, inverter tipi klimalarda HCFC-22'ye göre daha iyi performansa sahip olabilir.

R410A klimalar şu anda ABD, Asya ve Avrupa'da ticari olarak mevcuttur. Japonya ve Avrupa'da satılan kanalsız split ürünlerin önemli bir kısmı artık tercih edilen soğutucu akışkan olarak R 410A kullanılmaktadır.

Sistem tasarımcıları R410A'nın daha yüksek çalışma basınçlarını kompresör gövdelerinde ve basınçlı kaplarda (likit tutucu, likit tankı, filtre-kurutucu vb.) daha kalın duvarlar gibi tasarım değişiklikleriyle ele almışlardır. Buna ek olarak, yağlayıcı gereksinimleri ile ilgili hususlar R407C için açıklandığı gibidir; POE veya PVE kullanılmalıdır.

GWP'ye ilişkin endişeler arttıkça, R410A yüksek değeriyle birlikte uzun vadede HCFC-22'ye göre daha az uygulanabilir bir alternatif olarak görülmeye başlandı. Diğer bir endişe ise yüksek yoğunlaşma sıcaklıklarında performansın düşmesine neden olabilecek düşük kritik sıcaklığıdır.

HFC-32, orta küresel ısınma potansiyel değeri, biraz daha yüksek kapasitesi ve benzer verimliliği nedeniyle R410A'nın yerine geçebilecek bir ürün olarak görülmektedir. Düşük yoğunluk nedeniyle spesifik soğutucu akışkan dolumu (kW soğutma kapasitesi başına) yaklaşık %10-20 daha azdır (Piao et al, 2012, Yajima et al., 2000). R410A sistemleri, HFC-32 için modifikasyonlarla ve 2L sınıfı yanıcılığı göz önüne alındığında ek güvenlik hususlarıyla yeniden tasarlanabilir, güvenli bir şekilde kullanılabilmesi için tasarım, uygulama ve servis değişiklikleri gerekecektir. Yanıcı soğutucu akışkanlarla ilgili dikkate alınması gereken bir diğer faktör, servis sırasında ve ürün ömrünün sonunda, ürünün bakımını veya geri dönüşümünü yapan kişileri korumak için soğutucu akışkan geri kazanım ve ıslah gereklilikleridir. R410A ile kullanılmıyorsa mevcut POE ve PVE yağlayıcıların HFC-32 ile karışabilirliği yetersizdir (Ota ve Araki, 2010) ve bu nedenle modifiye yağlar seçilmiştir.

HFC-32, yakın zamanda yapılan bir dizi performans değerlendirmesinde de görüldüğü gibi, birçok mini split klimada R410A ve HCFC-22 ile karşılaştırılabilir bir verimliliğe sahiptir. Barve ve Cremaschi (2012), HFC-32'yi çeşitli optimizasyon modlarıyla R410A tersinir klimada test etmiştir. Soğutma modunda COP %0 ila (-%2) oranında değişmiştir ancak +%8'e kadar daha yüksek kapasiteye sahiptir. Pham ve Rajendran (2012), bir R410A sisteminde HFC-32 ile yapılan testlerde (-%1) daha düşük COP ile yaklaşık %3 daha yüksek soğutma kapasitesi sağladığını ve ısıtma modunda kapasitenin COP'de ihmal edilebilir bir değişikliklerle yaklaşık %4 daha yüksek olduğunu bildirdi. Guo ve diğerleri tarafından üç farklı R410A ünitesi HFC-32 ile test edilmiştir (2012). Kapasite yaklaşık %5 ila %6 artarken COP (-%3) ila %0 daha düşüktür. AHRI "low GWP AREP (Alternative Refrigerants Evaluation Program)" programının bir parçası olarak HFC-32, iki tersinir ısı pompalı klimada R410A'ya karşı test edilmiştir (Crawford ve Uselton, 2012). Koşullara bağlı olarak, soğutma kapasitesi R410A'nın (-%1) ila (+%3)'ü arasında değişirken, soğutma COP'si ve ısıtma COP'si sırasıyla (-%1) ila (+%2) ve (-%6) ila (+%4) arasında değişmiştir. Daha sonraki bir raporda (Li ve By, 2012), HFC-32'nin %2 ila %4 arasında artan soğutma kapasitesine ve %1 ila %2 daha yüksek COP değerine sahip olduğu gösterilmiştir. Piao ve diğerleri (2012), R410A sistemine kıyasla split klimada %4 daha yüksek soğutma COP'si ve %1 daha yüksek ısıtma COP'si bulmuşlardır. Yajima ve diğerleri (2000) ticari bir split sistemde %10 daha yüksek soğutma COP'si ve %7 daha yüksek ısıtma COP'si rapor etmiştir.

2014 yılında HFC-32 sistemleri Japonya, Avrupa, Hindistan ve Avustralya'da pazara sunulmuştur. Bir Japon üretici, kurulu birkaç milyon split tip ünite olmasına rağmen şu ana kadar herhangi bir olayın yaşanmadığını bildirmiştir.

HFC-152a, HFC-134a'ya benzer performans özelliklerinin yanı sıra %10 daha düşük buhar basıncı ve hacimsel soğutma kapasitesine sahiptir. Bu nedenle, HFC-134a için tarif edilene benzer şekilde, mevcut HCFC-22 sistemlerinin önemli ölçüde yeniden tasarlanması gerekecektir. HFC-152a'nın uygulanması, sistemlerin sınıf 2 yanıcılığının yanı sıra servis sırasında ve kullanım ömrü sonunda geri kazanım ve ıslah gereklilikleri dikkate alınarak tasarımını, üretimini ve kurulumunu gerektirir.

HFC-152a'nın klima sistemlerinde ticarileştirilmesi olası değildir, çünkü düşük hacimsel soğutma kapasitesi yanıcılıkla başa çıkmak için gereken hususlara ek olarak bir HCFC-22 sistemine göre artan maliyetler anlamına gelir.

HFC-161 de iklimlendirme sistemlerinde HCFC-22'nin yerine kullanılmak üzere değerlendirilmektedir. HCFC-22 ile benzer termodinamik özelliklere sahiptir ve yanıcıdır. Bu nedenle sistemlerin buna göre tasarlanması, üretilmesi, kurulması ve ayrıca servis sırasında ve kullanım ömrü sonunda geri kazanım ve ıslah gereksinimlerinin dikkate alınması gerekir. Potansiyel bir engel de zehirlilik sınıflandırmasının ilgili standartlar kapsamında hala belirlenmemiş olmasıdır.

Performans açısından, hacimsel soğutma kapasitesi HCFC'ye yakın olup yaklaşık %5 daha düşüktür. Verimliliği karşılaştıran testler, HFC-161'in COP değerinin HCFC-22'den yaklaşık %10 daha yüksek olduğunu ortaya koymuştur (Padalkar vd., 2011). Ayrıca soğutucu akışkan kütlesi HCFC-22 şarjının yaklaşık yarısına kadar azaltılabilir. Wu ve arkadaşları (2012b) split klimalarda yaptıkları testlerde hem soğutma hem de ısıtma kapasitesinin HCFC-22'den yaklaşık %5 daha düşük olduğunu, soğutma ve ısıtma COP'sinin ise %5-10 civarında daha yüksek olduğunu göstermiştir. Ortam sıcaklığı arttıkça (48°C'ye doğru), soğutma kapasitesindeki fark azalmış ve COP'deki iyileşme artmıştır. Basma sıcaklığı HCFC-22'ye göre sürekli olarak yaklaşık 5 °C daha düşük olmuştur. Han ve diğerleri (2012), R5410A ve HFC-32'den yaklaşık %10 – 15 daha yüksek verimlilik ölçmüşlerdir.

HFC-161 için mineral yağ veya POE kullanılabilir. HFC-161'in termal kararlılığına ilişkin bazı sorular da gündeme gelmiştir; yakın zamanda yapılan bir çalışma, yüksek sıcaklık ve basınç koşulları altında bozunabileceğini, asitler oluşturabileceğini ve dolayısıyla korozyona neden olabileceğini göstermiştir (Leck ve Hydutsky, 2013).

HFO-1234yf'nin termodinamik özellikleri HFC-134a'ya çok benzediğinden, havadan havaya sistemlerde uygulanabilirliğine ilişkin genel gözlemler daha önce belirtildiği gibidir, yani çok daha düşük hacimsel soğutma kapasitesine sahiptir ve doğrudan bu gazların yerine kullanılamaz. Kompresörlerin önemli ölçüde daha büyük bir deplasmana ihtiyacı olacaktır ve deneysel çalışmalar HCFC-22 sistemlerinden %40 daha büyük olması gerektiğini göstermektedir (Fujitaka vd., 2010; Hara vd., 2010). Ek tasarım değişiklikleri arasında ısı eşanjörü alanlarının artırılması ve daha büyük çaplı ara bağlantı boruları yer almaktadır. Bu nedenle HFC-134a'da olduğu gibi HFO-1234yf'nin de maliyet sorunları yaşaması muhtemeldir, ancak beklenen daha yüksek akışkan maliyetleri göz önüne alındığında muhtemelen daha fazla olacaktır. Saf HFO-1234yf kullanan üniter klimaların çoğu durumda ticari olarak uygulanabilir olması muhtemel olmasa da yüksek ortam sıcaklıklarının yaşandığı bölgeler gibi bazı durumlarda ilgi olabilir. Bununla birlikte, HFO-1234yf'nin klima ve soğutma uygulamalarında kullanılmak üzere soğutucu akışkan karışımlarında faydalı bir bileşen olduğu başarılı bir şekilde gösterilmiştir.

2L yanıcılık sınıflandırması göz önüne alındığında, sistemler yanıcılığının yanı sıra servis sırasında ve kullanım ömrü sonunda geri kazanım ve geri dönüşüm gereklilikleri göz önünde bulundurularak tasarlanmalı, üretilmeli ve kurulmalıdır.

HC-290, HC sistemleri ticari olarak küçük split, pencere tipi ve portatif klimalar gibi düşük şarjlı klima uygulamalarında mevcuttur. HC-290, klima uygulamalarında en sık kullanılan HC soğutucu akışkandır. HCFC-22'nin yerine kullanıldığında, HC-290 daha yüksek enerji verimliliği ve biraz daha düşük soğutma ve ısıtma kapasitesi sağlayan performans özelliklerine sahiptir.

HC-290'ın yoğunluğu daha düşük ve özgül ısısı daha yüksek olduğundan, şarj miktarı

HCFC-22'nin yaklaşık %45'i kadardır; tipik olarak yaklaşık 0.05 – 0.15 kg/kW. Ayrıca HC-290, uygun termo-fiziksel özellikleri nedeniyle kompresör basma sıcaklıklarını düşürmüş ve ısı transferini iyileştirmiştir. Kompresör üreticileri, HC kompresörlerinde hem mineral yağ bazlı hem de POE yağlayıcıların kullanıldığını belirtmektedir (Chen ve Gao, 2011, Suess, 2004, Bitzer, 2012). Ancak bunların örneğin belirli katkı maddeleri ile optimize edilmesi gerekmektedir.

HC-290 ile ilgili temel zorluk, uygulama, kurulum ve saha servisinde güvenlik endişeleri yaratan Sınıf 3 yanıcılığıdır. Avrupa ve uluslararası standartlar HC 290'nın şarjını sınırlamaktadır. Bu tür şarj miktarı sınırlamaları, uygulamanın spesifik ısı yüküne (yani kW/m²) bağlı olarak HC-290 kullanımını belirli bir verimlilik seviyesine ulaşması gereken daha küçük kapasiteli sistemlerle sınırlandırabilir; kapasite aralığını genişletmek için şarj azaltma teknikleri uygulanabilir. Şarj azaltma teknolojileri ve doğru yağ seçimi, soğutucu akışkan miktarını en aza indirmek için kullanılabilir ve bu da kapasite aralığını artırabilir. Benzer şekilde, kullanılan alana sızabilecek soğutucu akışkan miktarını kısıtlamak için kontrol stratejileri uygulanabilir ve bu da şarjın %80'ine kadarının serbest kalmasını önleyebilir (Colbourne vd., 2013). Ayrıca, sistemler (merkezi/paket gibi) iki veya daha fazla bağımsız soğutucu akışkan devresi veya yeniden ısıtma döngüsü kullanılabilir, ancak bu bir maliyet artışı anlamına gelir.

HC-1270, hem termodinamik hem de taşıma özellikleri açısından iyi bir karakteristiğe sahiptir ancak Sınıf 3 yanıcılığı bulunmaktadır. HCFC-22'ye benzer bir soğutma kapasitesine sahip olmakla birlikte (yaklaşık %4) verimliliği daha yüksektir (Lin ve diğerleri, 2010). Wu ve diğerleri (2012a), kompresörü orijinal HCFC-22 kapasitesine uyacak şekilde değiştirirken, HC-1270 ve HC-290 soğutucu akışkanlarını kullanarak split tip bir klimanın performansını ölçmüştür. Her iki soğutucu akışkan için de COP'de %1-5 arasında iyileşmeler gözlenmiştir. Chen ve diğerleri (2011, 2012) HC-290 ve HC-1270 soğutucu akışkanlarını split klimada karşılaştırmış ve soğutma kapasitesinde sırasıyla %8 ve %4'lük bir düşüşe rağmen COP'nin her zaman HCFC-22'den daha yüksek olduğunu bulmuştur. Park ve diğerleri (2010) split tip bir klimanın ısıtma modundaki performansını ölçmüş ve sonuçlar HC-1270'in kapasitesinin HCFC-22'den %3-10 daha yüksek olduğunu ve COP'nin %3 daha yüksek olduğunu göstermiştir. HC-1270 ayrıca HCFC-22'den daha düşük bir basma sıcaklığına sahiptir.

Şarj kütlesi HCFC-22'nin yaklaşık %40'ı kadardır ve HC-290 ile karşılaştırıldığında HC-1270, spesifik şarjı azaltmak için yararlı olan daha büyük bir kapasiteye sahiptir. Benzer şekilde, HC-1270'in klimalarda kullanımı için engelleyici durumlar ve yanıcılık riski HC-290 ile benzerdir.

Bazı oda iklimi üreticileri HC-1270 kullanan ürünler geliştirmektedir.

R744, düşük bir kritik sıcaklığa sahiptir, bu da havadan havaya klima uygulamalarının tipik iç ve dış hava sıcaklıklarında uygulandığında önemli verimlilik kayıplarına neden olur. Bu durum özellikle iklim etkilerinin yüksek olduğu yerlerde geçerlidir ve daha yüksek sistem maliyetlerine yol açabilir (Elbel ve Hrtnjak, 2008; Hafner vd., 2008; Johansen, 2008). R744 klima sistemleri, ısı atımı sırasında tipik olarak R744'ün kritik sıcaklığının üzerinde çalışır.

Daha sıcak iklimlerde (30 °C'den yüksek tasarım sıcaklıkları) çalışan R744 klimalar, sınıfının en iyisi HFC tabanlı tasarımlara kıyasla verimliliklere sahip olabilir (Neksa vd., 2010). 36 °C ortam sıcaklığında test edilen prototipler, en iyi R410A modellerinden %6 ile %21 arasında daha düşük COP değerlerine sahipti. Bununla birlikte, verimliliklerini artırmak için bir dizi tasarım geliştirmesi yapılabilir. R744 sistemlerinin verimliliği, R744'ün elverişli termofiziksel özelliklerinden yararlanan çok kademeli sıkıştırma, yağ ayırıcıların eklenmesi, soğutucu

akışkan ejektörlerinin ve genleştiricilerin kullanılması, çeşitli çevrimler arası ısı eşanjörleri ve çapraz akışlı ısı eşanjörleri yoluyla iyileştirilebilir (Xie vd., 2008; Wang vd., 2008; Koyama vd., 2008; Li ve Groll, 2008; Peuker ve Hrnjak, 2008; Kasayer vd., 2008). Verimlilik artırıcı bileşenlerin eklenmesi R744 sistemlerinin verimliliğini artırabilir, ancak aynı zamanda R744 sistemlerinin maliyetini de artıracaktır.

R744 sistemleri için gaz soğutucu (gas cooler) çalışma basınçları yüksektir; tipik olarak 50 bar civarında ortalama sistem basıncı ile 140 bar'a kadar çıkmaktadır (İbrahim ve Fleming, 2003). Bu yüksek basınçlarda çalışan sistemlerin gerekli hidrostatik patlama mukavemetinin yaklaşık 300 (Bosco ve Weber, 2008) ile 400 bar arasında olması gerekir.

Daha yüksek çalışma basınçları yüksek spesifik soğutma kapasitesine katkıda bulunarak boruların iç çaplarının küçülmesine ve kompresör süpürme hacminin azalmasına olanak sağlar. Daha küçük komponent çapları, R744'ün yüksek çalışma basınçlarını karşılamak için kıyaslanabilir et kalınlığı ile sonuçlanır. R744 sistemlerinin patlama basıncı gereksinimlerini karşılamak için gereken tasarım değişiklikleri de üretim maliyetlerinde artışa neden olabilir. R744 sistemlerinin yüksek maliyetinin çözülmediği takdirde, havadan havaya iklimlendirme uygulamalarında R744 teknolojisinin benimsenmesini önemli ölçüde engellemesi beklenmektedir.

Hava soğutmalı R744 klimalar yaklaşık 3 ile 300 kW arasında kapasitelerde mevcuttur. Deneysel sonuçlar, R744 sistemlerinin hem soğutma hem de ısıtma modunda ılımlı iklimler için yüksek verimli R410A sistemleriyle enerji verimliliği açısından rekabet edebileceğini göstermektedir. Ancak, iklim koşullarının yüksek etkiye sahip olduğu bölgelerde, soğutma modu sırasında kapasiteyi, verimliliği önemli ölçüde artırmak ve pik güç gereksinimlerini azaltmak için iyileştirmelere ihtiyaç vardır (Jakobsen ve ark., 2007).

R744'ün yağlayıcı içindeki çözünürlüğü, R744 kompresörlerinin karter çalışma basınçlarında nispeten yüksektir (Dorin, 2001). R744 soğutma sistemlerindeki yağlayıcı uyumluluğuna ilişkin veriler, daha fazla araştırmacı R744 kompresörleri üzerinde çalışmalar yürüttükçe genişlemektedir (Hubacher, 2002; Li ve diğerleri, 2000; Youbi-Idrissi, 2003; Muller ve Eggers, 2008). R744 sistemleri için düşünülen yağlayıcılardan bazıları POE'ler, PAO ve naftenik mineral yağ veya alkil benzen yağlayıcılardır (Youbi-Idrissi, 2003; Seeton, 2006). Yağ sirkülasyonunun R744'ün ısı transfer performansı üzerindeki zararlı etkisi nedeniyle R744 sistemlerinde bir yağ ayırıcıya ihtiyaç duyulması çok muhtemeldir (Muller ve Eggers, 2008).

R446A ve **R447A** karışımları, R410A ile benzer basınç ve kapasite özelliklerine sahiptir ve çoğu iklimlendirme türünde kullanılması uygundur. 2L sınıfı yanıcılığa sahip olduklarından, daha büyük kapasiteli sistemler için maksimum şarj sınırlıdır. Diğer yanıcı soğutucularda olduğu gibi, sistemler yanıcılığının yanı sıra servis sırasında ve kullanım ömrü sonunda geri kazanım ve ıslah gereksinimleri de dikkate alınarak tasarlanmalı, üretilmeli ve kurulmalıdır.

Verimlilik, ılıman ortam sıcaklıklarında R410A ile karşılaştırılabilir düzeydedir. R410A için kritik sıcaklık değeri olan 71°C'ye kıyasla, hem R446A hem de R447A, sırasıyla 84°C ve 83°C civarında daha yüksek kritik sıcaklık değerine sahiptir. Bu daha yüksek kritik sıcaklık, yüksek ortam sıcaklığında daha yüksek verimliliğe sahip olmalarını sağlar (Sethi, 2013).

Maliyet etkileri R410A ile karşılaştırılabilir olsa da şu anda yüksek soğutucu akışkan fiyatları nedeniyle marjinal olarak daha yüksek olacaktır.

R444B'nin kullanımı, örneğin HCFC-22 veya R407C'nin halihazırda kullanıldığı split klimalarda mümkündür. 2L sınıfı yanıcılık özelliğine sahip olduğundan uygun güvenlik stan-

dartlarına uyulmalıdır. Diğer yanıcı soğutucularda olduğu gibi sistemler, yanıcılığının yanı sıra servis sırasında ve kullanım ömrü sonunda geri kazanım ve ıslah gereksinimleri de dikkate alınarak tasarlanmalı, üretilmeli ve kurulmalıdır.

Verimlilik HCFC-22'ninkine benzerdir ve sıvı yoğunluğu şarjın HCFC-22'den yaklaşık %10-15 daha düşük olması gerektiğini gösterir. R444B, HCFC-22'ye benzer ve R410A'dan ise daha yüksek bir kritik sıcaklığa sahiptir. Bu da yüksek ortam sıcaklıklarında HCFC-22'ye benzer performans göstermesi gerektiği anlamına gelir. Ön test sonuçlarına göre R444B, HCFC-22'ye benzer kapasite ve verimlilik göstermektedir (Sethi ve diğerleri, 2014). Maliyet değerleri HCFC-22 ile karşılaştırılabilir olmalıdır, ancak muhtemelen şu anda yüksek soğutucu akışkan fiyatları nedeniyle daha yüksektir.

Alternatif teknolojiler

Geçmiş değerlendirme raporlarında, OTİM soğutucu akışkanlarının aşamalı olarak kullanımdan kaldırılması üzerinde olumlu etkisi olabilecek seçenekler olarak bir dizi potansiyel yeni teknoloji sunulmuştur. Önceki değerlendirmelerde sunulan teknolojilerden bazıları şunlardı: absorpsiyon, desikant soğutma sistemleri, stirling sistemleri, termoelektrik sistemler ve diğer birkaç termodinamik çevrim. Ancak, önceki değerlendirmeden bu yana yayınlanan literatür araştırmaları, bu teknolojilerin çoğunun hava soğutmalı klima uygulamalarında ticari olarak yaygınlaşması konusunun 1990 yılındaki ve sonraki dört değerlendirme raporundakinden farklı olmadığını sürekli olarak doğrulamaktadır. Bu nedenle, bu konu daha fazla tartışılmayacaktır.

3.6 Sıcak Su Isı Pompaları

Madde 5'in kapsamı dışında kalan ülkelerin çoğunda OTİM olmayan soğutucu akışkanlara geçiş birkaç yıl önce tamamlanmıştır. Ancak, uygun termodinamik özellikleri ve ısı pompası uygulamalarındaki yüksek verimliliği nedeniyle HCFC-22, A5 ülkelerinde yüksek ve ılıman sıcaklıktaki su ve mahal ısıtma ısı pompalarında hala kullanılmaktadır. Soğutucu akışkanları seçerken hem doğrudan hem de dolaylı iklim etkileri dikkate alınmalıdır. Isı pompaları için, fosil yakıtların değiştirilmesi ile sonuçlanan emisyonların azaltılması, sera gazı emisyonlarıyla ilgili en önemli faktör olabilir.

Yeni ısı pompaları için kullanılabilecek soğutucu gaz seçenekleri arasında; HFC-32, HFC-134a, R407C, R410A, R417A, HFO-1234yf, yeni HFC karışımları, HC-290, HC-600a, R744 ve R717 yer almaktadır.

HFC-134a ve HFC karışımları R407C, R417A, R410A: HFC-134a, R407C ve R410A, ısı pompası sistemlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır ve dünya çapında iyi bir şekilde ticarileştirilmektedir. R417A, mevcut sistemlerin yanı sıra, yeni ısı pompası uygulamalarında da kullanılır.

Bu soğutucu akışkanlar, Montreal Protokolü'nden önce HCFC-22 tüketiminin azaltılmasının başladığı ülkelerde, yüksek ve düşük sıcaklıktaki su ve alan ısıtması yapan ısı pompalarında kullanılmaktaydı. Bu soğutucu akışkanlar esas olarak Avrupa'da kullanılmaktadır. Japonya'da R410A kullanılır ve Kanada ve ABD'de ve daha az ölçüde Meksika ve Karayip ülkelerinde HFC-134a ve R410A kullanılır. Minimal tasarım değişiklikleri gerektiğinden, mevcut ürün tasarımlarında esas olarak HCFC-22'nin yerine R407C kullanılmıştır. Bununla birlikte, R410A'nın daha yüksek verimliliği ve daha düşük sistem maliyeti nedeniyle R407C'nin kullanımı azalmaktadır. R410A'yı kullanmak için, daha yüksek çalışma basınçlarını karşılamak

ve sistemi özelliklerine göre optimize etmek ve böylece daha yüksek bir performans elde etmek amacıyla tasarım değişiklikleri gereklidir. HFC-134a ve R410A kullanan kademeli ısı pompaları, Avrupa'da yüksek sıcaklık birleşik mahal ve sıcak su ısıtmalı ısı pompalarında ticarileştirilmektedir. Bu ısı pompaları nispeten iyi bir performansla sahiptir ve yardımcı elektrikli ısıtıcılar olmadan çalışabilmektedir. ısı pompası 80 °C'ye yaklaşan sıcaklıklarda su sağlayabilir.

Yeni ısı pompası ürünlerinin çoğu, optimize edildiklerinde daha kompakt ve verimli sistemler ortaya çıkardığı için R410A soğutucu akışkanını kullanmaktadır.

Havadan suya split kaskad sistemler, düşük sıcaklık için R410A ve yüksek sıcaklık devresi için HFC-134a kullanılarak piyasaya sürülmektedir. Yardımcı elektrikli ısıtıcılar olmadan gerekli ısıtma kapasitesini korurken, daha soğuk iklimler için yüksek su haznesi sıcaklıklarında bile yüksek sezonsal COP'yi garanti ederler. En çok mevcut kazan sistemlerinin yerine, mahal ve sıcak su ısıtmasının birleştirilmesi için kullanılırlar.

R407C sistemlerinin enerji verimliliği tipik olarak HCFC-22'den daha düşüktür, ancak sistem dikkatli bir şekilde tasarlanırsa benzer COP'ler elde edilebilir. R407C pratikte belirgin bir sıcaklık kayması gösterir ve bu durum operasyonel zorluklara yol açabilir.

R417A bazı üreticiler tarafından ısı pompalı su ısıtıcılarında kullanılmaktadır. R417A, HCFC-22'den daha düşük kapasite sağlar ancak etkenliğini daha yüksek sıcaklıklarda göstermiştir.

Soğutucu akışkanın maliyeti toplam sistem maliyetinde küçük olduğundan, soğutucu akışkan maliyetindeki sınırlı farklılıkların küçük bir etkisi vardır. Bileşenlerin maliyetinin önemli bir etkisi vardır. Daha kompakt bir tasarım genel olarak daha düşük bir maliyetle sonuçlanır. Daha büyük sistemlerde tasarım baskısının maliyet üzerinde küçük sistemlere göre daha büyük etkisi vardır. Küçük ve orta ölçekli sistemler için R410A en uygun maliyetli olanıdır, büyük sistemler için ise HFC-134a en efektif olanıdır.

Şu anda kullanımlarının önünde önemli bir engel bulunmuyor ancak soğutucu akışkanların yüksek GWP'si, onları daha düşük GWP'li akışkanlara yönelik değişiklik yapma baskısına maruz bırakabilir.

HFC-32: HFC-32'nin ısı pompalı su ısıtıcıları kullanımı henüz daha büyük ölçekte ticarileştirilmemiştir.

HFC-32, HCFC-22 ve R410A'dan daha yüksek bir çalışma verimliliğine sahiptir (Shigehara, 2001). HCFC-22'den yaklaşık %60 daha yüksek doyma basıncına sahip olduğu bilinen R410A'dan biraz daha yüksek doyma basınçlarına sahiptir. Enerji verimliliği aynı veya daha yüksekken sistemin soğutucu akışkan şarjı HCFC-22'ye göre %43'e kadar daha az olabilir (Yajima, 2000). Daha düşük molar kütle nedeniyle R410A'ya göre daha iyi ısı transferi ve taşıma özelliklerine sahiptir. R410A'ya göre daha yüksek basma sıcaklıklarına sahip olduğundan, özellikle yüksek sıcaklıklı ısı pompalı su ısıtıcıları ve düşük sıcaklıklı ısı kaynakları için sıcaklığın daha doğru kontrolü gereklidir.

Saf HFC-32'nin doğrudan maliyeti R410A'ya göre daha düşüktür ancak bunun sistem maliyeti üzerindeki etkisi sınırlıdır. Soğutucu akışkan özelliklerine bağlı olarak cihaz daha kompakttır ve dolayısıyla potansiyel olarak daha ucuzdur. Yüksek basma sıcaklığına yönelik kullanılacak ekipmanlar ise maliyetleri bir miktar arttırabilir.

Ana engeller, düşük yanıcılığa sahip soğutucu akışkanların (ISO 817'ye göre sınıf 2L) güvenli kullanımıyla ilgilidir. ISO-5149 standardı 2014 yılında güncellenmiştir ve IEC-60335-2-40 bu yeni sınıfa uyum sağlayacak şekilde güncellenme sürecindedir. Ancak bazı bina kodları, belirli bina türlerinde yanıcı soğutucu akışkanların kullanımına izin vermemektedir.

HFO-1234yf ve diğer düşük küresel ısınma potansiyelli HFC karışımları:

HFO-1234yf termofiziksel özellikleri bakımından HFC-134a'ya benzer.

Patent literatüründe ısı pompaları için olası düşük GWP'li soğutucu akışkanlar olarak bir dizi başka doymamış kimyasal madde tanımlanmaktadır. HFC-32 veya HFC-125 ile karışımlar, HCFC-22 veya R410A'nın özelliklerine yaklaşmayı mümkün kılabilir, ancak saf HFO-1234yf'den daha yüksek bir GWP değeri ile sonuçlanır. Bu soğutucu akışkanların numune tedariki çok sınırlı olduğundan, bu kimyasallardan herhangi birinin ticarileşip piyasaya sürülmeyeceğine ve ısı pompası sistemlerinde kabul edilebilir performans ve rekabet gücü gösterip göstermeyeceğine karar vermek için henüz çok erken. Fiyat rekabeti nedeniyle saf HFO-1234yf, gelecekteki bir çözüm olarak düşünülmemektedir.

HCFC-22, R410A, R407C kullanan su ısıtma ve alan ısıtma ısı pompalarında, HFO-1234yf'yi optimize etmek için önemli tasarım değişiklikleri gerekecektir. Gerekli değişikliklerden bazıları, daha büyük deplasmanlı kompresörleri, daha büyük çaplı ara bağlantı ve ısı eşanjörü borularını ve daha düşük ısı transferini ve daha yüksek akış direncini dengelemek için ilave ısı eşanjörü yüzeyini içermektedir.

Daha düşük doyma basıncı nedeniyle ısı transferinin R410A sistemlerine göre daha düşük olması beklenir. Soğutucu borularındaki ve ısı eşanjöründeki nispeten yüksek basınç düşüşü, ısı pompalı su ısıtıcıları için tipik olan yüksek sıcaklıklarda verimin düşmesine neden olacaktır.

Farklı bir üretim süreci nedeniyle yeni bir akışkan olan HFO-1234yf ve diğer düşük GWP'li HFC karışımı soğutucu akışkanların maliyeti, HFC-134a'ninkinden önemli ölçüde daha yüksektir. Bileşenlerin maliyeti HFC-134a'ya benzer olacaktır ancak yanıcılık, basınçlı kap kodları nedeniyle daha büyük sistemler için etkili olacaktır.

R744 (Karbondioksit): R744 ısı pompalarının geliştirilmesine 1990 yılı civarında başlandı (Nekså, 1998). R744 ısı pompalı su ısıtıcıları, ana uygulama olarak banyo veya sıhhi tesisatta kullanılan suyun ısıtılmasına yönelik ısı pompaları ile 2001 yılında Japon pazarına sunuldu. Sıcak su eldesi ile birlikte daha düşük su sıcaklıklarında çalışan alan ısıtma ısı pompaları da geliştirildi, ancak satış miktarı daha azdır. R744 çok yüksek basınçlarda çalışır. Basınçlar, HCFC-22'den yaklaşık 5 kat, R410A'dan ise 3.5 kat daha yüksektir. Bu daha kompakt sistem tasarımlarına olanak sağlayan bir avantajdır. R744'ün düşük kritik sıcaklığı kritik üstü çalışmaya neden olur. R744 soğutucu akışkan öncelikle depolama tipi ısı pompalı su ısıtıcı uygulamalarında kullanılmaktadır.

Evsel ısı pompalı su ısıtıcıları pazarının Japonya, Asya ve bir dereceye kadar Avrupa'da devam etmesi beklenmektedir. Son zamanlarda, Avrupa'da evsel mahal ısıtma uygulamasına yönelik R744 ısı pompaları, çok yüksek sıcaklıktaki radyatör tipi mahal ısıtma ile birleştirildiğinde soğuk iklimlerde kullanılmak üzere geliştirilmiştir. Birleşik radyatör ve hava ısıtma sistemlerine sahip ticari binalar için R744 oldukça umut verici bir soğutucu akışkandır (Nekså, 2002). Bu aynı zamanda evsel sıcak su talebinin alan ısıtma gereksinimine kıyasla büyük olduğu yeni düşük enerjili binalar için de geçerlidir. R744 alan ısıtma ısı pompalarının pazara

ne düzeyde nüfuz edeceği bilinmiyor. Nihai pazar kabulü, sistem ekonomisi, enerji etiketlemesi ve minimum enerji verimliliği gereklilikleri tarafından belirlenecektir.

Soğutucu akışkan olarak R744, yardımcı bir elektrikli ısıtıcı kullanılmadan kullanım suyunun 90°C'ye kadar yüksek sıcaklıklara ısıtılmasını sağlar. R744, giriş ve çıkış suyu sıcaklığı arasında belirli bir sıcaklık farkı bulunan düşük sıcaklık kaynağı (ısı enerjisinin alındığı soğuk ortam kaynak olarak adlandırılır) ve yüksek sıcaklık kuyusu (ısı enerjisinin aktarıldığı ortam kuyu olarak adlandırılmaktadır) kullanıldığında yüksek performans verebilir (Steen, 2008). Bu, düşük sıcaklıktaki giriş suyunun, kullanım sıcak suyunun ısı depolanması için yüksek bir sıcaklığa ısıtıldığı depolama tipi ısı pompalı su ısıtıcılarında kullanım için çok uygun hale getirir.

HFC soğutucu akışkanlarla karşılaştırıldığında, yalnızca alan ısıtmada R744 ile eşdeğer performans elde etmek için tasarım değişiklikleri yapılması gerekir (Nekså, 2010). Isı kuyusunun yüksek ve düşük su sıcaklığı arasındaki fark azsa, evsel ortam ısıtma uygulamasında yüksek verim elde etmek zordur. Bu durumda düşük su dönüş sıcaklığı sağlayan sistem tasarımları gereklidir (Nekså, 2010) veya ejektörler veya genleştiriciler gibi iş geri kazanım bileşenlerinin eklenmesi enerji verimliliği engelinin üstesinden gelebilir, ancak bunun maliyeti ürünü daha az rekabetçi hale getirebilir.

Akışkanının maliyeti düşüktür. Ancak, yüksek basınç nedeniyle, belirli tipteki sistemler basınç güvenliği için daha sağlam tasarımlar gerektirir ve bu da maliyete yol açar. Bununla birlikte, boru çapları mevcut teknolojiye kıyasla çok daha küçüktür, bu da kompakt boru ve yalıtım malzemesi avantajı sağlar.

Ana engel, sistemin maliyeti ve bazı uygulamalarda enerji verimliliğidir.

Hidrokarbonlar: Hidrokarbonlar (HC'ler) üç ana soğutucu akışkanı içerir: HC-290 (propan), HC-1270 (propen) ve HC-600a (izo-bütan).

Şu anda HC-290 sistemleri Avrupa'da sınırlı sayıda, düşük şarj seviyeli ısı pompalı su ısıtıcı tesisatlarında kullanılmak üzere satılmaktadır. Havalandırmalı kapalı alan içindeki hidronik sistemler için daha yüksek soğutucu akışkan şarjlarına izin verilir. Basınçlı Ekipman Direktifinin (Palm, 2008) yürürlüğe girmesi nedeniyle Avrupa'da kullanım azalmıştır ancak bazı kompresör üreticileri artık HC-290 uygulamaları için kompresörler sunmaktadır.

HC-290 ve HC-1270'in ısı pompalarındaki verimliliğinin iyi olduğu bilinmektedir (Palm, 2008).

Soğutucu akışkanın maliyeti uygundur. Ancak, soğutucu akışkan özelliklerine bağlı olarak ekipman maliyeti HCFC-22'ye benzerken, güvenlik amaçlı kullanılan ekipmanlar bir miktar maliyet getirmektedir.

Bu soğutucu akışkanın yaygınlaşmasının önündeki temel engeller güvenlikle ilgilidir. İnsanlar tarafından kullanılan ortamda bulunan sistemler için izin verilen şarj miktarı sınırlıdır, dış ortamda bulunan sistemler için ise büyük kısıtlamalar yoktur. Teknisyenlerin hidrokarbonların yanıcılığıyla başa çıkmak için uygun şekilde eğitilmelerini sağlama gerekliliği ana engellerden biridir. Yine, ekipman üreticileri için sorumluluk hususları ve güvenlik önlemleri maliyetleri, hidrokarbonların kullanımının yaygınlaştırılmasının önündeki ana engellerdendir.

R717 (Amonyak): R717 esas olarak büyük kapasiteli sistemler için kullanılır. Az sayıda ter-sinir ısı pompasında ve absorpsiyonlu ısı pompalarında da kullanılmıştır. Küçük kapasiteli su ve alan ısıtma ısı pompalarında kullanılması beklenmemektedir.

R717 ısı pompalarının enerji verimliliğinin çok iyi olduğu bilinmektedir. Ticari amonyaklı DX sistemlerde en önemli sorun evaporatörde iyi bir ısı transferi elde etmek için yağın geri dönüşüdür. Bu problemler amonyakta çözünebilir yağ kullanımı ile giderilebilir (Palm, 2008).

Maliyet etkenliği, ekipman ve/veya kurulum maliyetleri nedeniyle endüstriyel olmayan proses kullanımı için elverişsizdir.

Amonyak yaygınlaşmasının önündeki ana engeller; cihazın yaşam döngüsü boyunca güvenlik hususlarıyla, maliyet etkenliği için gereken minimum kapasiteyle ve kurulumu kontrol eden belirli ulusal düzenlemelerle ilgilidir (her ne kadar küçük kapasiteli ısı pompa-sı sistemlerinin çok düşük amonyak yüküyle çalışacak şekilde tasarlanabileceği gösterilmiş olsa da, örneğin 9 kW ısıtma kapasitesi için 100 g amonyak) (Palm, 2008).

Küçük kapasiteli ısı pompası sistemlerinin ticarileştirilmesinin önündeki temel engel, sınırlı bileşen tedarikidir. Özellikle amonyak için hermetik veya yarı hermetik kompresör mevcut değildir ve amonyak bakırla uyumsuzdur.

3.7 Su soğutma Üniteleri (Chiller)

3.7.1 Yeni buhar sıkıştırmalı su soğutma üniteleri için soğutucu akışkan seçenekleri

Florlu soğutucu akışkanlar

HFC-134a'ya alternatif seçenekler: HFC-134a pozitif deplasmanlı ve santrifüj su soğutma ünitelerinde kullanılır. Kabuk tarafında ve tüplerin içinde soğutucu akışkan bulunan ısı eşanjörleri ve içinde soğutucu akışkan bulunan plakalı ısı eşanjörleri, zeotropik soğutucu akışkan karışımlarında meydana gelebilen sıcaklık kaymasına karşı hassasiyetleri bakımın-dan farklılık gösterir.

Zeotropik karışımlar, HFC-134a'nın fiziksel ve termodinamik özelliklerine, özellikle de basınç/sıcaklık ilişkilerinin genel eğilimine yaklaşmak için soğutucu akışkanların harman-lanmasında en büyük esnekliği sunar. Düşük sıcaklık kayması özelliğine ve HFC-134a'ya yakın kapasiteye sahip, GWP'leri 600 civarında olan çok sayıda A1 soğutucu akışkan adayı bulunmaktadır. Düşük GWP'li (150 veya daha az) adayların tümü A2L veya A3 güvenlik sınıf-larındadır.

Termodinamik özelliklere dayalı daha önceki çalışmalar, doymamış HFO-1234yf soğutu-cu akışkan adayını kullanan su soğutma ünitelerinin COP'sinin, HFC-134a (Kontomaris, 2009; Leck, 2010) kadar iyi olmadığını göstermektedir. Ancak su soğutma ünitesi ölçümlerine da-yanan yeni bir çalışma, azeotropik bir karışım olan R513A'nın performansının HFC-134a'ya eşdeğer olduğunu göstermektedir (Kontomaris, 2013). Su soğutma üniteleri için doymamış HFC'lerin diğer değerlendirmeleri de çalışmalarla yapılmıştır (Kontomaris, 2010a; Kontoma-ris, 2010b; Kontomaris, 2010c; Spatz, 2008).

R410A'ya alternatif seçenekler: R410A öncelikle pozitif deplasmanlı su soğutmalı ve hava soğutmalı su soğutma ünitelerinde kullanılır. R410A, daha yüksek basınç seviyelerinde ve daha düşük hava debilerinde çalışmasına rağmen, hermetik pistonlu ve spiral kompresörle-rin yaygın olarak kullanıldığı kapasite aralıklarında HCFC-22'nin halefi olmuştur. R410A'lı su

soğutma ünitelerinde genellikle DX ısı eşanjörleri, mikro kanallı ısı eşanjörleri veya plakalı ısı eşanjörleri kullanılır.

R410A'nın olası halefi olarak test edilen alternatiflerden biri HFC-32'dir. Bu soğutucu akışkan R410A'yı içeren karışımlarda bir bileşen olarak kullanılır. HFC-32, pozitif deplasmanlı su soğutma ünitelerinde tek başına ve HC-600 (n-bütan), HC-600a (izobütan) ve diğer düşük GWP'li bileşenlerle karışım halinde bir bileşen olarak kullanılabilir çünkü orta düzeyde bir GWP'ye ve iyi enerji verimliliğine sahiptir ve buhar sıkıştırma döngüsünde yüksek kapasite vermektedir. Dezavantajları arasında yanıcılık ve HCFC-22'den daha yüksek çalışma basıncı seviyeleri yer alır. HFC-32, A2L olarak sınıflandırılır. HFC-32 kullanan su soğutma üniteleri (karışım bileşeni dışında) henüz geniş çapta ticarileştirilmemiştir ve halen geliştirilecek olan güvenlik kuralları ve bina standartlarını karşılamak için değişiklikler yapılması gerekecektir.

“Low-GWP AREP” programı sırasında tanımlanan diğer alternatifler, R410A'ya benzer veya daha düşük soğutma kapasitelerine sahip karışımlardır. Karışımların birçoğunun sıcaklık kaymaları 5.6K veya daha azdır. Tüm alternatiflerin tahmini COP değerleri R410A'ya göre daha yüksektir. Alternatiflerin hiçbirinin GWP'si <150 değildir. Alternatiflerin tamamı A2L güvenlik sınıfındadır.

HCFC-22'ye alternatif seçenekler: HCFC-22 uzun yıllardır pozitif deplasmanlı su soğutma ünitelerinde tercih ediliyordu. HCFC-22, 2000 yılından önce üretilen bazı santrifüjlü su soğutma ünitelerinde de kullanılıyordu. Gelişmiş ülkelerdeki yeni ekipmanlarda kullanılmamak üzere 2012 yılında aşamalı olarak kullanımdan kaldırıldı. HCFC-22, bazı Madde 5 ülkelerinde su soğutma üniteleri için hala satışa sunulmaktadır.

Zeotropik karışım R407C, geçiş soğutucusu olarak görev yapmaktadır. Bu, üreticilerin HCFC-22 ürünlerinde küçük değişiklikler yaparak sıfır ODP soğutucu akışkana sahip su soğutma üniteleri sunmalarına olanak tanımıştır. R407C kayda değer bir sıcaklık kaymasına (5 K) sahiptir, bu nedenle daha büyük su soğutma ünitelerinde baskın olan taşmalı evaporatörlerde kullanıma uygun değildir. R407C hala Avrupa'da, Japonya'da HCFC-22'nin yerini almak üzere (daha sınırlı olarak) ve başka ülkelerde retrofit soğutucu akışkan olarak; ODP değeri sıfır olan ve sistemde mevcut altyapıda büyük değişiklikler yapmaksızın kullanılabilen seçeneklerden biri olarak kullanılmaktadır. Retrofit soğutucu akışkanların listesi R421A, R422D, R427A, R438A ve diğerlerini içerir.

HCFC-22 için “Low-GWP AREP” programı alternatifleri beş adet A1 soğutucu akışkan içerir. Diğer üçü A2L özelliklerinde soğutucu akışkanlardır. Kalan adaylar A3, ya da R717 için B2L A1 ve A2L soğutucu gazlar, sıcaklık kaymasına sahiptir, dolayısıyla R407C kullanımı için optimize edilmiş sistem tasarımları HCFC-22 için tasarlanan sistemlerden daha uygun olabilir. A1 ve A2L soğutucu akışkanlarının COP değerlerinin eşdeğer HCFC-22 sistemlerine göre daha düşük olduğu tahmin edilmektedir. Yalnızca bir A2L alternatifinin GWP'si <150'dir. Su soğutma ünitelerinin daha da geliştirilmesi için tercih edilen adayın seçimi henüz yapılmamıştır.

Yeni santrifüj su soğutma üniteleri için soğutucu akışkan seçenekleri;

Santrifüj kompresörler, kapasitesi 1700 kW değerini aşan büyük ünitelerde en verimli teknolojidir. Bu kompresörleri kullanan su soğutma üniteleri belirli soğutucu akışkanlar için tasarlanmıştır. HFC-134a, büyük santrifüj su soğutma üniteleri için popüler bir seçimdir. Diğer iki soğutucu akışkan da kullanılmaktadır. Bu soğutucu akışkanlar özellikle yüksek ter-

modinamik verime sahiptir ve HFC-134a'ya göre daha düşük basınç seviyelerinde ve daha yüksek hacimsel akış hızlarında çalışır. Bunlar HCFC-123 ve HFC-245fa'dır. HCFC-123, düşük GWP'li bir HCFC soğutucu akışkan olup, Montreal Protokolü kapsamında aşamalı olarak kullanımdan kaldırılacaktır. HCFC-123 kullanan büyük su soğutma üniteleri, büyük olasılıkla, aşamalı olarak kullanımdan kaldırma gerçekleşene kadar Kuzey Amerika ve Çin'de üretilmeye devam edecektir. HFC-245fa, santrifüj su soğutma üniteleri, ısı pompaları ve organik Rankine çevrimi (ORC) enerji üretim çevrimlerinde sınırlı kullanım alanı bulan bir HFC'dir. HFC-245fa, HCFC-123'ten daha yüksek ancak HFC-134a'dan daha düşük çalışma basınçlarına sahiptir. HFO-1233zd(E) kullanan su soğutma üniteleri yakın zamanda Avrupa pazarına sunulmuştur.

Florsuz soğutucu akışkanlar

R717: Soğutucu akışkan olarak R717 kullanan su soğutma üniteleri uzun yıllardan beri mevcuttur, endüstriyel ve merkezi soğutma grubu sistemlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Avrupa, Orta Doğu, Çin ve ABD'de çok sayıda kurulmuş tesis bulunmaktadır. R717 su soğutma üniteleri, 100-7000kW kapasite aralığında açık motor tahrikli vidalı kompresörlerle mevcuttur. Açık motor tahrikli pistonlu kompresörlü su soğutma üniteleri 20-1600 kW kapasite aralığında mevcuttur.

R717 su soğutma üniteleri, benzer kapasitedeki HFC su soğutma ünitelerine göre daha küçük miktarlarda üretilmektedir. R717, HFC su soğutma ünitelerinde yaygın kullanılan malzeme olan bakırın hızlı korozyonuna neden olduğundan farklı malzemeler kullanılır. Plakalı çelik ısı eşanjörleri R717 sistemlerinde yaygındır.

R717 soğutucu akışkanı, hava soğutmalı R717 kondenserlerin daha yüksek maliyetleri nedeniyle su soğutmalı su soğutma ünitelerinde kullanımı daha uygundur. Bina iklimlendirmesinde R717 su soğutma uygulamalarına ilişkin bilgiler (Pearson, 2008a), (Pearson, 2008b) ve (Pearson, 2012)'de verilmektedir.

R717, santrifüj su soğutma üniteleri için uygun bir soğutucu akışkan değildir çünkü gerekli basınç artışı sağlamak için dört veya daha fazla kompresör kademesi gerektirir.

Su soğutma ünitelerinde R717 soğutucu akışkanının kullanımının kapasite aralığının genişletilmesi isteniyorsa (pozitif deplasmanlı kompresörler için, özellikle Avrupa dışında), çeşitli engellerin ele alınması gerekir:

- Su soğutma ünitesi maliyetleri genellikle HCFC ve HFC kullanılan ünitelerden daha yüksektir.
- Konfor ikliması uygulamalarında R717 ile ilgili güvenlik endişeleri kurulum maliyetlerini artırabilir. Bazı ülkelerdeki sistem kurulumuyla ilgili kurallar uygulamaları büyük ölçüde kısıtlamaktadır.

Bununla birlikte R717 su soğutma üniteleri pazarı, yüksek GWP'li soğutucu akışkanların kontrolüne ilişkin endişelerin güçlü olduğu bölgelerde büyümektedir.

Hidrokarbonlar: Soğutucu akışkan olarak hidrokarbon kullanan su soğutma üniteleri uzun yıllardan beri bilinmektedir, ancak genellikle yalnızca küçük kapasitelerde (200 kW'a kadar) ve dış mekan uygulamaları için mevcuttur. HC-290 iklimlendirme ve endüstriyel uygulamalarda su soğutma ünitelerinde kullanılmaktadır. HC-290 ve başka bir hidrokarbon olan HC-1270, Danimarka, Norveç, Birleşik Krallık, Almanya, İrlanda, ABD ve Yeni Zelanda'daki

sınırlı sayıda küçük (<1200 kW) hava soğutmalı su soğutma ünitesi kurulumlarında kullanılmaktadır. Endonezya, Malezya ve Filipinler gibi bazı Madde 5 ülkeleri, büyük alan soğutma ihtiyaçları için hidrokarbon su soğutma üniteleri kullanmaktadır. Hidrokarbon su soğutma üniteleri için mevcut pazar küresel bazda R717 su soğutma ünitelerinden daha büyüktür ancak HCFC-22 ve HFC su soğutma ünitesi pazarıyla karşılaştırıldığında hala çok küçüktür.

Güvenlik hususlarının yanı sıra, HC-290 ve HC-1270, HCFC-22'ninkine benzer özelliklere sahiptir. Bu güvenlik hususları ve farklı yağlayıcılar için uygun ayarlamalar yapıldıktan sonra mevcut tasarımdaki yeni ekipmanlarda kullanılmalarına olanak tanır. Hidrokarbon soğutucu akışkan kullanan su soğutma ünitelerinin maliyeti, HFC su soğutma ünitelerine göre biraz daha yüksektir, ancak orijinal olarak HCFC-22 için tasarlanmış ekipmanın modifikasyonu oldukça basittir.

Güvenlik kuralları, sisteme yüksek miktarda şarj edilen hidrokarbonlara ilişkin katı gereksinimler getirmektedir (özellikle makine odalarındaki iç mekan su soğutma ünitesi kurulumları için). Bu nedenle hidrokarbon kullanan su soğutma üniteleri her ülkede benimsenmemiştir. Hidrokarbon çözümlerini destekleyen ülkelerdeki güvenlik kaygıları; mühendislik tasarımı, teknisyen eğitimi ve bina kuralları ile güvenlik standartlarındaki değişiklikler yoluyla giderilmiştir. Eğer elde edilen deneyimler başarılı olursa hidrokarbon su soğutma ünitelerinin kullanımı gelecekte artabilir. Ancak ABD gibi ülkelerdeki regülasyonlar, bina kodları ve yasal nedenler hidrokarbonların öngörülebilir gelecekte ticari su soğutma ünitelerinde kullanılmasını pek mümkün kılmıyor.

Hidrokarbonlar, çok tehlikeli malzemelerin rutin olarak kullanıldığı ve personelin güvenlik önlemleri ve acil durum müdahalesi konusunda yüksek eğitimli olduğu petrokimya tesislerindeki santrifüj su soğutma ünitelerinde sınırlı olarak kullanılmaktadır. Hidrokarbonlar, güvenlik kanunu kısıtlamaları, yüksek miktarda yanıcı soğutucu akışkanla ilgili endişeler, sorumluluk ve sigorta sorunları nedeniyle iklimlendirme için santrifüj su soğutma ünitelerinde kullanılmamaktadır.

R744: R744 hava soğutmalı su soğutma üniteleri kuzey Avrupa pazarına sunulmuştur. Hem hava hem de su soğutmalı gaz soğutucu (gas cooler) versiyonları mevcuttur. 40 ila 500 kW arası soğutma kapasitesine sahip modeller bulunmaktadır. Baskın soğutma ihtiyacının ortalama 15 °C veya daha düşük ortam sıcaklığında olduğu iklimlerde, bu sistemler enerji verimliliği ve LCCP değeri açısından HFC, R717 veya HC kullanan sistemlerle eşdeğer olabilir. R744 su soğutma üniteleri, artan ortam sıcaklığıyla birlikte verimliliğin azalması nedeniyle yüksek ortam sıcaklıklarında daha az caziptir.

Bir binanın toplam enerji stratejisinde 60°C veya daha yüksek sıcaklıklarda sıcak su üretmek için ısı geri kazanımı kullanılabilir. R744 su soğutma üniteleri, diğer soğutucu akışkanlara göre daha yüksek verimlilikle suyu daha yüksek sıcaklıklara çıkarmak için atık ısıyı kullanabilme avantajını sunar. Soğutucu akışkanın genişmeden önce aşırı soğutulması için (subcooling) soğutulmuş su kullanılabilir. Bu uygulama için R744 ısı geri kazanımlı su soğutma üniteleri iyi bir verimlilik sağlar.

R718: Su buharı sıkıştırma sistemlerinde gerekli olan çok düşük basınçlar, yüksek sıkıştırma oranları ve yüksek hacimsel akış hızları, su soğutma ünitesi alanında nadir görülen yüksek hacimsel akışlı eksenel kompresör tasarımlarını gerektirir. Bununla birlikte, birçok araştırma projesi aktiftir ve geliştirme şirketleri bunları ticarileştirmeye çalışmaktadır. 2014

yılında soğutucu olarak suyun kullanıldığı bir ürün duyurulmuştur. Soğutucu madde olarak su uygulamaları, suyu soğutabilir veya bir su havuzundan doğrudan buharlaşma yoluyla bir buz bulamacı üretebilir. R718 sistemleri geleneksel sistemlere göre daha yüksek maliyetlidir. Daha yüksek maliyetler su buharı chiller ünitelerinin fiziksel boyutunun büyük olması ve kompresör teknolojisinin karmaşıklığı ile ilişkilidir. Derin maden soğutması da dahil olmak üzere Avrupa, Orta Doğu ve Güney Afrika'da gelişmeye yönelik çeşitli su soğutma üniteleri ve ticari vakumlu buz yapıcılar ortaya konmuştur (Jahn, 1996), (Ophir, 2008), (Sheer, 2001), (Calm, 2011).

3.7.2 Mekanik sıkıştırma sistemlerine alternatifler (Absorpsiyonlu ve Adsorpsiyonlu Chiller Üniteleri)

Absorpsiyonlu chiller üniteleri bazı durumlar için buhar sıkıştırma çevrimine uygun bir alternatiftir. Su ve zeolit kullanan adsorpsiyonlu chiller üniteleri de alternatif sistemler olarak kullanılmaktadır (Boone, 2011).

3.8 Araç Klimaları

3.8.1 Binek araç ve kamyonet kliması

Giriş bölümünde de belirtildiği gibi, bu kitapta araç kliması için buhar sıkıştırmalı soğutma çevrimi teknolojisine odaklanılmıştır.

Geliştirilmiş HFC-134a sistemleri: ABD'de kredi sisteminin uygulamaya konması ve ayrıca Avrupa'da çıkacak mevzuatla birlikte, daha fazla araç OEM'i (Original Equipment Manufacturer, Orijinal Ekipman Üreticisi) HFC-134a soğutucu akışkanlarla enerji tüketimini azaltacak teknolojileri tanıtıyor. Mevcut üretim HFC-134a sistemlerinde artık birçok verimlilik artırıcı teknoloji kullanılıyor; örneğin dahili ısı eşanjörleri, kompresörlerdeki yağ ayırıcılar, harici olarak kontrol edilen kompresörlerin artan kullanımı vb.

HFO-1234yf sistemleri: HFO-1234yf sistemleri, dahili bir ısı eşanjörü (IHX) veya toplam ısı transfer yüzey alanını değiştirmeden aşırı soğutma alanının yaklaşık %10 oranında genişletildiği bir kondenser kullanımı ile, HFC-134a sistemiyle aynı sistem performansına ve yakıt verimliliğine ulaşabilirler (Zilio, 2009). İkinci durumda HFO-1234yf şarj miktarları sisteme bağlı olarak maksimum %10 oranında artabilir. IHX'in eklenmesi de genellikle şarj miktarını artırır ancak bazı tedarikçiler bunu en aza indirmek için likit tarafı hacmini azaltmakta ve bazı durumlarda IHX'in likit tarafında basınç düşüşüyle ilgili sorunlar yaşanmaktadır. Bu nedenle üreticiler, HFO-1234yf'nin HFC-134a'ya kıyasla daha yüksek (yani beklenenin 10 katından fazla) maliyeti nedeniyle bunu telafi etmenin ve soğutucu akışkan şarjını daha da azaltmanın yolları üzerinde çalışıyor. HFO-1234yf'nin HFC-134a'ya göre artan yoğunluk değeri nedeniyle, sisteme bağlı olarak şarj miktarını azaltmak mümkün olabilir.

HFO-1234yf, A2L soğutucu olarak belirlenmiştir. Bu, belirtilen test koşulları altında yanıcı olduğu ancak sınıf 2 veya sınıf 3 yanıcı soğutucular olarak belirlenen diğer yanıcı soğutuculardan daha düşük bir yanma hızı sergilediği anlamına gelir (ASHRAE, 2013). Yanıcılık potansiyeli, soğutucunun güvenli kullanımı ve riskleri azaltmanın olası yolları konusunda yoğun incelemelere yol açmıştır.

Karbondioksit (R744) sistemleri: R744 şarj miktarları, HFC-134a sistemleriyle karşılaştırıldığında tipik olarak %20-30 oranında azaltılır. ABD EPA, ABD Temiz Hava Yasası'nın Önemli Yeni Alternatifler Politikası (Significant New Alternatives Policy-SNAP) Programı kapsamın-

da R744'ün soğutucu gaz olarak potansiyel kullanımını araştırmıştır ve R744'ü aşağıdaki ek kullanım koşullarıyla birlikte kabul edilebilir bir soğutucu gaz olarak SNAP listesine eklemiştir (USEPA, 2012a):

- Soğutucu gaz sızıntısı durumunda ortaya çıkan R744 konsantrasyonlarının kısa vadeli maruz kalma seviyesini aşmaması için, mühendislik stratejileri ve/veya hafifletme cihazları dahil edilmelidir. Araç üreticileri, R744 seviyelerinin, yolcu olmayan alanda 15 dakika boyunca ortalama %3'lük STEL'i (short-term exposure limit-kısa süreli maruz kalma sınırı) ve so-lunum bölgesinde herhangi bir zamanda %4'lük tavan sınırını aşmadığını gösteren, en az üç yıllık testlerin kayıtlarını saklamalıdır.
- MAC (mobile air-conditioning, mobil klima) sistemlerinde R744 kullanımı, SAE J639 Standardında tanımlanan standart koşullara uygun olmalıdır.

Uygun sistem tasarımı ve kontrolü ile R744'ün, soğutma performansı ve MAC sistemle-rinden kaynaklanan toplam eşdeğer CO₂ emisyonları açısından HFC-134a sistemleriyle kar-şılaştırılabilir olduğu gösterilmiştir ve mevcut yönetmelik (Direktif 2006/40/EC) kapsamın-da AB'de kullanıma uygundur. Gerçek gelişim durumuna bağlı olmayan genel bir çalışmada Strupp (2011), düşük, orta ve yüksek enerji verimliliğine sahip tipik R744 iklimlendirme sis-temlerinin gerekli enerji girdisini (CO₂ emisyonu ile orantılı olarak) tipik bir HFC klima siste-mi ile karşılaştırmıştır. Karşılaştırmasında iklim bölgesi, yerel nüfus yoğunluğu ve kullanıcı davranışı (belirli bir yolda belirli bir zamanda kaç araba olduğu) dikkate alınır. Bu karşılaştırmayı Çin, Avrupa, Hindistan ve ABD gibi tipik iklim bölgeleri için yapmış ve sonuçta belirli bir iklim bölgesindeki farklı iklimlendirme sistemlerini çalıştırmak için gereken yıllık enerji girdileri arasındaki farkların artı/eksi yüzde yedi marjında olduğunu ortaya koymuştur.

R744 ısı pompaları, hibrit ve aküyle çalışan elektrikli araçlardaki özel uygulamalara yö-nelik kompakt soğutma ve ısıtma sistemleri olarak bir Alman tedarikçiden temin edilebilir (Hinrichs, 2011). Aracın yakıt verimliliğini ve dolayısıyla sürüş menzilini önemli ölçüde azal-tan elektrikli rezistanslı ısıtıcılarla (pozitif sıcaklık katsayılı (Positive Temperature Coeffi-cient, PTC) ısıtıcılar) karşılaştırıldığında, R744 ısı pompaları daha yüksek bir verimlilik sevi-yesinde çalışır ve araç yakıt verimliliğini ve dolayısıyla sürüş menzilini orta düzeyde azaltma avantajı sunar (Steiner, 2014).

Halihazırda, araç klimalarında genel bir soğutucu gaz olarak R744'ün uygulanmasından önce çözülmesi gereken teknik engeller (gürültü, titreşim, sertlik (Noise, Vibration, and Har-shness-NVH), güvenilirlik ve sızıntı) ve ticari zorluklar (altyapı geliştirme, kullanım, satış sonrası servis, ek maliyetler vb.) mevcuttur. Bir Alman OEM'in HFO-1234yf ile ilgili güvenlik kaygılarının bir sonucu olarak, Mart 2013'te dört Alman otomobil üreticisi daha R744 ile çalı-şan sistemleri de geliştireceklerini açıklamıştır (örneğin bkz. Volkswagen, 2013).

Alman OEM'leri tedarikçilerle birlikte seri üretilen R744 sistemleri hedefine ulaşmak için ciddi şekilde çalışmaktadır (birkaç çalışma grubu, standardizasyon vb.) (örnek için bkz. Ge-yer, 2013; Pelsemaker 2013; ve Leisenheimer, 2013).

Karbondiyoksit aynı zamanda gelecekteki otomobil Organik Rankine Çevriminde (ORC) soğutucu gaz olarak kullanıma potansiyeline de sahip olup, bu da araçların genel yakıt ve-rimliliğini artırmaya yardımcı olabilir (örneğin bkz. Chen, 2010 ve Mitri, 2013).

HFC-152a sistemleri: Yanıcı özelliği nedeniyle HFC-152a ek güvenlik sistemleri gerektir-mektedir. Geliştirme faaliyetinin çoğu, bu soğutucu akışkanın ikincil bir döngü sisteminde

kullanılmasına odaklanmıştır. Doğrudan genleşmeli bir sistemdeki soğutucu akışkan şarj miktarları, HFC-134a'ya kıyasla kütle olarak %25-30 oranında, ikincil döngü sistemiyle ise genellikle %50 oranında azaltılabilir. Sektör uzmanları HFC-152a'nın yalnızca ikincil döngü tipi bir sistemde kullanılmasını tartışmıştır. İkincil döngü sistemi yolcu bölmesinde doğrudan soğutma sıvısı olarak glikol ve su kullanır ve bu soğutma sıvısı soğutucu akışkan tarafından kaputun altında soğutulur. Çift ikincil döngü sistemi ise, yolcu bölmesinde doğrudan soğutma sıvısı olarak glikol ve su kullanır ve kondenserle birlikte başka bir glikol ve su döngüsü kullanılır. İki döngünün kullanılması, soğutucu akışkanın yolcu bölmesine sızmasını veya bir kaza sırasında kondenserin bozulması durumunda sızıntıyı önler. Prototip HFC-152a MAC'ler ve bunları kullanan prototip araçların geçtiğimiz yıllarda demonstrasyonu yapılmıştır (Craig, T, 2007 veya Lemke, 2014). Ek maliyet, ağırlık artışları ve boyut kısıtlamaları nedeniyle uygulamanın önündeki engeller sistemin ilave ataleti ve soğutma gücünü depolama olanağı sayesinde Stop & Start durumunda sağlanan avantajlarla kısmen telafi edilmektedir.

İkincil döngü sistemindeki HFC-152a'nın, soğutma performansı ve MAC sistemlerine bağlı eşdeğer CO₂ emisyonları açısından HFC-134a ile karşılaştırılabilir olduğu gösterilmiştir ve yukarıda belirtilen düzenlemeler uyarınca AB'de kullanıma uygundur.

Bilinen sadece bir otomobil üreticisi, ikincil döngü sistemiyle ilgili NVH ve maliyet (çift evaporatörlü sistemler için) avantajları nedeniyle MAC seri üretimi için soğutucu akışkan olarak HFC-152a'yı benimseme konusunda belirli bir ilgi göstermiştir (Andersen, 2013).

Birçok yeni araç tasarımı, ikincil bir döngü sisteminin kullanılması, rölantide durma, akülerin soğutulması veya araç içi elektroniklerin soğutulması açısından avantajlara sahip olabilir. Aynı zamanda, soğutucu akışkan yerine soğutulmuş soğutma sıvısı araç içerisinde dolaştırıldığı için, çoklu evaporatör kurulumlarında soğutucu akışkan miktarını ve sızıntı oranını da azaltır.

Bir İtalyan ve bir Alman OEM, demo hafif ticari bir araç üzerinde sunulan çift döngülü (sıvı soğutmalı kondenser ve su soğutma) AB tarafından finanse edilen bir projeyi ortaklaşa tamamlamıştır (Malvicino, 2012). Aynı konsept hibrit ve elektrikli araçlar için de önerilmiştir (Leighton, 2014).

Çin'de bazı araç firmaları, CFC-12 ve HFC-134a'ya alternatif soğutucu olarak geliştirilen R415B'yi soğutucu gaz olarak kullanmaktadır. R415B, kütlece %75 HFC-152a ve %25 HCF-C-22'den oluşur.

Doymamış florlu hidrokarbonlar ve doymamış florlu hidrokarbonlar içeren karışımlar:

HFO-1234yf'ye ek olarak bazı zeotropik karışımlar da birçok araştırmacı tarafından hala araç iklimlendirme sistemlerinde olası adaylar olarak değerlendirilmektedir. Kökleri HFC-134a'ya ve İngiltere'deki diğer florokimyasal üretimine kadar uzanan bir geçmişi olan büyük bir kimya şirketi tarafından iki hafif yanıcı karışım piyasaya sürülmüştür. Bu kimya şirketi, Ocak 2013 ASHRAE toplantısında %6 (±1) R744, %9 (±1) HFC-134a ve %85 (±2) HFO-1234ze(E) nominal kütle bileşimiyle iki karışımdan daha az yanıcı olanı tescil ettirmiştir. Bu karışım R445A olarak adlandırılmıştır. R444A olarak adlandırılan diğer karışım kütlece %12 HFC-32, %5 HFC-152a ve %83 HFO-1234ze(E) içermektedir ve aynı zamanda ASHRAE'ye kayıtlıdır. Bu iki karışıma ilişkin sunumlar Scottsdale'de yıllık SAE sempozyumlarında yapılmıştır (bkz. Peral-Antunez, 2011; Atkinson ve Hope, 2012; Peral-Antunez, 2012; ve Peral-Antunez, 2013).

Her iki karışım da Avrupa Topluluğu tarafından düzenlenen küresel ısınma sınırı olan 150'nin altındadır. Her iki karışım da bir miktar yanıcılık sergiler ve ASHRAE Standardı 34-2013 kapsamında belirlenen A2L güvenlik derecelendirmesine sahiptir. Karışımlar, SAE ku-ralları kapsamında bir İşbirlikçi Araştırma Programı (Cooperative Research Program, CRP) tarafından değerlendirilmektedir. Daha yanıcı karışım (R444A), HFO-1234yf'nin LCCP (yaşam döngüsü iklim performansı, çevresel etki ölçüsü) değeri ile eşleşirken, daha az yanıcı karışımın (R445A), LCCP eşitliğine ulaşmak için verimlilikte bir miktar iyileştirmeye ihtiyacı vardır. Bununla birlikte, bu noktaya ulaşmaya yönelik mühendislik yaklaşımlarının tanımlanmış olduğuna inanılmaktadır ve önemli sıcaklık kaymasının (20K ve daha fazlası) da yönetilebilir olduğu kanıtlanırsa, HFO-1234yf'den daha düşük yanıcılık potansiyeli nedeniyle R445A tercih edilen karışım olacaktır.

CRP raporlarında, daha yanıcı olan R444A karışımının hem HFC-134a hem de HFO-1234yf'e yakın bir basınç-sıcaklık eğrisine ve soğutma verimliliğine sahip olduğu, yanıcılığının HFO-1234yf'e benzer olduğu ve sıcaklık kaymasının yerleşik soğutmadaki zeotropik karışım ile benzer olduğu belirtilmiştir.

Atkinson ve Hope (2012) ile Peral-Antunez (2012, 2013), belirli bir çalışma süresinden sonra veya servis nedeniyle konsantrasyon değişikliğine yol açabilecek üç bileşenin önemli ölçüde farklı sızıntı oranlarını rapor etmiştir. Ancak Peral-Antunez'in (2014) ekibi, R445A MAC sistemleriyle donatılmış iki yeni arabanın dört ay boyunca/50.000 km yol testi sırasında önemli bir sızıntı sorunuyla karşılaşmamıştır. HFC-134a ile karşılaştırıldığında, R445A yüksek taraf basıncı (yaklaşık 2 bar) ve kompresör basma sıcaklığının (yaklaşık 10K) daha yüksek olduğu görülmektedir. Yüksek sıcaklık kayması nedeniyle evaporatörde buz oluşma riski vardır (Koehler ve ark. 2013 ve Li 2013). Yüksek sıcaklık kayması nedeniyle R445A, ısı pompası akışkanı olarak kullanılma potansiyeline sahiptir. Genel toksisite, her iki karışım için umut verici terimlerle açıklanmıştır ve CRP (Cooperative Research Program) tarafından belirlenen Mesleki Maruz Kalma Limiti için bir ön toksikoloji tahmini, her ikisinin de HFO-1234yf'nin 500 ppm'sinden daha yüksek ve HFC-134a için 1000 ppm'ye yakın olduğunu göstermektedir.

Hidrokarbonlar ve hidrokarbon içeren karışımlar: Avustralya ve ABD'de, çeşitli ticari isimler altında satılan hidrokarbon karışımları, CFC-12'nin yerine ve daha az ölçüde HFC-134a'nın yerine soğutucu gaz olarak kullanılmıştır. HC'lerle yapılan yenilemeler bazı Avustralya eyaletlerinde yasal, diğerlerinde ve ABD'de yasa dışıdır. ABD EPA, HC'lerin iyileştirme amaçlı kullanımını yasaklamıştır. Ancak yeni sistemlerde HC'lerin olası kullanımını değerlendirmiş ve güvenlik sorunlarının azaltıldığına dair kanıt beklemektedir.

HC'ler veya HC karışımları, doğru seçildiğinde buhar sıkıştırma çevrimi için uygun termodinamik özellikler sunar ve iyi tasarlanmış indirekt sistemlerle (yukarıda HFC-152a için sunulan ikincil döngü sistemiyle aynı sistemler) yüksek enerji verimliliğinin elde edilmesine izin verir. Bununla birlikte, indirekt sistemlerde bile HC'ler güvenlik endişeleri nedeniyle şu ana kadar araç üreticilerinin büyük bir kısmı tarafından seri üretilen klima sistemleri için alternatif soğutucu akışkanlar olarak görülmemektedir.

Hibrit ve elektrikli araçlar için gelişmiş termal sistemler ve iklimlendirme ile daha düşük sera gazı emisyonu ihtiyaçlarının bir araya gelmesi, elektrikli kompresör içeren, tamamen sızdırmaz ve ön şarjlı tasarıma sahip kompakt bir soğutma ünitesinin piyasaya sürülmesini umut verici kılmaktadır.

Bu bakış açısıyla, hidrokarbonların veya bunların karışımlarının kullanımı bir kez daha ilginç hale gelmektedir, çünkü bu tür akışkanlar dünya çapında mevcuttur, ucuzdur ve çevresel etkileri çok düşüktür.

Çift devreli kompakt bir soğutma ünitesinin kullanılması, çok düşük şarja (~%50) izin vererek soğutucu sızıntısıyla ilgili sorunu hafifletme fırsatı sağlar. Ayrıca iklimin 4 yollu vanaya ihtiyaç duymadan ısı pompası olarak kullanılmasına da olanak tanıyarak pillerin ve elektronik aksamın ısıl yönetimini kolaylaştırır. Bu yaklaşım İtalya ve Almanya'da geliştirilme aşamasındadır ve komponentler halihazırda İtalya, Fransa, Almanya ve ABD'deki farklı lider tedarikçilerden temin edilebilmektedir.

Hidrokarbonlar aynı zamanda gelecekteki otomobil Organik Rankine Çevrimlerinde kullanılma potansiyeline de sahiptir ve bu da otomobillerin genel yakıt verimliliğini artırmaya yardımcı olabilir (Preißinger, 2012 ve Mitri, 2013).

3.8.2 Otobüs ve tren kliması

Toplu taşıma araçları; geleneksel trenleri, yüksek hızlı trenleri, tramvayları, metroları, otobüsleri ve yolcu otobüslerini içerir. Binek otomobillerle karşılaştırıldığında klima sistemleri daha büyük boyuttadır, daha yüksek soğutma kapasitesine sahiptir ve genel olarak modifiye edilmiş ticari bileşenler kullanılmaktadır. Genellikle her uygulama için özel olarak paketlenirler.

Toplu taşıma araç filosu binek araçlara göre daha küçüktür. 27 Avrupa ülkesi için en son istatistiksel veriler, 1000 kişi başına yaklaşık 1.6 otobüs ve yolcu otobüsü, 0.1 lokomotif ve vagon ve 477 binek otomobil bulunduğunu göstermektedir (Statistical Handbook, 2012). Bu sayının başka yerlerde farklı olduğu varsayılmaktadır (Kuzey Amerika ve Japonya'da binek otomobiller toplu taşıma araçlarından daha fazladır; gelişmekte olan ülkelerde ise tam tersi). Ortalama olarak mevcut AB ülkelerindeki toplu taşıma araç filosunun en az %50'sinin iklimli olduğu varsayılabilir. Diğer bölgelerdeki transit araçlarda klima kullanılma ihtimalini hem iklim hem de ekonomik koşullar belirlemektedir.

Günümüzde çoğu otobüste, araç motorundan tahrik edilen kompresör hariç, tüm klima sistemi tavana monte edilmiştir. Raylı araçların klima üniteleri, özellikle dizel motorlarla çalıştırılıyorsa benzer bir konseptte sahip olabilir. Ancak daha sık olarak, vakaların yaklaşık %75'inde, raylı araçlardaki klima sistemleri bağımsızdır ve elektrikle çalışır. Bağımsız konsept hem şarjı hem de sızıntı oranını azaltır.

Yeni otobüslerde ve yolcu otobüslerinde kullanılan baskın soğutucu akışkan HF-C-134a'dır. Önceden, soğutucu akışkan şarjı birim başına 10 kg'ı aşarken (Schwarz, 2007), mikro kanallı kondenserlerin kullanıma sunulması ve bileşenlerin küçültülmesi, yeni sistemlerde mevcut soğutucu akışkan şarjını 5 kg'ın altına düşürmüştür. Demiryolu araçlarına yönelik klima ünitelerinde genellikle HFC-134a ve R407C kullanılır. Demiryolu araçlarının küçük bir kısmı R410A kullanılmaktadır. Soğutucu şarjı yaklaşık 10 kg'dır.

Çin'de, R407C ve R410A soğutucu gazlarını kullanan binlerce elektrikli otobüs için ısı pompası sistemleri kullanılmaktadır. Tren klima üniteleri genellikle hermetik veya yarı hermetik kompresörlü sistemler olduğundan, sistem tasarımları mobil klimadan çok, sabit klimaya dayanmaktadır. Bu sistemlerde R410A tercih edilir.

Gelişmekte olan ülkelerdeki eski sistemler hala HCFC-22'yi kullanmaktadır. Avrupa ista-

tistiklerine göre, Avrupa’da bir otobüsün ortalama yaşı 16.5’tir. Raylı araç üniteleri 30 yıldan fazla çalışabilecek şekilde tasarlanmış olsa da teknolojik ilerleme ve filo yükseltmeleri bunların ömrünü yaklaşık 20 yıla düşürmektedir. Bir demiryolu vagonu kullanım ömrünün sonuna ulaşmadan önce bile, genellikle klimanın değiştirildiği büyük bir revizyon gerçekleştirilir.

Hacmi sınırlı olsa da toplu taşıma araçları sektörü, binek otomobiller ve diğer alanlardaki gelişmeleri yakından takip etmektedir. Büyük bir Alman üretici, 2003 yılından bu yana otobüslerde R744 sistemlerinin filo testlerine devam etmektedir (Eberwein, 2011; Schirra, 2011; Sonnekalb, 2012). 2012 yılında Polonyalı bir otobüs üreticisi, ısıtma ve soğutma için tersinir R744 ısı pompası sistemlerine sahip, aküyle çalışan elektrikli otobüsler satmaya başlamıştır (Solaris, 2012). Silindir grubu kapatma kontrolleri, ejektörler ve iki vitesli planet dişli kutusu kompresör tahrikleri gibi önlemler nedeniyle R744 otobüs klima sistemlerinin enerji verimliliği iyileştirmelerindeki önemli potansiyeller Kossel (2011) ve Kaiser (2012) tarafından araştırılmıştır.

AHRI’nın “Düşük GWP’li Alternatif Soğutucu Akışkanlar Değerlendirme Programı (Low-GWP Alternative Refrigerants Evaluation Program)”, kapsamında otobüs iklimlendirmesinde kullanılan alternatif soğutucu akışkan karışımlarının (HFC-134a’ya alternatif olarak N-13a [R450A] ve AC5 [R444A] ve R407C’ye alternatif olarak, L-20 (küttelece; %45HFC-32/%20 HFC-152a/%35HFO-1234ze(E)) ve D52Y (küttelece; %15HFC-32/%25HFC-125/%60HFO-1234yf)) kullanımı araştırılmıştır. Alternatif karışımların kullanıldığı otobüs klima sistemleri için çoğunlukla karşılaştırılabilir veya daha düşük enerji verimliliği tespit edilmiştir (Kopecka, 2013a ve 2013b).

Çevre ve yakıt fiyatlarına ilişkin endişeler otobüs üreticilerini hibrit ve bataryalı elektrikli araçlar geliştirmeye yöneltmektedir. Bu konsept, geleneksel motor tahrikli kompresörleri geçersiz kılmakta ve soğutucu akışkan şarjının ve kaçak oranının daha düşük olduğu bağımsız hermetik sistemleri tercih etmektedir. Elektrik gücü ya yerleşik kaynaklardan ya da motor tahrikli jeneratörlerden sağlanır. Bu sistemler sadece elektrikli araçlarla sınırlı olmayıp geleneksel otobüslerde de uygulanabilmektedir. Trolleybüslerde kurulumlar bulunabilir.

4. İYİLEŞTİRME (RETROFITTING): MEVCUT SİSTEMLERE YÖNELİK SEÇENEKLER

(Ref: RTOC-Assessment report 2014)

Herhangi bir soğutma çevrimi için ikame soğutucu akışkan seçerken aşağıdaki hususlar dikkate alınmalıdır:

- Kompresör, belirli bir giriş ve çıkış basıncında verimli çalışacak şekilde tasarlanmıştır. İkame soğutucu akışkanların orijinal soğutucu akışkana benzer basınçlarda çalışması önemlidir.
- Benzer kaynama noktalarına sahip soğutucu akışkanlar, belirli bir kompresörle benzer soğutma etkisi üretir.
- İkame soğutucu akışkanın, sistemin mevcut evaporatör ve yoğuşturucusunun aynı ısı transfer alanında orijinal soğutucu akışkan kadar ısı aktarabilmesi arzu edilir.
- Hermetik sistemlerde soğutucu akışkan motor malzemeleriyle doğrudan temas eder; dolayısıyla soğutucu akışkanın bu malzemelerle uyumlu olması ve yüksek sıcaklık ve basınçta yıllarca temas ettikten sonra bile sistemdeki hiçbir malzemeye olumsuz etki yapmaması gerekir.

- İkame soğutucu akışkan aynı zamanda conta malzemeleriyle de uyumlu olmalıdır.
- Yağ hem soğutucu akışkan hem motor malzemeleri hem de conta malzemeleri ile uyumlu olacak şekilde seçilmelidir.
- Daha yoğun bir soğutucu akışkan, basınç düşüşünde bir artış olmadan daha yüksek akış hızına uyum sağlamak için daha büyük bir sıvı hattına ihtiyaç duyacaktır.
- Üretim maliyeti.
- Zehirlilik ve yanıcılık.
- Çevresel Etkiler.

4.1 Ev Tipi Cihazlar

Madde 5 dışındaki ülkeler, yeni cihaz üretiminin ozon tabakasını incelten maddeleri (OTİM) içermeyecek şekilde dönüştürülmesini 15 yıldan uzun bir süre önce tamamladı. Daha sonra, 5. Madde'ye tabi bazı ülkeler de dönüştürmelerini tamamladı (örneğin; Hindistan 2003). Bu nedenle, ozon tabakasını incelten soğutucu akışkanlar içeren çoğu ürün artık yaşam döngüsünün sonuna yaklaşıyor.

OTİM içermeyen soğutucu akışkanlara sahada dönüşüm, orijinal ekipman dönüşümünü önemli ölçüde geciktirmiştir. Hizmet sektörünün dağıtılmış ve bireysel mülk sahibi karakteri, OTİM soğutucu akışkanlarından dönüşüme yönelik koordineli çabaların önünde bir engeldir. Saha servis prosedürlerinde genellikle orijinal olarak belirtilen soğutucu akışkanlar kullanılır. Özellikle ikame olarak kullanılmak üzere geliştirilen soğutucu akışkan karışımları sınırlı başarı elde etmiştir. İlgilenen okuyucu, sahadaki onarım ve dönüştürme seçeneklerine ilişkin daha kapsamlı bir tartışma için bu komitenin 1998 tarihli raporuna başvurabilir (UNEP, 1998).

Sınırlı sermaye kaynakları da Madde 5 ülkelerinde yeni cihazlarla değiştirmeye kıyasla yeniden inşa hizmeti seçeneklerini desteklemiştir. Yeniden inşa, ürünün enerji verimliliğini önemli ölçüde artırma ve elektrik dağıtım şebekesi üzerindeki baskıyı azaltma fırsatını ortadan kaldırma sonucunu da beraberinde getirmektedir.

HFC-134a, HFC ve HC karışımları gibi OTİM içermeyen alternatiflere saha dönüşümü çoğunlukla yapılmamaktadır. Bazı ülkelerde eski üniteler OTİM içermeyen alternatifler kullanan yeni cihazlarla değiştirilmektedir. Alternatif soğutucu akışkanların kullanımına uygun şekilde dönüştürülmesi için gerekli olabilecek kapsamlı yeniden yapılandırma maliyeti, bu yaklaşım için önemli bir caydırıcı unsurdur.

HC karışımlarına dönüşüm durumunda, güvenlik hususları; kapalı bir hacim içindeki herhangi bir yanıcı gaz birikiminin, bu hacim içinde bir elektrik kıvılcımı, elektrik arki veya havaya sızan gazın kendiliğinden tutuşma sıcaklığının üzerindeki yüzey sıcaklığı potansiyelinden kaçınmasını gerektirir. Bunu sağlamak için hizmet içi ürün modifikasyonunun kapsamlı orijinal ürün konfigürasyonuna bağlıdır. Orijinal ekipman üreticisi ürünün yapısını en iyi bilen kişidir ve devam etme kararı verilmeden önce gerekli değişiklikler için kendisine danışılmalıdır.

Soğuk duvar evaporatör konstrüksiyonları, sızan soğutucu akışkanın buzdolabının iç astarından yayılmasını veya soğutulmuş hacim içinde birikmesi için astardaki açıklıklardan konveksiyon yoluyla akmasını gerektirir. Önemli miktarda gaz birikmesi olasılığı düşüktür. Ayrıca soğutulan hacim içerisinde yer alan elektrikli bileşenler sınırlıdır ve dolayısıyla kapalı

hacim içerisinde bir tutuşma kaynağının bulunma olasılığı düşüktür. Bazı raporlara göre bu konfigürasyonun ekonomik olarak sonradan dönüştürülmesinin uygulanabilir olduğu iddia edilmektedir, ancak devam etme kararı öncesinde orijinal üretici tarafından prosedür tanımlanmalıdır.

Soğutulan hacim içerisine yerleştirilen ince duvarlı evaporatörler, otomatik defrostlu buzdolapları için yaygın bir yapıdır. Soğutucu akışkan sızıntısı soğutulmuş hacim içinde birikebilir ve tutuşma riski, sızıntı oranının soğutulmuş hacim içinde yanıcı bir karışım oluşmasına neden olacak kadar yeterli olup olmamasına bağlıdır. Ek olarak, termostatlar, konvektif fanlar, defrost ısıtıcıları, ışıklar, buz yapıcılar vb. gibi elektrikli bileşenler genellikle soğutulmuş hacim içinde bulunur ve bu da bir ateşleme kaynağının mevcut olma olasılığını artırır. Anında dönüşümün uygulanabilirliği, kabul edilebilir bir konfigürasyona ulaşmak için gereken orijinal yapı değişikliğinin kapsamına bağlı olacaktır. Tekrar belirtmek gerekirse, orijinal imalatçı tarafından yapılan dönüştürme prosedürü tanımlı ihtiyatlıdır ve devam etme kararı verilmeden önce aranmalıdır.

4.2 Ticari Soğutma Sistemleri

Bu bölüm kurulu ekipmanlara yönelik iyileştirme seçeneklerini kapsar. Tekil sistemler için, soğutma devresi tamamen lehimli ve hermetik olduğundan soğutucu akışkanı değiştirmeye yönelik bir teşvik yoktur ve ağır bir sızıntı meydana gelmediği takdirde mevcut kullanım ömrüne göre değiştirilecektir. Ancak tekil sistemler için birkaç seçenek şunlardır: R404A için R448A veya R449A ve HFC-134a için R450A. Daha fazla üretici mevcut soğutucu akışkanlar ve ekipmanlar için alternatif ürünler piyasaya sürdükçe bu listenin uzaması beklenebilir.

R407A, R407F ve R427A gibi R407 serisi soğutucu akışkanlar, üreticilerin onaylarına bağlı olarak birçok gelişmiş ülkede R404A için retrofit soğutucu akışkan olarak kullanılmaktadır. R407C de dahil olmak üzere bu soğutucular ticari olarak mevcuttur ve ayrıca HCFC-22'nin yerini alacak şekilde formüle edilmiştir. R448A ve R449A (ve henüz ASHRAE numaraları atanmamış diğerleri) gibi GWP'si 2000'den düşük olan diğer HFC karışımları da 2015 yılında ticari olarak satışa sunulmuş ve HCFC-22 ve R404A'nın yerini almaya aday olmuştur. Aslında, gelişmekte olan ülkelerde HCFC-22'nin değiştirilmesi için en önemli konu, kabul edilebilir maliyetlerde değiştirme seçenekleri bulmak olacaktır. Gelişmekte olan ülkelerin bu değişiklikleri benimseme konusunda gelişmiş ülkelerin gerisinde kalacağı göz önüne alındığında, Madde 5 ülkeleri değişikliği yapmaya hazır olduğunda bu değişikliklerin maliyetinin daha iyi olması beklenebilir. Soğutma sistemlerinin kullanım ömrüne bağlı olarak, iyileştirme (retrofit) seçeneği, aşamalı azaltma programını takip etmek için gereken soğutucu akışkan yönetim planının bir parçasıdır. Mevcut soğutucu akışkanların geri kazanımı ve geri dönüşümü, günümüz soğutucu akışkanlarından bir dizi düşük GWP seçeneğine geçişi kolaylaştırmak için güçlü bir seçenek teşkil etmektedir.

4.3 Endüstriyel Soğutma Sistemleri

HCFC-22 kullanan sistemler sıfır ODP soğutucu akışkana dönüştürülmüştür, ancak HFC-C-22'nin çalışma koşullarını kopyalamak zordur ve bu nedenle dönüşümler genellikle bir ekipman değişimi unsurunu içerir. Herhangi bir büyük ölçekli iyileştirme projesine girişmeden önce tesisin yaşı, modern ve daha verimli bir sistemle değiştirilmesinin maliyeti ve iyileştirmenin işletmeye devam etmesine yönelik riskler göz önünde bulundurulmalıdır.

HFC karışımlarına dönüşüm: DX (superheat kontrollü) sistemlerde HCFC-22'nin yeri-

ne kullanılabilecek çok sayıda karışım vardır, ancak HCFC-22'nin basınç sıcaklık ilişkisini, önemli bir kayma olmadan, kopyalayan hiçbir karışım yoktur ve bu nedenle bu karışımlar, karışımın parçalanmasının sorun olduğu taşmalı (flooded) sistemlerde pek yaygın değildir. Endüstriyel sistemlerin bir karışım gazı kullanılarak iyileştirildiği durumlarda, mineral veya alkil benzen yağlayıcıdan sentetik estere geçiş de gerekli olabilir. Bazı karışımlar, karışımında hidrokarbonlar olacak şekilde formüle edilir, böylece soğutucu akışkan yanıcı olmadan, yağlayıcı daha fazla karışabilir ve sistemin evaporatöründe birikme olasılığı daha düşük olur. Büyük bir taşmalı (flooded) sistem için, kompresörleri ve kondenserleri bir HFC karışımı kullanılacak şekilde dönüştürmekle birlikte düşük basınç tarafını da ikincil bir akışkana (hatta uçucu bir ikincil akışkan olarak R744) dönüştürmek uygun olabilir. Madde 5 ülkelerinde HCFC-22 tesisinin iyileştirilmesi bugüne kadar çok nadir görülen bir durumdur.

R744'e geçiş: R744 sistemlerinin yüksek çalışma basıncından dolayı, mevcut bir HCFC-22 sisteminin R744 ile çalışacak şekilde dönüştürülebilmesi oldukça düşük bir ihtimal haline gelmektedir. Ancak, kaskad sisteme dönüşüm ile sistemdeki florokarbon soğutucu akışkan miktarı büyük ölçüde azaltılabilir. Uygun şekilde projelendirilmesi halinde, sistemdeki düşük basınçlı boruların ve evaporatörlerin yeniden kullanılması bile mümkün olabilir. R744 soğutucu akışkanı kullanılan kaskad bir soğutma sisteminin bulunduğu bir soğuk hava deposu, izin verilen 25 bar basınçla sınırlandırılabilir, ancak bu karmaşık bir yenilemedir ve özellikle de on yıldan daha eskiyse tüm tesisin değiştirilmesi daha ekonomik olabilir.

R717'ye geçiş: Çok az sayıda bir HCFC-22 tesisi R717'ye dönüştürülmüştür (Jensen, 1996). Bazı durumlarda kompresörler ve evaporatif kondenserler her iki soğutucu akışkan için de uygundur ve büyük uygulamalarda borular muhtemelen kaynaklı çeliklidir. Evaporatörler bakır borulu ise değiştirilmeleri gerekir. Sistemin dönüşüm sırasında dikkatli bir şekilde temizlenmesi zorunludur çünkü örneğin yağlayıcıda kalan HCFC-22 izleri R717 ile reaksiyona girerek tüm dahili bileşenleri bloke edebilecek katı bir köpük üretecektir. Azot temizleme ile üçlü tahliye muhtemelen gereklidir; bu zaman alıcı ve pahalıdır ve yine tesisin değiştirilmesi düşünülmelidir. Çoğu ülkede, HCFC-22 kullanan ekipmanlar bu dönüşüm için uygun değildir.

Hidrokarbona geçiş: R744 ve R717'den farklı olarak, HCFC-22'yi mevcut sistemlerden çıkarmak ve onu HC-290 ile değiştirmek teknik olarak mümkün olmakla birlikte, ortaya çıkan sistemin, hidrokarbonların kullanımına ilişkin güvenlik kurallarına uymaması oldukça muhtemeldir; soğutucu akışkan miktarı şarj kısıtlamalarına uymayacak ve elektrik altyapısı uygun şekilde korunmayacaktır. Bu tür bir dönüşümün 2008 yılında Yeni Zelanda'da meydana gelen ölümcül bir kazadan sorumlu olduğuna inanılmaktadır (NZFS, 2008). Madde 5 ülkelerinde HCFC'lerin hızla aşamalı olarak ortadan kaldırılmasının bir sonucu, yeterli kontroller olmadan bu tür dönüşümlerin artması olabilir. Bununla birlikte, sistem verimliliğinin artırılacağı HCFC-22'den HC soğutucu akışkana (HC-290 veya HC-1270) kontrollü bir dönüşüm yapılması durumu da mevcuttur. Bu durumda uygun güvenlik önlemlerinin alınması önemlidir.

4.4 Soğuk Taşımacılık

4.4.1 Intermodal konteynerler ve karayolu araçları

Karayolu araçlarının ve intermodal konteynerlerin ömrü genellikle sırasıyla 12 ila 18 yılı geçmez. Bu süre, yaptığı işe ve Avrupa'da ATP planına (Faaliyete geçtiği ilk 6 yıldan sonra 3 yıllık yeniden sertifikalandırma süresi vardır) göre belirlenir. Halen kullanımda olan HCFC soğutucularının yerini hızla HFC'ler almaktadır. Araçlardaki ötektik ve kriyojenik sistemler ise; güvenlik, yerleşim ve diğer taşıma uygulamaları gereklilikleri ile sınırlandırılmamışlardır, bu nedenle sistemde çeşitli soğutucu akışkanlar kullanılabilir.

HCFC ve CFC içeren soğutucu akışkanlardan R502, HCFC-22 ile ilgili sorunların üstesinden gelmek için 1960'tan sonra karayolu taşımacılığı endüstrisinde yaygın olarak kullanılmıştır. Retrofit seçenekleri R408A, R402A (her ikisi de HCFC-22 içerir), R404A veya R507A'yı içerir ancak bunlar bir bileşen değişikliği gerektirir.

En yaygın olarak kullanılan R404A'nın, düşük GWP'li alternatiflerinin (GWP 150'nin altında, genellikle doymamış HFC'ler içeren) testleri devam etmektedir. Bir AHRI AREP katılımcısı, üç düşük GWP'li 2L yanıcı sınıftaki soğutucu akışkanın karşılaştırmalarını gerçekleştirmiştir (Kopecka, 2013). Değerlendirme, bu 2L sınıfı yanıcı soğutucu akışkanların sahada R404A kullanan sistemlerin iyileştirmesi için uygun olmadığını göstermiştir.

Son araştırmalar, R404A ile farklı GWP değerinde (1300 ile 2200 arasında değişen), iyileştirme kolaylığı sağlayan; özellikler, performans ve tutarlılık kombinasyonu sunan çeşitli yanıcı olmayan karışımları tanımlamıştır. Bu karışımlar güvenlidir, R404A'dan önemli ölçüde daha düşük GWP değerine sahiptirler ve bazı durumlarda doğrudan mevcut ünitelerde kullanılabilirler. Bu, onları R404A kurulu sistemlerinin yanı sıra, yeni sistemler için de olası bir çözüm haline getirmektedir.

Liste R407A, R407F, R448A, R449A ve R452A'yı içermektedir ve bunlarla sınırlı değildir (Motta-Babiloni, 2014, Minor, 2014).

Yanıcı olmayan karışımların bu grubunda R452A, ek sistem değişiklikleri gerekmeden R404A ile eşdeğer performansa ulaşabilen, kolay ve doğrudan kullanılabilen bir ürün olarak öne çıkmaktadır. GWP değeri yaklaşık 2100'dür. Öte yandan, R448A ve R449A daha düşük GWP değerine sahip (yaklaşık 1400) seçenekler olarak öne çıkmakta ve çeşitli karmaşıklık derecelerinde sistem değişiklikleri gerektirmektedir (tipik olarak basma sıcaklıklarını sınırlamak için likit enjeksiyonunun eklenmesi).

Soğutulmuş ISO konteyner filosunun %3.5 ila 6'sının, sahte soğutucu akışkanlar (çoğu klor içeren) içerdiği tespit edilmiştir (Lawton, 2012). Soğutucu akışkan maliyetinin ve sınırlı bulunabilirliğinin, ucuz sahte soğutucu akışkanların benimsenmesi yönünde baskı oluşturduğu ve bunun sonucunda çevreye zarar verdiği varsayılmaktadır. Mevcut HFC'lerin vergilendirilmesi (örneğin GWP değerine dayalı olarak) muhtemelen sahte soğutucu akışkan kullanımını artıracaktır.

4.4.2 Gemiler

Gemilerin kullanım ömrü, karayolu araçlarına ve intermodal konteynerlere göre oldukça uzundur. Gemiler ortalama 30 yıl işletilmektedir. Ticari ve yolcu gemileri yeni taşıtlar arasında yer almaktadır. Ticari gemilerin ortalama yaşı 2008 yılında 18.9 iken 2012 yılında 16.7 yıla düşmüştür (ISL, 2012). Yolcu gemilerinin sayısı ve boyutları yaklaşık iki katına çıkmıştır (ISL, 2011).

HCFC-22, birçok denizcilik uygulamasında baskın soğutucu akışkan olmuştur. Şimdi yavaş yavaş kullanımdan kaldırılıyor ve birçok tesis yenileniyor. R417A, R422D ve R427A esas olarak mevcut filodaki en yaygın soğutucu akışkan olan HCFC-22'yi yenilemek için kullanılmaktadır.

Büyük yolcu gemilerinde, büyük su soğutma sistemleri kullanılmaktadır. Yeni gemilerde en çok kullanılan soğutucu akışkan HFC-134a olmakla birlikte R410A da sıklıkla kullanılmaktadır. Mevcut klima sistemlerinin iyileştirilmesi için, R407C ve R427A gibi diğer HFC alternatifleri, makul bir verime ulaşmak için sistemde modifikasyonlar yapılmasını gerektirir.

HCFC-123, muhtemelen daha yüksek toksisite nedeniyle gemilerde hiçbir zaman gerçek bir seçenek haline gelmemiştir.

Gemilerde kullanılan klima sistemlerinin, gemilerdeki sistemlerin beklenen uzun ömründen dolayı, belki de birkaç yıllık küçük bir gecikmeyle, kıyı sistemlerinde görülen yeni çözümlerin gelişimini takip etmesi beklenmektedir.

4.5 Hava Soğutmalı Klimalar ve Isı Pompaları

Madde 5 veya Madde 5 dışındaki ülkelerde HCFC'nin aşamalı olarak kullanımdan kaldırılması süreci ilerledikçe, kurulu ürünlerin faydalı ömürlerinin sonuna kadar hizmet vermesi ihtiyacı devam etmektedir. Bu ürünlere servis yapılırken soğutucu akışkanın işlenmesi aşağıdaki kategorilere ayrılabilir:

- Mevcut soğutucu akışkanın kullanılması
- Yalnızca soğutucu akışkan değişimi
- İyileştirme (Retrofit) (soğutucu akışkan ve sistem bileşenleri değişimi)
- Dönüştürme (yanıcı soğutucu akışkana)

Bu kategorilerin çoğunun 5. Madde ülkeleri için önemli olması muhtemeldir, çünkü sistemler faydalı ömürlerini uzatmak amacıyla sıklıkla birkaç kez onarılır. HCFC tüketiminin çoğunun kurulu klimaların bakımı için kullanıldığı, klima üretmek yerine ithalat yapan çok sayıda Düşük Hacimli Tüketici (Low Volume Consuming, LVC) ülke bulunmaktadır. Bu ülkelerde HCFC tüketimi, ikame soğutucu akışkanların kullanılmasıyla veya mevcut ekipmanın ODP olmayan soğutucu akışkanlarla iyileştirilmesiyle azaltılabilir. Maliyet nedeniyle daha az tercih edilen bir diğer seçenek de mevcut ekipmanın kullanım ömrünün bitiminden önce değiştirilmesi olacaktır. Madde 5'in kapsamı dışında kalan ülkelerde, ünite değişimi daha yaygındır çünkü büyük bir onarımın veya yenilemenin gerçekleştirilmesiyle ilgili maliyetler çoğu zaman ürünü değiştirme maliyetinden daha yüksek olabilir. Yenileme ve değiştirme işlemleri için gerekli soğutucu akışkan ihtiyacı büyük ölçüde, kurulu HCFC-22 ürün adedi, HCFC'nin aşamalı olarak sona erdirilmesi programı, izin verilen servis hizmeti, HCFC-22'nin mevcudiyeti ve aşamalı olarak kullanımdan kaldırmaya giden geri kazanım ve islah uygulamalarına göre belirlenecektir. Kurulu klima ve ısı pompalarının, Madde 5'e dahil olmayan ülkelerde 15 ila 20 yıl arasında ortalama hizmet ömrü vardır, bu süre Madde 5 ülkelerinde daha uzun olabilir. Bu nedenle, geri kazanım ve islah programlarının uygulanması ve soğutucu akışkanların değiştirilmesi ve iyileştirilmesinin sağlanması, HCFC-22'ye olan talebin azaltılmasına yardımcı olabilir.

Sistemde bir tamiratın ardından mevcut soğutucu akışkanı kullanarak, işlenmemiş, geri dönüştürülmüş veya islah edilmiş soğutucu akışkan (yani tipik olarak HCFC-22) kullanan normal uygulamalar izlenebilir.

Sadece soğutucu akışkan değişimi için, HCFC bir karışımla değiştirilir, ancak orijinal ekipmanda kullanılan yağlayıcı veya başka herhangi bir sistem bileşeni değiştirilmez. Bu işlem için kullanılan soğutucu akışkanlara ikame karışımlar (drop-in) adı verilir. Soğutucu akışkandaki bu tür bir değişiklik çoğu durumda HCFC'ye kıyasla daha düşük kapasite ve/veya verimlilik, farklı çalışma basınçları/sıcaklıkları ve kompresör gücü ile sonuçlanır.

İyileştirme, yalnızca soğutucu akışkanın değiştirilmesini değil aynı zamanda yağ (her zaman gerekli olmasa da), dryer (gerekliyse) gibi sistem bileşenlerini ve bazı durumlarda kom-

presörün, yağlayıcının, kurutucunun, genleşme valfin değiştirilmesini içerebilecek daha kapsamlı modifikasyonları ve sistemdeki tüm artık yağın uzaklaştırılması için sistemin temizlenmesi ve yıkanmasını da ifade eder. İyileştirme, mevcut soğutucu akışkanı kullanmaktan çok daha maliyetli olabilir. Soğutucu akışkanı sistemde ek değişikliklerle değiştirmek ve hatta bazen üniteyi değiştirmek (kompresörün ya da ısı eşanjörlerinin değiştirilmesinin gerekmesi) muhtemelen uygun maliyetli olmayacaktır.

Dönüştürme, mevcut soğutucu akışkanın, soğutma sistem bileşenlerini ve yağı iyileştirme ile aynı şekilde ele almaya gerek kalmadan bir başkasıyla değiştirilmesidir, ancak değiştirilen soğutucu akışkanın yanıcı olması nedeniyle, potansiyel ateşleme kaynakları gibi ekipmanın harici hususlarının ele alınması gerekir. Ancak bu karmaşık bir süreç olduğundan ve öngörülemeyen güvenlik risklerine yol açabileceğinden normalde tavsiye edilmez. Yine soğutucu akışkandaki bu tür bir değişiklik, HCFC'nin kapasitesini ve/veya verimliliğini, çalışma basınçlarını, sıcaklıklarını, vb. etkileyebilir.

HCFC sistemlerinde soğutucu akışkanın değiştirilmesi ve iyileştirilmesi durumunda, birçok karışımın GWP değeri HCFC'den daha yüksek olduğundan, yeni soğutucu akışkanın GWP değeri de dikkate alınmalıdır.

Her durumda, soğutucu akışkanı değiştirmeden önce sistem üreticisine danışılması tavsiye edilir.

Yalnızca soğutucu akışkan değişimi: Şu anda HCFC-22'nin yerini almak üzere piyasaya sürülen çeşitli soğutucu akışkanlar bulunmaktadır. Genellikle iki veya daha fazla HFC soğutucu akışkanı az miktarda HC (veya HFC-227ea gibi belirli HFC soğutucu akışkanları) ile birleştirilir ve bu soğutucu akışkanın, neredeyse tüm HCFC-22 klima sistemlerinde kullanılan, naftenik mineral yağ bazı ve alkil benzen yağlayıcılarla çalışmasını sağlamak için, karışıma eklenir. Böylece bu soğutucu akışkanlar HCFC-22'nin performansını taklit etmeye çalışır. Ancak nadiren HCFC-22 kadar iyi performans gösterirler (genellikle, daha düşük kapasiteye, verimliliğe sahiptirler). Örneğin, Spatz ve Richard (2002), yapmış oldukları çalışmada, bir split klimada, standart test koşullarında, R417A soğutucu akışkanını, HCFC-22 ile karşılaştırdığında hem kapasitede hem de COP değerinde %10'luk bir düşüş sergilediğini gösterdi. Allgood vd.'lerinin (2010), yapmış olduğu kalorimetre testlerinde ise, R438A'nın HCFC-22'den sırasıyla yaklaşık %7 ve %2 daha düşük kapasiteye ve COP değerine sahip olduğu tespit edilmiştir. Yine bir başka çalışmada, Messineo vd. (2012) HFC karışımlarından hiçbirinin (R417A, R407C ve R404A), bir iklimlendirme sistemindeki HCFC-22'den daha iyi performans göstermediğini ortaya koymuştur.

Klimalar için geleneksel olarak kullanılırsa da Bolaji (2011), bir klimadaki R404A ve R507A'yı HCFC-22 ile karşılaştırmıştır. R507A ve R404A'nın ortalama soğutma kapasiteleri, HCFC-22'ye göre sırasıyla %4.7 daha yüksek ve %8.4 daha düşük olurken, ortalama COP değeri de sırasıyla %10.6 artmış ve %16 azalmıştır.

Performans ve verimlilik etkilerine ek olarak, karışımlar yağ geri dönüşünde aynı performans göstermeyebilir. Yağın geri dönüşünü sağlamak için HC'ler eklenir, ancak o kadar etkili olmayabilir ve yüksek ortam sıcaklıkları ve ısı pompası çalışması sırasında görülen daha düşük yüklerde ve aşırı çalışma noktalarında sorunlar ortaya çıkabilir.

Kompresör ve sistem üreticileri sıklıkla bu tür soğutucu akışkan seçeneklerinin değerlendirilmelerini yapar ve kendi ekipmanlarında kullanıma uygun olduğuna inandıkları

öneriler sunar. Bu karışımların uygulanmasına ilişkin bilgiler üreticilerden alınabilir. Bazı HCFC-22 kompresörleri artık POE yağlarıyla kullanıldığından, R407C veya benzer HFC'lerin prensipte doğrudan yedek olarak kullanılabileceği de kabul edilebilir.

İyileştirme (Retrofit soğutucu akışkan kullanımı): Klimalarda HCFC-22'ye alternatif olarak önerilen bazı HFC karışımları, aynı zamanda HCFC-22 sistemleri için de uygun retrofit soğutucu akışkanlar olarak kabul edilmektedir.

Kompresörün zaten bir mineral yağ kullanması koşuluyla, HCFC-22'den R407C'ye geçiş, mevcut naftenik mineral yağın veya alkil benzen sentetik yağın değiştirilmesini ve ayrıca sentetik yağlayıcıların bozunma ürünlerini emebilen filtre kurutucuların kullanılmasını gerektirir. Akıcılığı yüksek karışımlar kullanmanın dezavantajı, sistemde dolaşımda olan akışkanın bileşimi ile sisteme şarj edilen akışkanın bileşiminin değişmesini önlemek için, servis sırasında tüm soğutucu akışkanın boşaltılması ve değiştirilmesi gerekliliğidir. Bununla birlikte, R407C orta düzeyde bir akışkanlığa sahip olduğundan, laboratuvar ve saha deneyimleri göstermektedir ki; şarj edilen tüm soğutucu akışkan değiştirilmeden, sistem performansının üzerinde minimum etkiye sebep olacak şekilde bakım yapılabilir. Diğer HFC karışımları, R407C ile benzer pratik sonuçlara sahip olma eğiliminde olacaktır.

Yanıcı soğutucu akışkanlara dönüşüm: HC-290, HC-1270 gibi HC soğutucu akışkanları ve bunları içeren karışımların yanı sıra HC-170 ve RE170 (örn., R433A, R433B, R433C, R441A ve R443A) bazı bölgelerde, genellikle küçük sistemlerde (pencere tipi ve split tip gibi) HCFC-22'nin dönüşümü için kullanılır. Bazı ülkeler bu yaklaşımı HCFC'yi aşamalı olarak ortadan kaldırma stratejilerine dahil ederken, diğer ülkelerde (ABD gibi) uygulama yasal değildir. Bu soğutucu akışkanlar HCFC-22'ye yakın kapasite ve verimlilik sağlayabilirken, yanıcılık nedeniyle önemli bir güvenlik tehlikesi yaratabilirler. Genel olarak, HC'lerin özel olarak uygun şekilde tasarlanmamış sistemlerde kullanılması önerilmez. Eğer HC'ler kullanım için düşünülüyorsa geçerli güvenlik standartlarına ve uygulama kurallarına sıkı bir şekilde uyulmalıdır.

Yukarıdakilere ek olarak, HC'lere ilaveten RE170 (Dimetil eter) ve HFC-152a içeren, sınıf 3 yanıcılık özelliğine sahip başka karışımlar da pazarlanmaktadır. Örneğin Park vd. (2009a), yaptıkları araştırmada klima ve ısı pompası çalışma durumu için R431A ve HCFC-22'nin performansını ölçmüştür. Sonuçlar, R431A'nın COP'sinin HCFC-22'ninkinden %4 daha yüksek olduğunu, R431A'nın kapasitesinin ise her iki çalışma durumu için de benzer olduğunu göstermiştir. R432A ve HCFC-22'nin performansının da karşılaştırıldığı çalışmada, R432A'nın COP ve kapasitesinin her iki çalışma durumu için sırasıyla %9 ve %2-6 daha yüksek olduğunu göstermiştir.

4.6 Sıcak Su Isı Pompaları

Çoğu sıcak su ısı pompası için genellikle sahada bir soğutucu akışkan tarafı boru hattı bulunmadığından, ünitenin tamamen değiştirilme seçeneği birçok durumda daha iyi bir ekonomik çözüm olabilir. Yeni üniteler genellikle daha enerji verimli ve daha iyi performans sunar, bu da uzun vadeli bir yatırım olarak daha iyi olabilir. Tüm ünitenin değiştirilmesinin zor olabileceği yerlerde bulunan daha büyük üniteler için bazen kompresör, genişleme valfi, contalar, güvenlik ekipmanları ve yağ gibi bileşenlerin değiştirilmesi seçeneği tercih edilir. Bu amaçla ekipman üreticileri bazen özel iyileştirme paketleri sağlar.

4.7 Su soğutma Üniteleri (Chiller)

CFC ve HCFC soğutucu akışkanları aşamalı olarak kullanımdan kaldırıldığında (ve HF-C'leri aşamalı olarak kullanımdan kaldıran bazı ülkelerde), bu soğutucu akışkanları kullanan su soğutma grupları tarafından gerçekleştirilen işlevler aşağıdaki yollardan biriyle desteklenmelidir:

Muhafaza Etme: Emisyonları azaltmak için muhafaza prosedürleri ve ekipman modifikasyonları ile birlikte stoklanmış ve/veya ıslah edilmiş envanterlerle çalışmaya devam edilmesi.

İyileştirme (Retrofit): Geçerli yönetmeliklere bağlı olarak alternatif soğutucu akışkanlarla (izin verilen yerlerde HFC'ler) çalışmaya izin verecek şekilde modifikasyon.

Değiştirme: İzin verilen soğutucu akışkanları veya alternatifleri kullanan yeni su soğutma üniteleriyle (tercihen enerjiyle ilgili iklim etkisini azaltan daha yüksek verimliliğe sahip) erken kullanımdan kaldırma/değiştirme.

İyileştirme seçenekleri, su soğutma ünitesinin orijinal olarak tasarlandığı spesifik soğutucu akışkana bağlıdır. Herhangi bir iyileştirme yapıldığında, makine odasının, ASHRAE 15 (ASHRAE, 2013) ve EN 378 (EN, 2008) gibi güvenlik standartlarının en son versiyonuna veya ISO 5149 (ISO, 2014) gibi uluslararası standartların gereksinimlerine göre düzenlenmesi önerilir. Ayrıca herhangi bir iyileştirme programında ekipmanın imalatçılarına danışılması da tavsiye edilir.

Pozitif deplasmanlı su soğutma üniteleri: Pozitif deplasmanlı bir kompresör; motorunun yeterli güce sahip olması, kompresörün, boruların, ısı eşanjörlerinin ve diğer bileşenlerin soğutucu akışkanlarla ilgili basınç kodlarını ve düzenlemelerini karşılayabilmesi, sistem malzemeleri ile kullanılan yağın soğutucu akışkanlarla uyumlu olması durumunda su soğutma ünitesindeki farklı soğutucu akışkanları ve basınç oranlarını kolaylıkla idare edebilecek şekilde kullanılabilir. Bu esnekliğe rağmen, pozitif deplasmanlı su soğutma ünitelerinin yeni soğutucu akışkanlarla çalışacak şekilde uyarlanması konusunda birtakım sorunlar devam etmektedir.

Santrifüj su soğutma üniteleri: Santrifüj kompresörler doğası gereği belirli bir soğutucu akışkan için ve kullandıkları soğutucu akışkan çevriminin belirli çalışma koşulları için özel olarak tasarlanmalıdır. Santrifüj su soğutma ünitelerinde doğrudan soğutucu akışkan değişimi, yalnızca ikame soğutucu akışkanın özelliklerinin ekipmanın tasarlandığı soğutucu akışkanın özellikleriyle neredeyse aynı olduğu veya çark hızı ve/veya çark geometrisinin kolayca değiştirilebildiği durumlarda yapılabilir. Geçmişte bu, açık tahrikli su soğutma ünitelerinde dışı değişiklikleriyle ve hem açık tip hem de hermetik kompresörlü su soğutma ünitelerinde değişken hızlı sürücülerle gerçekleştiriliyordu. Kompresör dalgalanma marjı, ikame soğutucu akışkanın özellikleri kullanılarak kontrol edilmelidir.

Buhar sıkıştırmalı olmayan su soğutma üniteleri – absorpsiyon: En yaygın absorpsiyonlu chiller üniteleri hem doğrudan hem de dolaylı ateşlemeli versiyonları olan su-lityum bromür çözelti tipidir. Mekanik bir buhar sıkıştırmalı chiller ünitesi ebatları, benzer kapasiteye sahip bir absorpsiyonlu chiller ile karşılaştırıldığında, absorpsiyonlu chiller üniteleri yaklaşık %25-50 daha hantaldır. Bu durum, cihazın kurulumunun yapıldığı alanın ölçülerinden dolayı mevcut sistemlerin yenilenmesinde önemli bir faktör olabilir. Bir diğer önemli faktör ise absorpsiyonlu chiller ünitesinin soğutma kulesi gereksinimidir. Absorpsiyonlu chiller ünitesi, soğutucu akışkan ve absorban karışımının meydana geldiği absorberlerin yanı sıra konden-

serleri için de soğutmaya ihtiyaç duyduğundan, karıştırma ısısının ve uzaklaştırılması gereken çözelti ısısının emisyonuna neden olur. Bir absorpsiyonlu sistemin soğutma kulesi, benzer kapasitedeki mekanik buhar sıkıştırma sistemden %30 ila 60 daha büyüktür.

Öte yandan mekanik buhar sıkıştırma sisteminin absorpsiyonlu sistemle değiştirilmesi binanın elektrik tüketiminin bir kısmından tasarruf sağlar. Bu, transformatörün, elektrik panolarının ve elektrik borularının kapasite gereksinimlerini azaltır. Doğal gazla çalışan bir sistem kullanıldığında uygun gaz boruları ve hattı için hazırlık yapılmalıdır. Absorpsiyonlu sistemlerin hareketli parça sayısı az olduğundan titreşim önleyici montaj gerektirmez.

4.8 Araç Klimaları

CFC-12 sistemlerinin iyileştirilmesi: CFC-12 sistemlerinin iyileştirilmesine yönelik SNAP yönetmeliği kapsamında USEPA tarafından onaylanan 12 karışım soğutucu akışkan bulunmaktadır (USEPA, 2013). Ancak bunların çoğu yalnızca minimum düzeyde kullanılmış ve bazıları hiçbir zaman tam olarak ticarileştirilmemiştir. HFC-134a ile iyileştirme, OEM'ler tarafından onaylanmış ve kullanımın uygun görülmesi ile daha yaygınlaşmıştır. 2013 yılında yapılan araştırmada tüm arabaların yaklaşık %6'sı hala CFC-12 ile çalışmaktaydı ve tüm arabaların yaklaşık %10'u HFC-134a ile iyileştirilmişti (Atkinson, 2014). Bununla birlikte, CFC-12'li araçların iyileştirilmesi, öncelikle CFC-12 kullanan araç filosunun azalması ve kısmen de ıslah edilmiş CFC-12'nin kullanılabilirliğinin devam etmesi nedeniyle önemli ölçüde azalmıştır. ABD'de CFC-12'nin satışı yalnızca sertifikalı teknisyenlerle sınırlıdır.

Hidrokarbon ile iyileştirme: Araç OEM'leri ve bazı düzenleyici kurumlar, yetersiz güvenlik azaltımı nedeniyle bu süreci onaylamasa da HFC-134a ve CFC-12 sistemlerinin hidrokarbonlara uyarlanması çeşitli bölgelerde, özellikle Avustralya'da ve bir dereceye kadar Kuzey Amerika'da hala gerçekleşmektedir.

5. YAĞLAMA

(Ref: Wikipedia)

Yağlama, birbirine yakın ve birbirine göre hareket eden yüzeylerden biri veya her ikisinin arasındaki sürtünmeyi ve aşınmayı, aralarına yağlayıcı adı verilen bir madde koyarak azaltmak için kullanılan işlem veya tekniktir. Sıvı yağlayıcılarda uygulanan yük, ya yağlama sıvısının yüzeyler arasındaki hareketine karşı sürtünmeli viskoz direnç nedeniyle sıvı içinde üretilen basınçla ya da yüzeyler arasında basınç altında pompalanan sıvıyla taşınır.

5.1 İşlevleri

Yağlar aşağıdaki temel işlevleri yerine getirir:

Hareketli parçaları ayrı tutmak: Yağlar genellikle bir sistemdeki hareketli parçaları ayırmak için kullanılır. Bu, ısı üretiminin, çalışma gürültüsünün ve titreşimlerin azalmasıyla birlikte sürtünmeyi ve yüzey yorgunluğunu azaltma avantajına sahiptir. Yağlar bunu çeşitli yollarla başarır. En yaygın olanı fiziksel bir bariyer oluşturmaktır, yani hareketli parçaları ince bir yağlayıcı tabaka ayırır. Bu, bir araba lastiğinin durgun suda hareket ederek yol yüzeyinden ayrılması sırasında gözlemlenen sürtünme kaybı olan suda kızaklamaya benzer. Buna hidrodinamik yağlama denir. Yüksek yüzey basınçları veya sıcaklıkları durumunda, sıvı filmi çok daha incedir ve kuvvetlerin bir kısmı, yağ aracılığıyla yüzeyler arasında iletilir.

Sürtünmeyi azaltmak: Tipik olarak yağdan yüzeye sürtünme, herhangi bir yağlamanın ol-

madığı bir sistemde yüzeyden yüzeye sürtünmeden çok daha azdır. Böylece bir yağlayıcının kullanılması genel sistem sürtünmesini azaltır. Azaltılmış sürtünme, ısı üretimini azaltma ve aşınma parçacıklarının oluşumunu azaltmanın yanı sıra verimliliği artırma avantajına da sahiptir. Yağlar, hidrodinamik yağlama için yetersiz miktarda yağlayıcı mevcut olduğunda bile yüzey sürtünmesini azaltmak için metal yüzeylere kimyasal olarak bağlanan sürtünme düzenleyiciler olarak bilinen katkı maddeleri içerebilir; bir araba motorundaki valf mekanizmasının çalıştırma sırasında korunması.

Isı transferi: Hem gaz hem de sıvı yağlayıcılar ısıyı aktarabilir. Ancak sıvı yağlayıcılar yüksek özgül ısı kapasiteleri nedeniyle çok daha etkilidir. Tipik olarak sıvı yağlayıcı, sistemin daha soğuk bir kısmına sürekli olarak sirküle edilir, ancak yağlayıcılar, düzenlenmiş bir sıcaklık gerektiğinde soğutmanın yanı sıra ısıtma için de kullanılabilir. Bu dolaşımdaki akış aynı zamanda herhangi bir zaman biriminde taşınan ısı miktarını da belirler. Yüksek akışlı sistemler çok fazla ısıyı taşıyabilir ve yağ üzerindeki termal stresi azaltma gibi ek bir faydaya da sahip olabilir. Böylece daha düşük maliyetli sıvı yağlar kullanılabilir. Birincil dezavantaj, yüksek akışların tipik olarak daha büyük hazneler ve daha büyük soğutma üniteleri gerektirmesidir. İkincil bir dezavantaj ise, yağı ısıl stresten korumak için akış hızına dayanan yüksek akışlı bir sistemin, ani sistem kapanmaları sırasında ciddi arızalara yatkın olmasıdır. Otomotiv yağı soğutmalı bir turbo şarj bunun tipik bir örneğidir. Turbo şarjlar çalışma sırasında kızarır ve onları soğutan yağ, sistemdeki kalış süresi çok kısa olduğundan (yani yüksek akış hızından) zarar görmez. Sistem aniden kapatılırsa (yüksek hızda sürüş sonrası servis alanına çekilip motorun durdurulması), turbo şarj cihazındaki yağ hemen oksitlenir ve yağ yollarını tortularla tıkar. Zamanla bu birikintiler yağ yollarını tamamen tıkayabilir, soğutmayı azaltabilir ve bunun sonucunda turbo şarj cihazının tipik olarak yatakların tutukluk yapması nedeniyle tamamen arızalanmasıyla sonuçlanabilir. Gresler ve macunlar gibi akmayan yağlayıcılar, ilk etapta ısı oluşumunu azaltarak katkıda bulunmalarına rağmen ısı transferinde etkili değildir.

Kirleticileri ve artıkları uzaklaştırmak: Yağlayıcı sirkülasyon sistemleri, dahili olarak üretilen kalıntıları ve sisteme giren harici kirleticileri, çıkarılabilecekleri bir filtreye taşıma avantajına sahiptir. Otomotiv motorları gibi düzenli olarak artık veya kirletici madde üreten makinelere yönelik yağlayıcılar, artık ve kirletici maddelerin filtreye taşınmasına ve çıkarılmasına yardımcı olmak için tipik olarak deterjan ve dağıtıcı katkı maddeleri içerir. Zamanla filtre tıkanacak ve temizlenmesi veya değiştirilmesi gerekecek, bu nedenle yağı değiştirirken aynı zamanda arabanın yağ filtresini de değiştirmeniz önerilir. Dişli kutuları gibi kapalı sistemlerde, oluşan ince demir parçacıklarını çekmek için filtreye bir mıknatıs eklenebilir.

Bir dolaşım sisteminde yağın yalnızca filtrenin kapasitesi kadar temiz olacağı açıktır. Bu nedenle, tüketicilerin çeşitli otomotiv filtrelerinin filtreleme yeteneğini kolaylıkla değerlendirebilecekleri endüstri standartlarının bulunmaması talihsiz bir durumdur. Yetersiz filtreleme makinenin (motorun) ömrünü önemli ölçüde azalttığı gibi sistemi verimsiz hale getirir.

İletim gücü: Hidrostatik güç aktarımında hidrolik akışkan olarak bilinen yağlar kullanılır. Hidrolik akışkanlar dünyada üretilen tüm yağlayıcıların büyük bir kısmını oluşturur. Otomatik şanzımanın tork konvertörü, yağlayıcılarla güç aktarımında bir diğer önemli uygulamadır.

Aşınmaya karşı korumak: Yağlayıcılar hareketli parçaları ayrı tutarak aşınmayı önler. Yağlayıcılar ayrıca aşınma ve yorulmaya karşı performanslarını artırmak için aşınma önleyici veya aşırı basınç katkı maddeleri de içerebilir.

Korozyonu önlemek: Kaliteli yağlayıcılar genellikle korozyonu ve paslanmayı önlemek için yüzeylerle kimyasal bağlar oluşturan veya nemi dışarıda bırakan katkı maddeleri ile formüle edilir. İki metalik yüzey arasındaki korozyonu azaltır ve daldırılmış korozyonu önlemek için bu yüzeyler arasındaki teması önler.

Gazlar için sızdırmazlık: Yağlayıcılar, kılcal kuvvet yoluyla hareketli parçalar arasındaki boşluğu dolduracak ve böylece boşluğu kapatacaktır. Bu etki, pistonları ve milleri sızdırmaz hale getirmek için kullanılabilir.

5.2 Seçim ve Gereksinimler

(Ref: www.mobilindustrial.com)

Teknik açıdan bakıldığında, bir soğutma sistemi için seçilen yağlayıcının;

- Soğutma sisteminde kullanılan kompresör tipinin yağlanması uygun olmalıdır,
- Soğutucu akışkanla uygun karışabilirlik ve çözünürlük özelliklerine sahip olmalıdır.

Soğutma kompresörünün yağlaması: Endüstriyel soğutma sistemlerinde ağırlıklı olarak üç tip kompresör kullanılır:

• **Pistonlu kompresörler:** Yağ, silindirleri, bağlantı çubuklarını, muylu ve baskı yataklarını yağlar ve soğutucu akışkanın sıkıştırılmasında iyi bir sızdırmazlık sağlar.

• **Vidalı kompresörler:** Yağ, vidayı/vidaları (kuru vidalı üniteler hariç) ve kayar ve baskı yataklarını yağlar; iyi sızdırmazlık sağlar ve sıkıştırılmış gazı soğutur.

• **Santrifüj kompresörler:** Yağ, kaymalı, sürtünmesiz ve baskı yataklarının yanı sıra, shaft salmastrası ve çarpan dişlilerini yağlar; uygun sızdırmazlık sağlar ve çoğu durumda kompresör parçalarını soğutur.

Bazı soğutma sistemlerinde spiral veya rotorlu kompresörler de kullanılmaktadır.

5.3 Yağlayıcıların özellikleri

(Ref: UNEP, *Manual for refrigeration servicing technicians*)

• **Düşük parafin içeriği:** Parafinin soğutma yağı karışımından ayrılması, soğutucu akışkan kontrolü yapan orifisleri tıkayabilir.

• **İyi ısıl stabilite:** Kompresörde (basma çıkış vanası gibi yerlerde), sert karbon birikintileri ve lekeler oluşturmamalıdır.

• **İyi kimyasal stabilite:** Soğutucu akışkanla veya sistemlerde bulunan malzemelerle çok az kimyasal reaksiyon olmalı veya hiç kimyasal reaksiyon olmamalıdır.

• **Düşük akma noktası:** Bu, yağın sistemdeki en düşük sıcaklıkta akışkan halde kalma yeteneğidir.

• **İyi karışabilirlik ve çözünürlük:** İyi karışabilirlik, yağın kompresöre geri dönmesini sağlar, ancak çok yüksek çözünürlük, yağlayıcının hareketli parçalardan akmasına neden olabilir.

• **Düşük viskozite indeksi:** Bu, yağlayıcının yüksek sıcaklıklarda iyi yağlama özelliklerini koruyabilme yeteneğidir.

5.4 Yağ Kategorileri

(Ref: UNEP, Manual for refrigeration servicing technicians)

Temel olarak, soğutma yağlayıcıları altı tiptir: mineral yağlar (MO), alkil benzen yağları (AB), poliöl ester yağları (POE), poli alfa olefin yağları (PAO), poli alkil glikol yağları (PAG).

Geleneksel olarak, CFC soğutucu akışkanları kompresörlerin yağlanması için mineral ve alkil benzen yağlarıyla birlikte kullanılır. Geleneksel mineral yağlarla karışmayan ve karışabilirlik ve yağ geri dönüşü için sentetik yağların kullanılmasına ihtiyaç duyan HFC soğutucu akışkanlarının piyasaya sürülmesiyle bu durum artık değişmektedir.

5.5 Mineral Bileşimi

(Ref: ASHRAE 2002)

Soğutma yağlarındaki mineral bileşikler, Parafinler, Naftenler (sikloparafinler), Aromatikler, Hidrokarbon olmayanlar şeklinde gruplandırılır. Bu dört yapısal bileşenin mutlaka saf hallerde mevcut olması gerekmez. İlk üç yapı genellikle zincirlerle birbirine bağlanır. Basitlik açısından, mineral yağın bileşimi moleküler analizle aşağıdaki şekilde tanımlanır.

Soğutma yağları için en önemli yapısal moleküller şunlardır:

1. Doymuş maddeler (veya aromatik olmayanlar, yalnızca parafinlerden ve/veya naftenlerden oluşur): Mükemmel kimyasal stabilite, R22 gibi bazı soğutucu akışkanlarla zayıf çözünürlük, Zayıf sınır yağlayıcıları (yüzeyden yüzeye temas yağlaması)

2. Aromatikler (parafinlere ve/veya naftenlere bağlı aromatiklerden oluşur): Doymuştan daha reaktif, Soğutucu akışkanlarla çok iyi çözünürlük, İyi sınır yağlama özellikleri.

3. Hidrokarbon olmayanlar (C ve H₂'ye ek olarak S, N₂ veya O₂'den oluşur.): En reaktif, İyi sınır yağlama.

5.6 Uyumluluk ve Uygulamalar

Karışabilirlik: Genellikle büyük soğutma sistemlerinde özellikle de soğutucu akışkan olarak amonyak kullanan ve yağ ayırıcıları bulunan sistemlerde, soğutucu akışkanla karışmayan veya karışabilirliği düşük olan bir yağ kullanılması beklenir.

Yağ ayırma yapılmayan sistemlerde, kompresörden evaporatöre taşınan yağın, soğutucu akışkan-yağ karışımının evaporatör çıkışında tek fazda kalması ve kompresöre doğru ilerlemek için yeterince düşük bir viskozitede kalması için, evaporatör sıcaklığında soğutucu akışkanla yeterince karışabilir olması önemlidir. Yağın, soğutucu akışkanla zayıf karışabilirliği nedeniyle evaporatörde ayrılması veya karışımın viskozitesinin yüksek olması durumunda, akışkanın evaporatörde sıkışması muhtemeldir ve sistemin soğutma kapasitesini ve verimliliğini olumsuz yönde etkileyebilir.

Çözünürlük: Uygun yağ seçimi için bir diğer önemli husus, yüksek kompresör sıcaklığında gaz halindeki soğutucu akışkanın emilmesinden sonra yağ viskozitesinin, kompresörün etkili bir şekilde yağlanması için yeterli olmasını sağlamaktır.

5.7 Sentetik Yağlar

(Ref: Wikipedia)

Sentetik yağ, yapay olarak üretilen (sentezlenen) kimyasal bileşiklerden oluşan bir yağlayıcıdır. Sentetik yağlar, ham petrolün tamamı yerine kimyasal olarak değiştirilmiş petrol bileşenleri kullanılarak üretilbildiği gibi diğer hammaddelerden de sentezlenebilir. Sentetik yağ, aşırı sıcaklıklarda çalışırken petrolden rafine edilen yağın yerine kullanılır. Çünkü genel olarak geleneksel mineral yağlarda bulunanlara göre üstün mekanik ve kimyasal özellikler sağlar. Örneğin uçak jet motorları sentetik yağların kullanımını gerektirirken uçak pistonlu motorları bunu gerektirmez. Mineral yağların R22 ve R502 ile sınırlı çözünürlüğü ve R134a ve R32 gibi kloruz florokarbon soğutucu akışkanlarda çözünürlüğün olmayışı, sentetik yağların kullanımına yol açmıştır. Florokarbonlar ile kullanılan yağlar pahalıdır.

En çok kullanılan üç sentetik yağ şunlardır:

- 1. Alkilbenzen** (R22 ve R502 için): R22 ve R502 ile iyi çözünürlük, Mineral yağlara göre daha iyi yüksek sıcaklık kararlılığı
- 2. Poliglikoller** (R134a ve R32 karışımları için): Genellikle R134a kullanan otomotiv klima sistemlerinde kullanılır, Mükemmel yağlama sağlar, Düşük akma noktaları vardır, Düşük sıcaklıklarda akışkanlığı iyidir, Kimyasal ve ısıl stabilite için katkı maddeleri gerektirir.
- 3. Poliöl Esterler** (R134a ve R32 karışımları için): Tüm kompresör tiplerinde HFC soğutucu akışkanlarla kullanılır, Yüksek viskozite indeksleri vardır.

ETKİNLİK 2

FARKLI SEKTÖRLER İÇİN ALTERNATİF SOĞUTUCU AKIŞKANLAR VE YAĞLAR

YAPILACAKLAR

Dakikada 2000 kJ soğutma etkisi üretmek için 100 KPa ile 1 MPa arasında çalışan bir soğutma sistemi gereklidir. Evaporasyon sıcaklığı -5°C ve kondenzasyon sıcaklığı 30°C 'dir. Kompresör ve genişleme valfindeki kayıpları ihmal edin. Bu verilere göre:

- Dakika başına sirküle edilen hava kütleini
- Kompresör işi ve çevrim işini
- COP'yi ve kW cinsinden gücü hesaplayınız.

YAPILACAKLAR

Önceki bilgilere dayanarak, farklı soğutucu akışkanlar ile çalışan soğutma sistemlerini karşılaştıran bir rapor hazırlayınız. Çevreye zararlı olduğunu düşündüğünüz soğutucu akışkanlara alternatifler de önerebilirsiniz.

YAPILACAKLAR

Aşağıdaki soğutma çevrimini bir P-h diyagramı üzerinde çiziniz.

Buharlaştırma Basıncı	Yoğuşma Basıncı	Subcool	Superheat
0.296 MPa	1.192 MPa	5°C	5°C

- Diyagramdan özgül hacim ve özgül entalpileri okuyun.
- Çözüm sırasını gösteren bir rapor hazırlayın.

ETKİNLİK 2

FARKLI SEKTÖRLER İÇİN ALTERNATİF SOĞUTUCU AKIŞKANLAR VE YAĞLAR

- Bu aktivitede, öğrencinin derste bahsedilenler dışındaki diğer ulusal standardizasyon kuruluşlarını tanıtan bir rapor hazırlaması gerekmektedir.
- Ayrıca, ulusal standartların bir karşılaştırması yapılmalı, nerede uyuşup nerede uyuşmadıkları açıklanmalıdır.

ETKİNLİK:

- Türk standartları, ilgili standardizasyon kurumu ve bunların uygulanması hakkında bir sunum hazırlamalıdır.
- Ayrıca sunum, uluslararası standartların benimsenmesinin Türkiye ulusal düzeyindeki etkisini de ortaya koymalıdır.

ARAŞTIRMA:

Ülkenizde bulunan bir fabrika binası için en uygun klima besleme sistemini öneriniz:

- a. Ofisler
- b. Mağazalar
- c. Atölyeler

Seçtiğiniz sistem için gerekçelerinizi belirtiniz ve ayrıca klima sistemi için en uygun ısı atma sistemini belirtiniz.

ARAŞTIRMA:

Aşağıdakileri tartışan bir rapor hazırlamanız gerekmektedir:

Düşük GWP soğutucu akışkanın performansını, her biri için iki farklı tipte soğutucu akışkan kullanarak standalone sistemde ve split ünite klima sisteminde geleneksel/güncel bir soğutucu akışkan ile karşılaştırmak ve kullanılan uygulamaya göre en verimli olanı seçerek sonuçlandırmak (teorik olarak).



MODÜL 3

SÜRE: 3 HAFTA

**SOĞUTUCU AKIŞKANLARIN MUHAFAZASI,
İKLİMLENDİRME VE SOĞUTMA SİSTEMLERİNİN
SERVİS VE BAKIMI**

1. GİRİŞ VE MUHAFAZANIN TANIMLANMASI

(Ref: UNEP- Manual for Refrigeration Servicing Technicians)

Muhafaza, sızdırmaz bağlantı noktaları, contalar, boru hatları gibi ekipmanlar ile soğutucu akışkanın cihaz içinde tutulması ve sistemin, soğutucu akışkan sızıntısını en aza indirecek şekilde kullanılmasına ilişkin genel kavramdır. Sızıntı tespiti, muhafazanın temel bir unsurudur ve soğutucu akışkanların ölçülmesine ve korunmasının iyileştirilmesine olanak tanıdığından, soğutma ve iklimlendirme ekipmanlarının imalatında, devreye alınmasında, bakımında ve servisinde yer almalıdır.

2. SOĞUTUCU AKIŞKAN KAÇAĞI

(Ref: UNEP- Manual for Refrigeration Servicing Technicians)

Bir sistemden soğutucu akışkan sızıntısı olup olmadığını belirlemenin üç yolu vardır:

- **Küresel yöntemler:** Soğutucu akışkanın varlığını gösteren ancak gerçekte bir sızıntının yerini tespit etmeyen sabit dedektörler gibi. Üretimin sonunda ve sistem onarım veya yenileme için her açıldığında faydalıdır.

- **Yerel yöntemler:** Bir teknisyenin sızıntının yerini manuel olarak belirlemek için gaz algılama ekipmanı kullandığı yöntemlerdir. Bu, servis sırasında kullanılan olağan yöntemdir.

- **Otomatik performans izleme sistemleri:** Operatörleri, ekipman performansındaki değişikliklere karşı uyararak bir sızıntının var olduğunu gösterir. Böylece, sistemde soğutucu akışkan eksikliği olduğu anlaşılabilir.

“Soğutucu akışkan tespiti” ile “kaçak tespiti” arasındaki farkın bilinmesi önemlidir: soğutucu akışkan tespiti soğutucu akışkanın varlığının belirlenmesi, kaçak tespiti ise soğutucu akışkanın yayıldığı veya yayılabileceği yerin belirlenmesidir. Bu nedenle, soğutucu akışkan tespiti normalde kaçakları tespit etmek için gereklidir, ancak teknisyenin kaçak kaynağını manuel olarak araması gerekir.



3. GERİ KAZANIM, GERİ DÖNÜŞÜM, ISLAH (RECOVERY, RECYCLING, RECLAMATION & RRR)

(Ref: UNEP, 2010 Report of the refrigeration, air conditioning and heat pumps technical options committee)

Soğutucu akışkanın korunması veya geri kazanılması ihtiyacı, endüstrinin belirli bir terminoloji geliştirmesine yol açmıştır:

Geri kazanım, soğutucu akışkanın herhangi bir durumda bir sistemden çıkarılması ve harici bir kapta depolanması anlamına gelir.

Geri dönüşüm, soğutucu akışkanın bir cihazdan çıkarılması ve filtre kurutuculardan (yağı ayırır, nemi, asitliği ve partikül maddeyi azaltır) geçirilerek temizlenmesi anlamına gelir. Geri dönüşüm normalde sahada gerçekleşir.

Islah, kullanılmış soğutucu akışkanın, tipik olarak damıtma yoluyla, işlenmemiş ürün özel-

liklerine benzer özelliklere göre yeniden işlenmesi anlamına gelir. İslah; su, klorür, asit, yüksek kaynama noktalı kalıntı, katı parçacıklar, yoğunlaşmayan kirletici maddeleri ve farklı kaynama noktalarına sahip diğer soğutucu akışkanlar da dahil olmak üzere yabancı maddeleri ortadan kaldırmak. Uygun özelliklerin karşılandığını belirlemek için soğutucu akışkanın kimyasal analizinin yapılması gerekir. Kirletici maddelerin tanımlanması ve gerekli kimyasal analiz, yeni ürün özelliklerine yönelik ulusal veya uluslararası standartlara göre belirlenir. İslah, tipik olarak bir yeniden işleme veya üretim tesisinde gerçekleşir.

İmha, kullanılmış soğutucu akışkanın çevreye duyarlı bir şekilde yok edilmesi anlamına gelir.

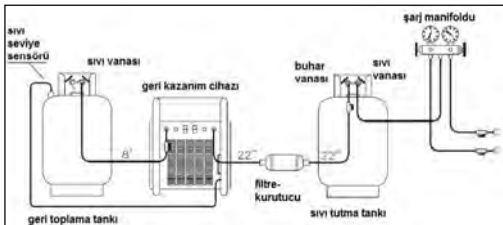
3.1 Geri Kazanım Yöntemleri

Bir geri kazanım ünitesi, bir sistemden diğer uygulanabilir yöntemlere kıyasla daha fazla soğutucu akışkanı uzaklaştıracağından, bunun kullanımı bir istisna değil, norm olarak kabul edilmelidir. Geri kazanım üniteleri artan bulunabilirlikleri nedeniyle daha yaygın olarak kullanılmaktadır. Soğutma veya iklimlendirme sisteminin özellikleri ve geri kazanım ünitesinin temel kapasitesi, geri kazanım hızı ve geri kazanılabilecek soğutucu akışkan türü ile ilgili teknik özellikleri dikkate alınarak uygun ekipmanın kullanılması önemlidir. Vakum pompalarında olduğu gibi, bağlantı hortumları mümkün olduğunca kısa ve büyük çaplı tutulursa geri kazanım üniteleri çok daha verimli çalışacaktır. Bir geri kazanım ünitesinin sisteme yaklaştırılmadığı durumlarda, uzun hortumlar kullanılabilir. Bu durumda tek sorun, geri kazanımın daha uzun sürmesi olacaktır. Soğutucu akışkanları atmosfere salmak için artık kabul edilebilir bir neden veya mazeret bulunmamaktadır.

Geri kazanım üniteleri sisteme mevcut servis valfleri veya hat valfleri veya resimde gösterildiği gibi penseller ile bağlanır. Bunlardan bazıları, kompresöre girmeden önce sıvıyı kısarak buhar fazındaki soğutucu akışkanları, diğerleri ise hem buhar hem de sıvı fazındaki soğutucu akışkanları işleyebilir. Sadece buhar geri kazanım makinelerinde, ciddi hasara yol açacağından kompresörün soğutucu akışkanı likit olarak emmediğinden emin olunmalıdır. Birçoğunun yerleşik depolama tankları vardır.

Buhar transferi

Daha büyük soğutma sistemlerinde bu işlem sıvı aktarımına göre kayda değer ölçüde daha uzun sürecektir. Geri kazanım üniteleri, sistemler ve geri kazanım depoları arasındaki bağlantı hortumları mümkün olduğunca kısa ve geniş çaplı tutulmalıdır.

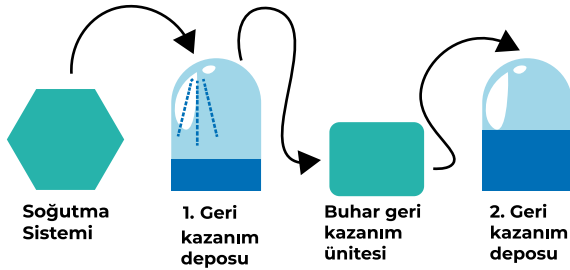


Şekil 3.2: Buhar fazında geri kazanım örneği

Sıvı transferi

Yakın zamana kadar doğrudan sıvı geri kazanımı duyulmamış bir şeydi. Ancak yağsız kompresörlerin ve sabit basınç regülatör valflerinin kullanılmasıyla, çoğu geri kazanım ekipmanı üreticisi tarafından tercih edilen geri kazanım yöntemi haline gelmiştir. Yağsız geri kazanım ekipmanı soğutucu akışkan buharlaştıran dahili bir cihaza sahiptir. Yağsız kompresörler sadece CPR (crankcase pressure regulating-karter basıncı düzenleme) valfi gibi bir cihaz aracılığıyla ölçüldüğünde sıvıyı tolere edecektir. Üniteniz sıvı geri kazanımı için tasarlanmamışsa sıvı geri kazanım yöntemini kullanmaya çalışmayın.

Sıvı geri kazanımı standart buhar geri kazanımı ile aynı şekilde gerçekleştirilir. Tek fark, sistemin yüksek tarafına bağlanacak olmanızdır. Sıvı geri kazanımı büyük miktarlarda soğutucu akışkanın geri kazanımı için idealdir.



Şekil 3.3: Sıvı geri kazanım örneği

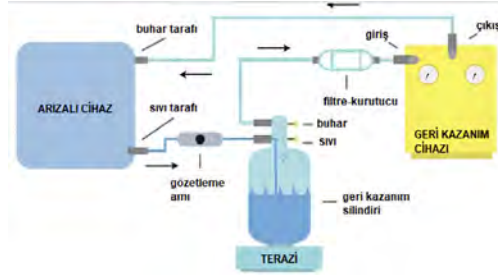
Geri kazanım ünitesinin dahili bir sıvı pompası yoksa ya da başka bir şekilde sıvı işlemek üzere tasarlanmamışsa; sıvı, iki geri kazanım deposu ve bir geri kazanım ünitesi kullanılarak sistemden çıkarılabilir. Geri kazanım depolarının her biri sıvı ve buhar bağlantıları için olmak üzere iki girişi ve iki valfi olmalıdır. Bir deponun sıvı portunu doğrudan soğutma sistemine, sıvı soğutucunun boşaltılabileceği bir noktaya bağlayın. Aynı deponun buhar girişini geri kazanım ünitesi girişine bağlayın. Depodan buhar çekmek için geri kazanım ünitesini kullanın, böylece depo basıncını düşürerek sıvının soğutma sisteminden depoya akmasına neden olur. Bu durum oldukça hızlı gerçekleşebileceğinden dikkatli olunuz.

İkinci depo, soğutucu akışkan birinci depodan çekerken geri kazanım ünitesinden toplamak için kullanılır. Geri kazanım ünitesinin yeterli yerleşik depolama kapasitesi varsa bu gerekli olmayabilir. Soğutma sisteminden tüm sıvı soğutucu akışkan geri kazanıldıktan sonra bağlantıların yeri değiştirilebilir ve kalan soğutucu akışkan, buhar geri kazanım modunda tekrar kullanılmaya hazır hale getirilir.

İtme ve çekmeyle sıvı geri kazanım

Sıvı geri kazanımı için daha önce anlatılardan daha yaygın olan ve “it ve çek” yöntemi olarak adlandırılan başka bir yöntem daha vardır. Bir geri kazanım deposuna erişiminiz varsa, geri kazanım deposu geri kazanım ünitelerinin buhar vanasına ve geri kazanım deposu sıvı vanasını devre dışı bırakılan ünitenin sıvı tarafına şemada gösterildiği gibi bağlarsanız prosedür başarılı şekilde gerçekleşecektir. Geri kazanım ünitesi, geri kazanım deposunda-

ki basıncı düşürürken sıvı soğutucu akışkanı devre dışı bırakılan üniteden çekecektir. Geri kazanım ünitesi tarafından geri kazanım deposundan çekilen buhar daha sonra devre dışı bırakılan ünitenin buhar tarafına geri itilecektir.



Şekil 3.4: İtme ve çekme yöntemiyle sıvı geri kazanım örneği

3.2 Soğutucu Akışkanların Geri Dönüşümü

Geri kazanılan soğutucu akışkan, sistemde yeniden kullanılabilir veya çıkarılma nede-
nine ve durumuna, yani içerdiği kirleticilerin seviyesine ve türlerine bağlı olarak sahadan
çıkarılabilir ve başka bir sistemde kullanılmak üzere işlenebilir. Soğutucu akışkanların geri
kazanımında birçok potansiyel tehlike vardır ve geri kazanım ve yeniden kullanımın dik-
katle izlenmesi gerekir. Soğutucu akışkanlardaki potansiyel kirleticiler; asitler, hava, nem,
yüksek kaynama noktalı kalıntılar ve diğer partikül maddelerdir. Bu kirleticilerin düşük se-
viyeleri bile bir soğutma sisteminin çalışma ömrünü azaltabilir ve geri kazanılan soğutucu
akışkanın yeniden kullanılmadan önce kontrol edilmesi önerilir.

Hermetik kompresörü yanmış bir üniteden gelen soğutucu akışkan, yağ ayırıcı ve filt-
reler içeren bir geri kazanım ünitesi ile geri kazanılmış olması ve asitliği açısından kontrol
edilmiş olması koşuluyla yeniden kullanılabilir. Islah edilen herhangi bir yağın asit içeriğini
kontrol etmek için bir soğutma yağı test kiti kullanmak gerekir. Genellikle yapılacak tek şey
bir test şişesini test edilecek yağ ile doldurmak ve içindeki test sıvısı ile karıştırmaktır. Eğer
sonuç mor ise; yağ güvenlidir. Eğer sıvı sarıya dönerse bu yağın asidik olduğunu gösterir ve
soğutucu/yağ sistemde kullanılmamalıdır. Bu tür malzemeler ıslah veya imha için gönderil-
melidir. Piyasada geri kazanım, geri dönüşüm, tahliye ve yeniden şarj işlemlerini tek bir bağ-
lantı üzerinden hızlı ve sürekli bir şekilde gerçekleştiren çeşitli üniteler bulunmaktadır; bun-
lara soğutucu geri dönüşüm makineleri denir. Eğer geri dönüşüm olacaksa, bir sonraki konu
soğutucu akışkanın durumudur. Yağ soğutucu akışkandan ayrıldığında, kirletici maddelerin
çoğu içinde bulunur. Çoğu soğutucu akışkan geri dönüşüm makinesinde, partiküllerin yanı
sıra diğer nem ve asitleri gidermek için filtre kurutucular kullanılır. Bu soğutucu akışkanın
sisteme geri verilmesi genellikle kabul edilebilir.

Asıl sorun hermetik kompresörde bir yanma olduğunda ortaya çıkar. Yanma, soğutma
sisteminin kompresörü içindeki elektrik arızasının bir sonucudur. Bunun nedeni çeşitli fak-
törler olabilir. Bu durumda soğutucu akışkanın kirlenmesi hafiften şiddetliye kadar değişe-
bilir. Piyasadaki ekipmanlar tarafından iki geri dönüşüm standart yöntemi kullanılmaktadır.
Bunlardan ilki tek geçişli, diğeri ise çok geçişli olarak adlandırılır. Her iki yöntemde de çalış-
ma sağlayan ekipmanlar mevcuttur.

Tek geçişli geri dönüşüm makineleri soğutucu akışkanı filtre-kurutucular ve/veya damıtma yoluyla işler. Geri dönüşüm sürecinden makineye ve ardından depolama tankına yalnızca bir geçiş yapar.

Çoklu geçiş yöntemi, geri kazanılan soğutucu akışkanı filtre kurutuculardan geçirerek birçok kez yeniden dolaştırır. Belirli bir süre veya döngü sayısından sonra soğutucu akışkan bir depoya aktarılır. Çoklu geçiş yöntemiyle geri dönüşüm daha uzun sürer, soğutucu akışkanın kirlilik ve nem seviyesi bu yöntemin tercih edilmesinde önemli bir etkidir. Özellikle kirliliğe, gerekli olabilir.

3.3 Islah ve Ayrıştırma

Korumanın bir yolu da bir ıslah planının oluşturulmasıdır. Islah, kullanılmış soğutucu akışkanın geri kazanılmasını ve işlenmemiş özelliklerine geri dönüştürülmesini içerir. Kullanılmış soğutucu akışkanlar ıslah edildikten sonra yeniden paketlenir ve yeni kullanıcılara satılır. Islah esasen piyasa temelli bir endüstridir. Belirli bir soğutucu akışkan için talep yoksa, geri kazanılan soğutucu akışkanın ıslah tesislerine gönderilmesinin maliyeti, geri kazanım için caydırıcı olacaktır. Kullanılmış soğutucu akışkanın geri alınmasını desteklemek için soğutucu akışkan tedarik şirketleri ile erkenden çalışmalar başlatılmalıdır. Pek çok hizmet kuruluşu (özellikle motorlu taşıt iklimlendirmesi için), ıslah edilmeyi bekleyen geri kazanılmış soğutucu akışkanların depolanma maliyetini karşılayamayacaktır. Küçük miktarlarda geri kazanılmış soğutucu akışkanın ıslah tesislerine gönderilmesinin maliyeti, geri kazanım çabaları için caydırıcı bir unsurdur. Bu tür caydırıcılar stoklanan soğutucu akışkanın dışarı atılmasını teşvik eder. Politika yapıcılar tarafından pazara giden alternatif (ve potansiyel olarak yasadışı) yolların ortadan kaldırılmasına özen gösterilmelidir. Kullanılmış soğutucu akışkanların uygunsuz bir şekilde ıslah edilmesinin önlenmesi, soğutucu akışkan dağıtım zincirinin sıkı bir şekilde denetlenmesini gerektirir.

Kullanılmış soğutucu akışkanın işlenerek, işlenmemiş özelliklerine yakın hale getirilmesini sağlayan ıslah uygulamaları, soğutucu akışkan stokunun ve soğutucu akışkan içeren ekipmanın kalitesini korumak için gereklidir. Aynı şekilde, ıslah, soğutucu akışkanın ömrünü uzatır ve tekrar hizmete sokarak ve kullanılmış soğutucu akışkanların kullanım süresini uzatarak işlenmemiş soğutucu akışkana olan bağımlılığı azaltır.

Islah edilmiş soğutucu akışkan, yeni üretilen ürün özelliklerine benzer özellikleri karşılamak üzere işlenmiş ve analizlerle doğrulanmış soğutucu akışkan anlamına gelir. İşlenmemiş soğutucu akışkan ve ıslah edilmiş soğutucu akışkan arasında teknik olarak çok az fark vardır. Bunun bir istisnası, işlenmemiş florokarbonların üretiminden veya ayrışmasından kaynaklanan belirli tehlikeli veya toksik bileşenlerin izin verilen içeriğidir.



Şekil 3.5: Örnek bir ıslah ve ayrıştırma tesisi

İslah edilmiş soğutucu akışkanın kullanılması, kontamine soğutucu akışkanın doğru-
dan sonucu olarak soğutucu emisyonlarına yol açabilecek olası sistem arızalarını önleme
avantajına sahiptir. İslah edilmiş soğutucu akışkan yeni ürün spesifikasyonlarını karşıla-
dığından, genellikle ekipmanlarına garanti veren ekipman üreticilerinin desteğine sahip-
tir. İslah etmenin bir avantajı, gerçekten geri kazanılmış olan soğutucu akışkan ölçümle-
rinin kolayca elde edilebilmesidir. Bununla birlikte, ıslah maliyetli bir altyapı gerektirir ve
bu da ancak geri kazanılan soğutucu akışkanın finansal getiri potansiyeli ıslahı gerçekleştiren
şirketin ilk yatırımının üstesinden gelmeye yeterli olması durumunda uygulanabilir
olabilir.

Karışmış soğutucu akışkanlar, yani geri kazanım işlemi sırasında çapraz kontaminas-
yona (zararlı bakteri ve virüslerin kontamine bir yüzeyden başka bir yüzeye geçişi) uğ-
rayan soğutucu akışkanlar, sistemlerin performansları üzerindeki olumsuz etkileri, başka
bir sistemde yeniden kullanılmaları halinde olası ekipman hasarları ve imha edilmeleri için
gerekten yüksek maliyet nedeniyle endişe kaynağıdır. Bu karışım durumu, hermetik kom-
presör motorunun yanması gibi kimyasal reaksiyonlardan kaynaklanabileceği gibi, daha
büyük olasılıkla kötü servis uygulamalarından da kaynaklanabilir. Soğutucu akışkanların
karışması olasılığını en aza indirmek için aşağıdaki adımlar atılabilir:

- Tüm hortumlar ve depolar dahil olmak üzere geri kazanım ünitelerini üreticinin öne-
rileri doğrultusunda uygun şekilde temizleyin veya karışık soğutucu akışkan içerdiğinden
şüphelenilen ekipmana bir parça geri kazanım ekipmanı tahsis edin.

- Daha büyük partiler halinde birleştirmeden önce ve soğutucu akışkanı geri dönüştür-
meye veya yeniden kullanmaya çalışmadan önce şüpheli soğutucu akışkanı test edin ve
tespit edin (örneğin, bir soğutucu akışkan belirleyici kullanarak).

- Soğutucu akışkan envanterinin uygun kayıtlarını tutun.

- Soğutma ve ekipman sistemlerini, özellikle eski sistemlerin yeni soğutucu akışkanla
yenilenmesi durumunda, soğutucu akışkanlarının kimlik etiketi verin.

- Geri kazanılmış veya dönüştürülmüş soğutucu akışkanlar için kullanılan soğutucu
akışkan tüplerini işaretleyin.

Laboratuvar testi olmadan karışmış soğutucu akışkanların varlığını belirlemek çok
zordur. Soğutucu akışkanın niteliğinden şüphe ediliyorsa, doyma basıncı ve sıcaklığı kont-
rol edilebilir ve yayınlanmış değerlerle karşılaştırılabilir. Ancak, bu yöntem hatalı basınç
göstergeleri veya yoğunlaşmayan maddelerle kirlenme nedeniyle güvenilir hale gelebilir.
Varsa servis geçmişinin kapsamlı bir şekilde incelenmesi ve mevcut sorunun anlaşılması
ilave bilgiler sağlayabilir. R-134a soğutucu akışkanını %97 veya daha iyi saflık seviyelerinde
tanımlayabilen saha cihazları artık mevcuttur.

Geri kazanılan soğutucu akışkanın çapraz kontaminasyona uğramaması için özen gös-
terilmelidir. Hidrokarbonlar ile CFC soğutucu akışkanlar gibi geri kazanım sonrasında bir
araya gelen soğutucu akışkanların geri kazanım öncesinde ayrıştırılması (normalde damıt-
ma yoluyla) gerekecektir. Yüksek maliyetler ve ayırma tesislerinin bulunmaması, soğutu-
cu akışkanın uygun şekilde geri kazanılması için caydırıcı unsurlar oluşturmaktadır.

3.4 İmha

Son dört yılda, OTİM soğutucu akışkan depolarının imha edilmesinin potansiyel çevresel faydalarına olan ilgi arttı. Bunun nedeni kısmen potansiyel ozondan elde edilen çevresel faydanın ve dünya çapında hâlâ soğutma ve iklimlendirme ekipmanlarında kalan OTİM emisyonlarının engellenmesinden kaynaklanan iklim faydalarının tanınmasıdır. Bu faydaların bir sonucu olarak, ekipmandaki OTİM “bankalarının” kullanımdan kaldırılmasına yönelik teşvikler sağlayabilecek küresel karbon ticareti piyasaları ortaya çıkmıştır. Bu ekipmanın kullanımdan kaldırılması veya daha düşük soğutucu akışkan dolum boyutlarına sahip daha enerji verimli ekipmanlarla değiştirilmesi potansiyeli bulunmaktadır.

Ozon tabakasını incelten maddelere sahip soğutucu akışkanlar (özellikle CFC’ler), ozon etkilerine ek olarak yüksek küresel ısınma potansiyeline de sahiptir. OTİM bankalarının imhası, genel olarak uyum piyasası ve gönüllü piyasa olarak ikiye ayrılan küresel karbon piyasaları aracılığıyla karbon kredisi kazanma potansiyeline sahiptir. Sera gazlarına yönelik uyumluluk piyasası, uluslararası (örn. Temiz Kalkınma Mekanizması veya Clean Development Mechanism-CDM) veya ulusal ve bölgesel düzeyde (örn. AB ETS’nin Avrupa Birliği Emisyon Ticaret Planı) katılımcı ülke ve/veya devletlerin bulunduğu yasal bir gerekliliğe dayanmaktadır. Sera gazı azaltma hedeflerini veya taahhütlerini karşılamak için saldıkları sera gazı miktarına eşdeğer karbon kredisine sahip olduklarını göstermeleri gerekmektedir.

Şu anda gönüllü piyasa, bireysel şirketlerin veya kuruluşların sera gazı emisyonlarını dengelemek için gönüllü olarak eylem ve projeler taahhüt ettiği uyum piyasasının dışında faaliyet göstermektedir. Karbon denkleştirme projeleri olarak OTİM imhasına yönelik standartları yalnızca gönüllü karbon piyasası oluşturmuştur. Bugüne kadar, OTİM imhası için karbon kredisi sağlamaya yönelik proje protokollerini tanıyan ve/veya oluşturmuş olan, üç gönüllü standart bulunmaktadır. CFC’leri yok etmek için iki kurulum türü mevcuttur:

- Kamu veya ticari tesislere ödeme karşılığında erişilebilir. Bu tesisler genellikle birkaç kimyasal ürün ailesini işleme kapasitesine sahiptir.

- OTİM üreticilerinin iç ihtiyaçları için tasarlanmış özel tesisler. Bu tesisler her zaman dış grupların ihtiyaçlarına göre uyarlanmamaktadır. Geri kazanım, geri dönüşüm ve ıslahın yaygın olduğu normal koşullar, soğutma endüstrisinde oldukça düşük imha taleplerine yol açmalıdır. Bu özellikle CFC’lere olan talebin yüksek kalacağı durumlarda geçerlidir. Düzenlemelerin CFC’lerin kullanımını veya ihracatını yasakladığı durumlarda imha tesislerine ihtiyaç duyulabilir.

Genel imha yöntemi, soğutucu akışkanların yakılmasına ve özellikle agresif asitler, hidroflorik asit (HF) içeren yanma ürünlerinin temizlenmesine dayanır. Temel olarak hidroflorik asit direnci, kullanılabilir yakma fırınlarının sayısını sınırlamaktadır. CFC’ler ve özellikle halonlar çok zayıf yanarlar. Yakılabilmeleri için yakıtlarla belirli oranlarda karıştırılmaları gerekir.

İmha, istenmeyen soğutucu akışkanların işlenmesi için uygun bir alternatiftir. Şu anda soğutucu akışkanları imha eden ticari olarak mevcut şirket sayısı yetersizdir. A5 ülkeleri aşamalı imha programlarını başlattıkça, imha için ticari fırsatlar ortaya çıkabilir. Avustralya, Amerika Birleşik Devletleri ve Japonya şu anda geri kazanılmış OTİM’leri imha etme kapasitesine sahiptir. Ancak bu eğilim hem gönüllü hem de düzenleyici OTİM imha girişimlerine olan ilginin artmasıyla değişiyor gibi görünmektedir.

4. EKİPMAN VE TASARIM

(Ref: UNEP- Manual for Refrigeration Servicing Technicians)

Soğutucu akışkan geri kazanım/geri dönüşüm ekipmanının amacı, servis veya atılma işlemine tabi tutulan sistemlerden çıkarılan soğutucu akışkanların geçici olarak depolanması için bir araç sağlayarak soğutucu akışkan emisyonlarının önlenmesine yardımcı olmaktır. Bu tür ekipmanlar, onarımdan geçen sistem yeniden doluma veya atılmaya hazırlanana kadar geri kazanılan soğutucuyu geçici olarak depolamak için kullanılır. Soğutucu akışkan geri kazanım ekipmanı, soğutucu akışkanları depolama veya geri dönüştürme özelliğine sahip olabilir. Ekipmanın geçici depolama özelliği, soğutma ve iklimlendirme ekipmanının servis için atmosfere teması durumunda ortaya çıkabilecek soğutucu akışkanların atmosfere salınmasını önler.

Soğutucu akışkan geri kazanım ve geri dönüşüm ekipmanlarının kullanımı, soğutma ve iklimlendirme ekipmanlarının servisi, bakımı, onarımı veya bertarafı sırasında soğutucu akışkanın korunması için önemli bir araçtır. Soğutucu akışkan geri kazanım ve geri dönüşüm ekipmanları her sektördeki servis teknisyenlerinin kullanımına sunulabilir. Uyumsuzluk sorunları ve farklı sektörlerde kullanılan soğutucu akışkanların çeşitliliği nedeniyle, motorlu taşıt klimaları gibi tek tip klima sisteminde kullanılmak üzere tasarlanan soğutucu akışkan geri kazanım/geri dönüşüm ekipmanlarının evsel, üniter veya ticari soğutma ve iklimlendirme sektörlerindeki klima ve soğutma ekipmanlarına servis yapmak için yeterli olmayabileceğini unutmayın. Bu sektörlerde kullanılan soğutucu akışkan türleri farklılık gösterir ve tüm geri kazanım/geri dönüşüm ekipmanları aynı gereklilikleri karşılayamaz.

Bu, kullanıcılar için kurtarma ekipmanlarının sistemde kullanılan belirli soğutucu akışkanları işleyebildiğinden emin olmak açısından çok önemlidir. Ekipmanın spesifik olarak tanımlanması servis, tahliye veya kullanım ömrü boyunca önemlidir.

Geri dönüşüm ekipmanının kullanılmış soğutucu akışkanlardan yağ, asit, partikül, klorür, nem ve yoğunlaşmayan (hava) kirleticileri uzaklaştırması beklenir. Geri dönüşüm sürecinin etkinliği, ISO 12810 ve ARI 700 standartları kapsamındakiler gibi standartlaştırılmış test yöntemlerine göre kirlenmiş soğutucu akışkan numuneleri üzerinde ölçülebilir. Islahın aksine, geri dönüşüm her kullanılmış soğutucu akışkan partisinin analizini içermez ve bu nedenle kirleticileri ölçmez veya karışık soğutucu akışkanları tanımlamaz. Kalitesi analizle kanıtlanmadığı için geri dönüştürülmüş soğutucu akışkan kullanımına sonradan kısıtlamalar getirilmiştir.

Geniş bir fiyat aralığında çeşitli geri dönüşüm ekipmanları mevcuttur. Şu anda otomotiv klima endüstrisi, geri dönüşüm ve yeniden kullanım uygulamasını ıslah olmadan tercih eden tek sektördür. Diğer sektörlerde kabul, ulusal yönetmeliklere, soğutma sistemi üreticilerinin tavsiyelerine, geri kazanım istasyonu gibi başka bir çözümün varlığına, sistemlerin çeşitliliğine ve türüne ve servis yüklenicisinin tercihinə bağlıdır. Sınırlı analiz kapasitesine sahip geri dönüşüm, nitelikli laboratuvarlara erişimin sınırlı olduğu ve nakliye maliyetlerinin yüksek olduğu bazı gelişmekte olan ülkelerin tercihi olabilir. Çoğu soğutucu akışkan için, işlendikten sonra ıslah olan soğutucu akışkanın kirletici seviyelerini ölçmek için ucuz saha aletleri mevcut değildir.

Soğutucu akışkan geri kazanım ekipmanları geliştirilmiştir ve çok çeşitli özelliklerde ve

fiyatlarda mevcuttur. Yanıcı soğutucu akışkanın geri kazanımı için potansiyel ateşleme kaynaklarına korumalı bazı ekipmanlar da mevcuttur. Otomotiv ve otomotiv dışı uygulamalar için ekipman performansını ölçmek üzere test standartları (SAE ve ISO) geliştirilmiştir. Sıvı geri kazanımı en verimli yöntem olmasına rağmen; buhar geri kazanım yöntemleri, çok vakit almadığı sürece soğutucu akışkan şarjının tamamını çıkarmak için tek başına kullanılabilir.

Uzun geri kazanım süreleri, 5 kg'a kadar soğutucu akışkan içeren soğutma veya iklimlendirme ekipmanlarının çoğunda geri kazanım ekipmanının pratik kullanımını sınırlayabileceğinden, aşırı geri kazanım sürelerinden kaçınılmalıdır. Bazı ülkelerde daha büyük sistemler için gerekli olan vakum seviyelerine ulaşmak için sıvı geri kazanımından sonra buhar geri kazanımı kullanılacaktır. Hem motorlu araç klimaları (örneğin SAE J1990) hem de sabit soğutma ve klima sistemlerinin (örneğin ARI Standard 740) servisi için soğutucu akışkan geri kazanım ekipmanına yönelik performans standartları mevcuttur. Bu tür standartların ortak hizmet prosedürlerinin bir parçası olarak benimsenmesi, düzenleyici otoriteler tarafından kabul edilebilir.

4.1 Ekipman Tasarımı ve Servisi

(Ref: UNEP, 2010 Report of the refrigeration, air conditioning and heat pumps technical options committee)

Çevreyi korumak için soğutma sistemlerinden kaynaklanan soğutucu akışkan emisyonları en aza indirilmelidir. Neyse ki koruma, iklimlendirme ve soğutma sistemlerinin iyi çalışması ve verimliliği ile tutarlıdır. Soğutma sistemleri uzun süreli çalışma sağlamak için sızdırmaz üniteler olarak tasarlanmıştır. Koruma, soğutma sisteminin tasarımından, kurulumundan ve servisinden etkilenir. Kılavuzlar ve standartlar; çevresel konular ve geliştirilmiş koruma dikkate alınarak güncellenmektedir.

Koruma, ölçülebilen ve sınırlandırılabilen bir emisyon oranı ile tanımlanır. Soğutma sistemi üreticileri, tanımlanan süreler boyunca sürekli çalışmayı garanti etmek için minimum sızdırmazlık gerekliliklerini tanımlamıştır. Amerikan Test ve Malzeme Derneği (ASTM); E 479-Sızıntı Testi Spesifikasyonunun Hazırlanması için Standart Kılavuz, üreticinin referans belgesi olarak hizmet eder. Standartın, sistemin soğutucu şarjı olmadan çalışması gereken süreye bağlı olarak bir soğutma sistemi için izin verilen maksimum sızıntı akışı üzerinde büyük etkisi vardır. Bu süre zarfında sistemin operasyonel verimliliği önemli ölçüde etkilenmeden soğutucu miktarı sızıntı nedeniyle kaybolabilir.

Tasarım

Ekipmanı ömrü boyunca sızıntı yapmayacak sistemler olarak tasarlamak için her türlü girişimde bulunulmalıdır. Sızıntı potansiyeli ilk olarak sistemin tasarımından etkilenir; bu nedenle tasarımlar, sistemin açılmasını gerektiren servis ihtiyaçlarını en aza indirmeye odaklanmalıdır. Üreticiler, malzemeleri, montaj tekniklerini ve servis deliklerini belirlerler, yedek parçaları tasarlar ve kurulum ve servis prosedürlerini sağlarlar. Üreticiler saha koşullarını öngörmekten ve bu koşullar için tasarlanmış ekipman sağlamaktan sorumludur. Ekipmanın üreticinin tavsiyelerine göre kurulduğu ve bakımının yapıldığı varsayıldığında, soğutma sisteminin tasarımı ve uygun üretimi, ekipmanın amaçlanan ömrü boyunca soğutucu akışkanın korunmasını belirler. Muhafaza önerileri arasında, değiştirilebilir bileşenlerin soğutma sisteminden çıkarılmasını sağlamak için, sızdırmaz valfler takılmalıdır. Tasarım aynı zamanda gelecekte geri kazanımı da sağlamalıdır; örneğin, verimli sıvı soğutucu geri kazanımı için hem tesisin alçak noktasına hem de sistemdeki her bir tanka vanalar yerleştirilmelidir.

Soğutucu akışkan şarjını azaltmak

Soğutucu akışkan şarjının en aza indirilmesi, sızıntı olayları sırasında yayılabilecek olası emisyon miktarını da azaltacaktır. Geçmişten beri, ekipmanın tam şarjına çok az dikkat edilmiştir, bu nedenle doğru şarj miktarı genellikle bilinmemektedir (ünitelerin orijinal ekipman üreticisinden, soğutucu akışkanla şarj edilmiş olarak gönderildiği küçük ekipmanlar hariç). Diğer yandan, gaz şarjının en aza indirilmesinin olumsuz etkileri olduğu da unutulmamalıdır, örneğin sistem tam doldurulmazsa enerji tüketiminde artışa neden olabilir. Küçük sızıntılara ve azaltılmış doğrudan emisyonlara rağmen verimlilik sağlamak için bir ayarlama yapılmalıdır.

Sistemdeki, soğutucu akışkan tanklarında bulunan akışkan miktarı her zaman bilinmediğinden sistemin aşırı şarj edilmesi yaygındır. Soğutucu akışkan tankları, ortam koşullarındaki değişikliklerin bir sonucu olarak sistemden geçen fazla soğutucu akışkanın depolandığı bir ekipmandır. Bu tür ekipmanlar için sahada şarj işlemi genellikle evaporatör beslemesinin yeterli olduğu düşünülene kadar devam ettirilir. Gaz şarjı tartılarak kontrol edilmez ise, tesisat iki zararlı sonuç doğuracak şekilde aşırı doldurulabilir:

- Soğutucu akışkan kaçığı potansiyeli,
- Tüm şarjın soğutucu akışkan tankına aktarılması olasılığı.

Bu nedenle, soğutucu akışkan tankı dolum miktarı nominal çalışma sırasında sınırlandırılmalı ve bir kontrol aracı (gösterge, seviye, vb.) ile takip edilmelidir.

Kurulum

Soğutma sistemlerinin doğru kurulumu, ekipmanın faydalı ömrü boyunca düzgün çalışmasına ve korunmasına katkıda bulunur. Güvenli bağlantılar ve doğru boru malzemeleri gereklidir. Havayı ve yoğuşmayan maddeleri uzaklaştırmak için bağlantıların ve tahliyenin uygun şekilde temizlenmesi gelecekteki servis gereksinimlerini en aza indirecektir. Uygun şarj ve tartım tekniklerinin yanı sıra dikkatli sistem performansı ve sızıntı kontrolleri, çalışmanın ilk birkaç günü boyunca uygulanmalıdır. Montaj teknisyeni, ayrıca sistem çalışmaya başlamadan önce üretici kusurlarını bulma fırsatını da değerlendirmelidir. Kurulum, ekipmanın ömrü boyunca maksimum koruma için kritik öneme sahiptir.

Servis işlemleri

Emisyonların azaltılması için hizmetin iyileştirilmesi gerekmektedir. Ancak bu iyileştirme kısmen son kullanıcıların ödemeyi kabul ettiği bedele bağlıdır, çünkü emisyon azaltımı şimdiye kadar soğutma sistemlerine soğutucu akışkan doldurmaktan daha pahalı olmuştur. Son kullanıcıların daha önce sistemlere gaz doldurmak için yaptıkları ödemelerin sona ermesi ve bu paraların daha iyi bakım için harcanması gerektiğini anlamalarını sağlamak gerekmektedir. Özellikle takvim yılı sonunda stokta kalan ozon tabakasını incelten soğutucu akışkan miktarlarına uygulanan ve her yıl artan verginin, ozon tabakasını incelten soğutucu akışkanların korunmasını veya ozon dostu soğutucu akışkan alternatiflerine dönüştürülmesini daha uygun maliyetli hale getirdiği ABD gibi ülkelerde bu tür bir adımın bazı durumlarda zaten atılmış olduğunu belirtmek gerekir.

Teknisyen eğitimi, soğutucu akışkanların doğru kullanımı ve muhafazası için gereklidir. Bu eğitim, soğutucu akışkanların çevresel ve güvenlik tehlikeleri, geri kazanım, geri dönüşüm ve sızıntı tespiti için uygun teknikler ve soğutucu akışkan kullanımına ilişkin yerel

mevzuat (varsa) hakkında bilgi içermelidir.

Soğutma sistemlerinin iyi kapatıldığından, uygun şekilde şarj edildiğinden ve düzgün çalıştığından emin olmak için düzenli olarak test edilmelidir. Sızıntıları zamanında tespit etmek ve böylece tüm gaz şarjının sızmasını önlemek için ekipmanlar kontrol edilmelidir. Sistemin bakımı ve tasfiyesi sırasında soğutucu akışkan sistemde iyi izole edilmeli veya geri kazanılmalıdır.

Teknisyen, kaçak veya arıza geçmişini belirlemek için servis kayıtlarını incelemelidir. Teknisyen ayrıca soğutma sisteminin çalışma durumunu belirlemek için sızıntıları iyice kontrol etmeli ve performans parametrelerini ölçmelidir. Teknisyen soğutucu akışkanın geri kazanılacağı en iyi yeri belirlemek ve uygun geri kazanım ekipmanı ve geri kazanım tankının mevcut olduğundan emin olmalıdır. Bir bakım belgesinin varlığı, kullanıcının geri kazanımla birlikte soğutucu akışkan ekleme ve çıkarma işlemlerinin yanı sıra sızıntıların aranması ve onarılmasını izlemesini de sağlar.

Sızdırmazlık ile emisyonların azaltılması

Sızıntı tespiti, soğutucu akışkan tasarrufunun ölçülmesini ve iyileştirilmesini mümkün kıldığından soğutma ekipmanının hem yapımında hem de bakımında temel bir unsurdur. Kaçak tespiti, üreticiler tarafından kurulumun sonunda, sahada montajın sonunda ve ekipmanın düzenli olarak planlanan bakımı sırasında yapılmalıdır.

Üç genel kaçak tespiti türü vardır: 1) Küresel yöntemler; Bir yerde sızıntı olduğunu gösterir, ancak sızıntıların yerini tespit etmez. Kurulumun sonunda ve sistem onarım veya yenileme için her açıldığında faydalıdır. 2) Yerel yöntemler; Sızıntının yerini tam olarak belirler ve servis sırasında kullanılan olağan yöntemlerdir. 3) Otomatik performans izleme sistemleri; Operatörleri ekipman performanslarındaki değişikliklere karşı uyararak bir sızıntının var olduğunu gösterir.

Kullanım ömrünün sonu

Güvenli tahliye gereklilikleri, ev aletlerindeki soğutucu akışkan ve köpük gibi OTİM bileşenlerinin tahliye edilmesini zorunlu kılmaktadır. 1994'ten önce üretilen birçok ev tipi buzdolabı ve dondurucuda, koruyucu ozon tabakasını tahrip eden ve dolayısıyla olumsuz insan ve çevre sağlığı etkilerine yol açan CFC soğutucuları kullanılmaktadır. 1996 yılından sonra, yeni üretilen ev tipi buzdolapları ve dondurucuların çoğu hidrokarbon soğutucu akışkanlar veya ozon dostu soğutucu akışkanlar (HFC'ler) içermektedir. Benzer şekilde, kompresördeki yağın da CFC veya HFC soğutucu akışkan ile kirlenmiş olması muhtemeldir, bu nedenle o da dikkatli bir şekilde işlenmelidir. Buna ek olarak, kullanımdaki çoğu buzdolabında/dondurucuda bulunan köpük şişirici maddeler de ozon tabakasını incelten maddeler kullanır. Sonuçta, bu köpükler cihazlardan uygun şekilde geri kazanılmaz ve uygun şekilde tahliye edilmezse, atmosfere ilave ozon tabakasının daha fazla tahrip olmasına yol açacak OTİM'ler salınacaktır. En yeni buzdolapları-donduruculardan bazıları, kullanım ömrü sonunda uygun şekilde geri kazanılmadığı takdirde sera gazı emisyonlarına yol açabilecek HFC şişirme maddesi kullanılmaktadır. Ayrıca, çelik, plastik, cam ve kauçuk dahil olmak üzere buzdolabı ve dondurucuları oluşturan hammaddelerin tümü, çöp sahasına atılacak atık miktarını azaltmak ve işlenmemiş malzeme üretmek için gerekli olan enerjiden tasarruf etmek için geri dönüştürülebilir. Son olarak, 2000 yılından önce üretilen bazı derin dondurucular cıva anahtarları içerebilir. Cıva toksiktir ve titreme, baş ağrısı, solunum yetmezliği, üreme ve gelişim anor-

mallikleri ve potansiyel olarak kanserler dahil olmak üzere çeşitli olumsuz sağlık etkilerine neden olur. Ayrıca, eski cihazlar PCB (baskılı devre kartı) kapasitörler içerebilir. PCB'ler, küçük cilt tahrişlerinden üreme ve gelişim anormalliklerine, insanlarda ve vahşi yaşamda kanserlere kadar değişen olumsuz etkilere yol açabilir.

5. SERVİS YÖNTEMLERİ VE İYİ UYGULAMALAR

(Ref: UNEP-Manual for Refrigeration Servicing Technicians)

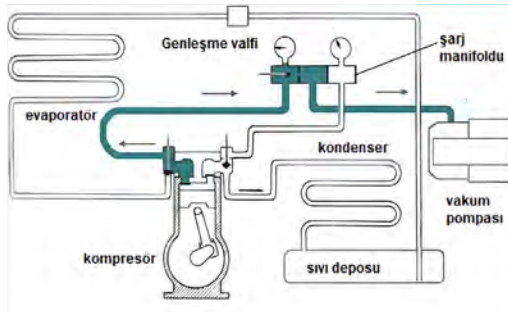
Kirleticilerden kaçınma

Bir sistemi soğutucu akışkanla doldurmadan önce, sistemde herhangi bir kirletici maddenin bulunmaması için önlemler alınmalıdır. Bu nedenle bir soğutma sistemindeki kirlilik türlerinin sınıflandırılması, sistemi yeni soğutucu akışkanla doldurmadan önce gereken uygun servis işlemini belirlemek için gereklidir.

Vakuma almak

Bir soğutma sistemi kuru yağ ile birlikte sadece sıvı veya buhar halinde soğutucu akışkan içermelidir. Diğer tüm buharlar, gazlar ve sıvılar uzaklaştırılmalıdır. Sistemi bir vakum pompasına bağlamak ve sistem üzerinde derin bir vakum çekilirken pompanın bir süre sürekli çalışmasına izin vermek bu maddeleri en iyi şekilde uzaklaştırabilir. Bazen parçaları yüksek vakum altındayken +50°C civarına kadar ısıtmak gerekebilir; istenmeyen tüm nemin giderilmesini hızlandırmak için parçaları sıcak hava, ısı şaloması veya su kullanarak ısıtın. Asla sert lehim şaloması kullanmayın. Sistemin herhangi bir parçası 0°C'nin altındaysa, ıslak nem donabilir ve vakum işlemi sırasında buzun buhara dönüşmesi çok daha uzun zaman almaktadır. Vakum işlemini gerçekleştirmek için gerekli ekipman şunlardır:

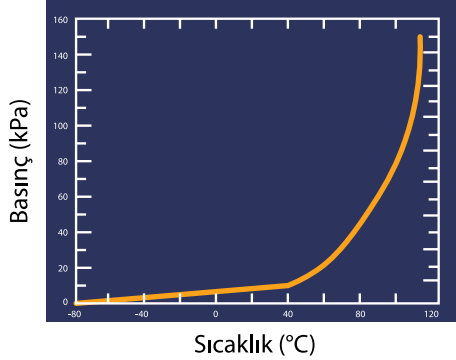
- Vakum pompası
- Manifold göstergeleri-iki servis valfi
(Sistemin servis valfleriyle donatılmaması durumunda)
- Vakum göstergesi



Şekil 3.6: Vakum pompası ile tahliye sistemi şematik görüntüsü

Geleneksel manifold göstergeleri özellikle düşük basınçlarda düşük hassasiyete sahip olduğundan, yeterli vakuma ulaşıp ulaşılmadığının belirlenmesinde etkisizdirler. Bu nedenle uygun bir vakum ölçerin (Pirani ölçer gibi) kullanıldığından emin olmak önemlidir.

Sistem tahliyesinin nem giderme açısından neden bu kadar önemli olduğunu anlamak için vakum kavramını ve kaynama sıcaklığı ile basınç arasındaki ilişkiyi hatırlamak faydalı olacaktır. Su gibi saf bir madde için sabit bir basınçtaki kaynama sıcaklığına bu basınçtaki doyma sıcaklığı, sabit bir sıcaklıkta suyun buharlaştığı basınca da bu sıcaklıktaki doyma basıncı denir.



Şekil 3.7: Su için doyma basıncı ve sıcaklık eğrisi

Şekil 3.7’den, bir soğutma sisteminden buhar fazındaki nemin uzaklaştırılması isteniyorsa, sistem basıncının düşürülmesinin çok önemli olduğu sonucuna varılabilir.

Aşağıdaki durumlarda sistemi daima vakuma alın:

- Bir devre bileşenini değiştirirken (kompresör, kondenser, filtre-kurutucu, evaporatör, vb.)
- Sistemde soğutucu akışkan yokken

Vakuma alma için gerekli prosedürler:

Bir sisteme soğutucu akışkan şarj etmeden önce, tahliye etmek ve nemi almak için, aşağıdaki adımları uygulayın:

1. Öncelikle sistem sızdırmazlık testinden geçirilmelidir (yani “sızıntı testi”). Bu, sisteme oksijensiz, kuru azot (oxygen free, dry nitrogen-OFDN) ile basınç uygulanarak yapılabilir. Azot kaynağını kapatın ve belirli bir süre boyunca basıncı kontrol edin (en az 15 dakikadır, ancak sistemin boyutuna bağlıdır; daha büyük bir sistem daha fazla zaman gerektirir). Basıncın düşüp düşmediğini görmek için basınç göstergesini kontrol etmeye devam edin.

2. Basınç düşerse, sistemde bir sızıntı olması muhtemeldir, bu durumda sızıntı arama ve onarım prosedürleri gerçekleştirilmelidir.

3. Sistemin sızdırmaz olduğu doğrulandığında, oksijensiz, kuru azotu serbest bırakın ve hemen kompresörün hem emme hem de basma tarafına uygun bir vakum pompası bağlayın ve vakum göstergesinin bağlı olduğundan emin olun. Manyetik valfler de dahil olmak üzere tüm valfleri açın, böylece devrenin hiçbir kısmı “kilitli” kalmaz.

4. Vakum pompasını açın ve bekleyin.

5. Tatmin edici vakuma ulaşıldığında (mutlak 100 Pa değerinin altında) pompayı durdurun ve vakum göstergesinin iç basınçta bir artış gösterip göstermediğini görmek için uygun bir süre (küçük bir hermetik sistem için yaklaşık yarım saat, büyük bir sahada kurulu sistem

için birkaç saat) bekletin. Basınç yükselirse bunun iki nedeni olabilir: ya bir sızıntı vardır ya da sistemde hala nem vardır. Bu durumda, tahliye prosedürü devam etmelidir, ancak sabit bir vakum basıncı asla elde edilemezse, muhtemelen bir sızıntı vardır ve sızdırmazlık testi tekrarlanmalıdır.

6. Vakum basıncı belirli bir süre boyunca sabit kalırsa, devre doğru şekilde boşaltılmıştır; kuru ve sızıntısızdır.

7. Nem içeriğinin fazla olması beklenen büyük sistemler için, sistem borularına dolaylı ısı uygulayın (bir ısı şaloması veya sıcak hava üfleyici kullanarak), (sadece bir tarafa ısı uygulamak en soğuk kısımda nem yoğunlaşmasına neden olacaktır).

8. Sistemde solenoid valflerin kapalı olması durumunda, hava genellikle valflerin arasında sıkışıp kalır, bu nedenle tüm vanaların ve solenoid valflerin açık olmasına dikkat edilmelidir.

9. Doğrudan yüksek basınçlı sıvı tarafına ya da kompresör çalışırken emme tarafına soğutucu akışkan dolumu artık başlayabilir.

Temizleme

İstenmeyen gazları, kiri veya nemi sistemden uzaklaştırma işlemine temizleme denir. Sisteme azot gibi inert bir gaz verilerek borunun içinden akması sağlanır ve istenmeyen kirletici maddeler dışarı atılır.

Temizleme işlemini gerçekleştirmek için aşağıdaki ekipmanlara ihtiyaç vardır:

- Basınç regülatörü ile donatılmış oksijensiz kuru azot tüpü
- Basınç regülatörü ile donatılmış azot silindiri
- Manifold göstergeleri
- Vakum pompası
- İki servis vanası



Şekil 3.8: Sistem temizleme işlemi için gerekli ekipmanlar

Temizleme Prosedürü;

Sistem temizliği yapılırken aşağıdaki adımlar izlenmelidir:

- Tahliye prosedüründe olduğu gibi, sistemin herhangi bir parçasının etrafındaki akışı kısıtlamamak için tüm stop valflerinin, solenoid valflerin ve diğer benzer cihazların tamamen açıldığından emin olun.

- Manifold göstergelerindeki düşük basınç tarafı ve yüksek basınç tarafı valflerini açın.
- Oksijensiz kuru azot basıncını ekipman etiketinde belirtilen maksimum çalışma basıncının altında tutmak için tüp üzerindeki basınç regülatörünü kullanarak azot tüpü ana valfini açın.
- Oksijensiz kuru azot birkaç dakika boyunca veya tüm kirletici maddelerin giderildiğini gösteren kuru temiz gaz tahliye edilene kadar akıtın.
- Artık azotu uygun prosedürü kullanarak bir vakum pompasıyla çıkarın.

Sızıntı tespiti

Soğutma ve iklimlendirme sistemleri belli miktar soğutucu akışkan şarjı ile çalışacak şekilde tasarlanmıştır. Bir sistemde yetersiz miktarda soğutucu akışkan olduğu tespit edilirse, sistem sızıntılara karşı kontrol edilmeli, ardından onarılmalı ve yeniden soğutucu gaz şarj edilmelidir.

Soğutucu akışkan kaçakları malzeme arızasından kaynaklanır. Malzeme arızasını yaratan mekanizma normalde aşağıdaki faktörlerden bir veya daha fazlasına atfedilebilir:

- Titreşim: Titreşim, malzeme arızasında önemli bir faktördür ve bakırın “sertleşmesinden”, contaların yanlış hizalanmasından, flanşlara sabitleme cıvatalarının gevşemesinden vb. sorumludur.

- Basınç değişiklikleri: Soğutma sistemlerinin çalışmaları basıncıdaki değişikliklere bağlıdır. Basınç değişim oranı, sistemdeki çeşitli bileşenler üzerinde farklı etkilere sahiptir ve bu da malzeme gerilimi, diferansiyel genleşme ve büzülme ile sonuçlanır.

- Sıcaklık değişimleri: Soğutma sistemleri sıklıkla farklı kalınlıklarda farklı malzemelerden oluşur. Sıcaklıktaki hızlı değişimler malzeme gerilimine ve kısmi genleşme ve büzülme neden olur.

- Sürtünme aşınması: Malzeme arızasına neden olan birçok sürtünme aşınması vakası vardır ve bunlar kötü sabitlenmiş boru tesisatından shaft contalarına kadar çeşitlilik gösterir.

- Yanlış malzeme seçimi: Bazı durumlarda uygun olmayan malzemeler seçilmektedir. Örneğin, belirli esnek hortum türlerinin bilinen bir sızıntı oranına sahip olması ve titreşim, geçici basınç, sıcaklık değişiklikleri koşulları altında arızalanacağı bilinen malzemelerin kullanılması.

- Zayıf kalite kontrolü: Soğutma sisteminde kullanılan malzemeler yüksek ve tutarlı bir standartta değilse, titreşim, basınç ve sıcaklıktaki değişiklikler arızaya neden olacaktır.

- Kötü bağlantılar: Lehimli bağlantılar, vidalı bağlantılar veya vanalardaki kapakların değiştirilmemesi gibi kötü yapılmış bağlantılar soğutucu akışkan kaçağına neden olabilir.

- Korozyon: Çeşitli kimyasallara maruz kalma veya hava koşullarına maruz kalma, yapı malzemesini çürüten ve sonunda deliklerin oluşmasına neden olan korozyona sebep olabilir.

- Kaza sonucu hasar: Soğutucu akışkan içeren parçalara kazara mekanik darbeler birçok durumda meydana gelebilir ve bu nedenle sistemin tüm parçalarının dış darbelerle karşı konmasını sağlamak uygundur.

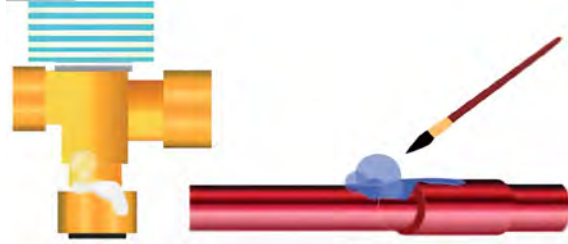
Sızıntı tespit yöntemleri

Bir sistemde sızıntı olduğu düşünüldüğünde, tüm sistem kontrol edilmeli ve bulunan sızıntılar düzeltilmek üzere işaretlenmelidir. Bir sistemde sadece bir kaçak olduğu asla varsa-

yılmamalıdır. Kaçak tespitinde, borulardaki veya bağlantılardaki olası kaçakları tespit etmek için soğutma sistemleri nitelikli bir teknisyen tarafından kontrol edilmelidir.

Genel olarak, servis alanındaki sızıntıları tespit etmek için kullanılan başlıca yöntemler şunlardır:

- Sabun solüsyon kullanımı: Su-sabun çözeltisi, servis teknisyenleri arasında kullanılan en popüler, en az maliyetli ve en etkili yöntemlerden biridir. Sistem çalışırken veya sabit azot basıncı altındayken bağlantılara, bağlantı noktalarına ve boru bağlantılarına sabun solüsyonu uygulamak, kabarcıklar ortaya çıktığında sızıntı noktalarının belirlenmesine yardımcı olur.



Şekil 3.9: Sabun solüsyonu kullanımı ile sızdırmazlık kontrolü

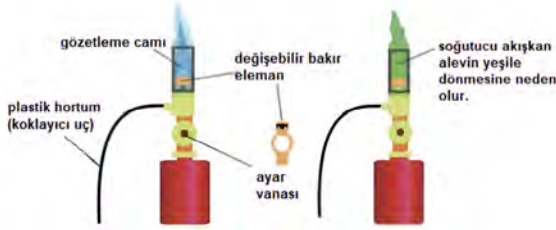
- Elektronik soğutucu akışkan dedektörü kullanımı: Elektronik soğutucu akışkan dedektörleri, soğutucu akışkan içindeki belirli bir kimyasal bileşene duyarlı sensör içerir. Cihaz pil ile veya AC ile çalışabilir. Genellikle, gaz ve hava karışımını emmek için bir pompaya sahiptir. Çoğunlukla, sensör yüksek soğutucu konsantrasyonlarını analiz ettikçe duyulabilir bir “tık” sinyali ve/veya gözle görülür yanıp sönen gösterge lambasının frekansı ve yoğunluğu artar, bu da operatöre sızıntının kaynağının daha yakın olduğu izlenimini verir. Soğutucu akışkan tespit cihazının ayarlanabilen farklı hassasiyet aralıkları da vardır. Birçok modern soğutucu akışkan dedektöründe soğutucu akışkan türleri arasında geçiş yapmak için seçici anahtarlar bulunur; örneğin kloroflorokarbonlar (CFC’ler), hidrokloroflorokarbonlar (HCFC’ler), HFC’ler veya HC’ler. HCFC’ler CFC’lerden daha az klora sahiptir ve hassasiyetin anahtarla değiştirilmesi gerekir. Elektronik soğutucu akışkan dedektörlerini bir atölyede kullanırken, bazen çevredeki diğer soğutucu akışkanlar nedeniyle yanlış sinyaller verdiği için, her zaman ortamın iyi havalandırılması gerekmektedir. Hidrokarbonları (HC’ler) tespit etmek için elektronik soğutucu dedektörleri kullanılabilir, ancak hassasiyet yeterli olmayabilir veya yeniden kalibrasyon gerektirebilir. Algılama ekipmanı soğutucu akışkan içermeyen bir alanda kalibre edilmelidir. Dedektörün potansiyel bir ateşleme kaynağı olmadığından ve hidrokarbon soğutucu akışkanlar için uygun olduğundan emin olunmalıdır.

- Ultraviyole lamba kullanımı: Ultraviyole lamba, sabun çözeltisi veya elektronik dedektörlerle tüm bağlantılara ve ek yerlerine ulaşmanın zor olduğu büyük sistemlerde yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Soğutucu akışkana bir katkı boyası eklendiğinde, sızıntı ultraviyole lamba tarafından işaret edildiğinde sarı yeşil renkte parlayacaktır.



Şekil 3.10: Ultraviyole lamba kullanımı ile sızdırmazlık kontrolü

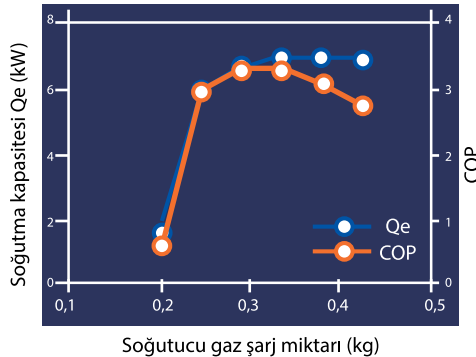
- Propan lambası (halide torch) kullanımı: CFC'ler ve HCFC'lerde geleneksel kaçak tespit yöntemi idi. Mavi bir alev, hortumdan ve bakır katalizörden havayı (ve soğutucuyu) çeker. HFC'ler klor içermediğinden, HFC sistemindeki sızıntıları ararken propan lambası çalışmayacaktır. Aynı durum karbondioksit (R744), amonyak (R717) ve hidrokarbonlar (R290, R600a, vb.) için de geçerlidir. Güvenlik açısından hidrokarbonları veya diğer yanıcı soğutucu akışkanları tespit etmek için veya diğer yanıcı gazların varlığında kullanılmamalıdır.



Şekil 3.11: Halojen kaçak dedektörü kullanımı ile sızdırmazlık kontrolü

Sistemin dolumu

Sistem dolumu, soğutma sistemine amaçlandığı şekilde çalışması için uygun miktarda soğutucu akışkan eklenmesidir. Tasarım koşulları için sistemlerin bir "optimum" gaz şarjı vardır ve bu, en yüksek verimliliğin ve tasarlanan soğutma kapasitesinin (veya ısı pompası durumunda ısıtma kapasitesinin) elde edilebileceği soğutucu akışkan miktardır. Tasarım dışı koşullarda, örneğin daha yüksek veya daha düşük ortam sıcaklıklarında, optimum dolum farklı olacaktır. Ancak, en doğrusu her zaman tasarımda belirtilen miktarda soğutucu akışkan şarjını eklemektir, çünkü sistem buna göre tasarlanmıştır. Bazı sistemler, özellikle likit tankına sahip olanlar, daha geniş aralıkta dolum miktarını tolere edebilir. Küçük kondenserli ve kılcal borulu doğrudan genişlemeli sistemler soğutucu akışkan miktarına karşı çok hassas olma özelliğinde olup "kritik dolum" olarak adlandırılırlar. Her durumda sistem etiketi, hesaplanan soğutucu akışkan şarj miktarı gibi faydalı bilgiler içermelidir.



Şekil 3.12: Dolum miktarının, soğutma kapasitesi ve COP ile değişimi

Şekil 3.12, şarj miktarındaki küçük bir değişikliğin ekipman verimliliğini büyük ölçüde azaltılabileceği kritik şarjlı bir sistemin hassasiyetini göstermektedir.

Çeşitli dolum yöntemleri aşağıdaki gibidir:

- **Dereceli Tüp ile Volümetrik Şarj:** Bir teknisyenin soğutucu akışkanı bir sisteme aktarmasına ve miktarı bir ölçek üzerinde ölçmesine olanak tanıyan bir cam tüp sıvı seviye göstergesi kullanır. Buharlaşmayı hızlandırıp tüpteki basıncı korumak için bazı tüpler elektrikle ısıtılır. Tüpün elektrikle ısıtılması işlemi genellikle elektrikli bir ek parça ile yapılır. Bazı durumlarda kompresörün kendisi bir ısı tabancası kullanılarak ısıtılır, böylece soğutucu akışkan ve yağ daha kolay dolaşım temizlenebilir. Her iki durumda da gerekli sıcaklık ve basınç emniyet kontrollerini sağlayacak basınç kontrollü tahliye vanası ve termostat kullanılması son derece önemlidir. Sistemde, şarj tüpü sıvı soğutucu akışkanı sisteme doldurmak için altta bir basınç göstergesi ve el vanası bulunur. Ayrıca silindirin üst kısmında vana bulunmaktadır. Bu vana, soğutucu akışkan buharını sisteme şarj etmek için kullanılır.



- **Terazi ile Şarj:** Elektronik ağırlık terazisi, tipik olarak soğutucu akışkan doldurmada kullanılan en doğru yollardan biridir. Sistem şarjı buhar veya sıvı fazda gerçekleştirilebilir. Bu genellikle şarj miktarına daha duyarlı olan küçük sistemlerde yapılır. Bu nedenle, sisteme eklenen gerçek miktarın hatalı olmaması için soğutucu akışkan hortumları içindeki ilave soğutucu akışkanın ve hortumların terazi okuması üzerindeki yapay ağırlıklarının dikkate alınması önemlidir.



- **Gözetleme Camıyla Şarj:** Bu yöntem normalde likit tankı olan daha büyük sistemler için geçerlidir. Sistem soğutucu akışkan doldurulur ve akışkan ölçüldükçe teknisyen sıvı hattındaki gözetleme camını gözlemler. Sonunda, gözetleme camında artık kabarcık görülmediğinde, şarj boyutu yaklaşık olarak elde edilmiştir. Ancak, soğutucu akışkanın eklenmesi ile gözetleme camındaki etki arasında her zaman bir gecikme olduğundan, teknisyen doğru şarjın eklendiğinden emin olmak için fazladan zaman ayırmalıdır. Soğutucu akışkan eklenmesi ile gözetleme camının tepki vermesi arasında daha uzun gecikmelerin daha büyük sistemlerde meydana geldiği de akılda tutulmalıdır. Diğer tüm sistemlerde olduğu gibi, ortam sıcaklığını ve daha sıcak/soğuk ortam koşullarında kabarcık oluşmaması için biraz daha soğutucu akışkan ekleme olasılığını göz önünde bulundurmaktır önemlidir. Buna ek olarak, soğutucu akışkan tüpleri önce ve sonra tartılmalı ve doldurulan miktar amaçlanan şarjla kontrol edilmeli veya pompalama sırasında hidrolik olarak dolmayacağından emin olmak için likit tankının boyutuyla karşılaştırılmalıdır.



- Sistem Performansına Göre Şarj Etme: Bir sistemi, sistemin performans özelliklerine göre şarj etmek mümkündür. Bu, emme basıncı, basma basıncı, evaporatör kızgınlık değeri ve kondenser çıkışındaki likit aşırı soğutma değeri izlenerek yapılır. İlk olarak tasarım performans özellikleri (ortam sıcaklığı, uygulama sıcaklığı, amaçlanan kızgınlık (superheat) ve aşırı soğutma (subcooling) değerleri) not edilir. Ortam sıcaklığı ve uygulama sıcaklığından, söz konusu ekipman için tipik bir kondenser ve evaporatör sıcaklık farkı varsayılır (örneğin, 8°C), buradan doymuş yoğunlaşma ve buharlaşma sıcaklıkları ve son olarak emme ve basma basınçları tahmin edilir. Termometreler likit ve emme hattına sıkıca bağlanır (bir ısı transfer macunu kullanılarak ve yalıtılmış olarak). Daha sonra sisteme kademeli olarak soğutucu akışkan eklenir ve basınç ve sıcaklık değerleri izlenir. Tahmini emme ve basma basınçlarına yaklaşıldıkça ve tasarlanan aşırı soğutma ve kızgınlık değerlerine ulaşıldıkça, uygun bir şarj miktarı elde edilir. Yine gözetleme camında olduğu gibi, soğutucu akışkan eklenmesi ile elde edilen performans özellikleri arasında bir gecikme vardır, bu nedenle okumanın aşağı yukarı sabit olduğundan emin olmak için bu performans özellikleri bir süre gözlemlenmelidir.

- Elektronik Şarj Makineleri: Daha büyük ölçekli üretim sırasında, ekipman elektronik kontrollü şarj makineleri kullanılarak şarj edilme eğilimindedir. Bunlar genellikle hassas kütle akış ölçerler kullanarak bir sisteme giren soğutucu akışkanı ölçer ve genellikle ± 0.5 gram hata payına sahiptir.

Soğutucu akışkanın buhar veya sıvı fazında olmasına göre de dolum prosedürleri değişmektedir:

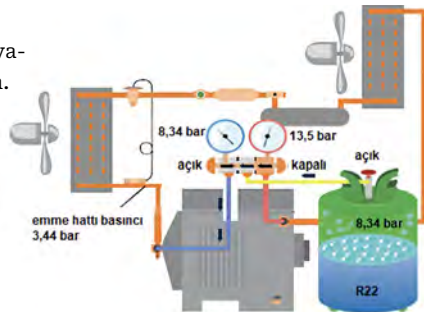
• Buhar Fazındaki Soğutucu Akışkanın Şarjı: Buhar fazındaki soğutucu akışkan şarjı, buharın, soğutucu akışkan tüpünden sistemin düşük basınçlı tarafına aktarılması işlemidir. Şarj işlemi sırasında emme basıncı yakından kontrol edildiği sürece sistem çalışırken şarj işlemi kabul edilebilir. Basınç farkı dikkate alındığından, şarj sırasında soğutucu akışkan tüp basıncı sistemin emme basıncından daha düşük olabilir. Sıcak su veya şarj ısıtıcılarının kullanılması bu sorunu çözebilir. Soğutucu akışkan tüplerini ısıtmak için asla sert lehim torçu kullanılmamalıdır. Çalışma adımları aşağıdaki şekilde olmalıdır:

- Alçak basınç tarafı vanasını açın, ardından sistem basıncını ve soğutucu akışkan ağırlık ölçөгünü takip ederek, soğutucu akışkan dereceli şarj tüpü vanasını açın.

- Sistem ve şarj tüpü arasındaki basınç eşitlendiğinde, şarj tüpü vanasını kapatın ve alçak basınç tarafı değeri, şarj tüpü daha düşük bir değer gösterene kadar sistemi 1-2 dakika çalıştırın.

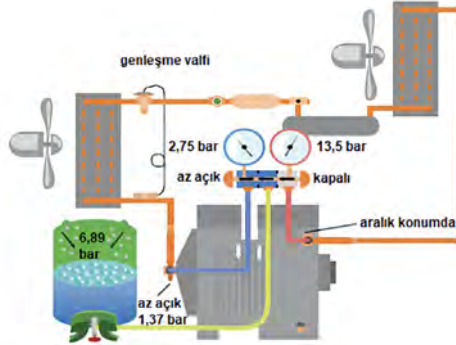
- Uygun şarj elde edilene kadar şarj tüpü vanasını açarak soğutucu eklemeye devam edin.

- Herhangi bir soğutucu akışkan hortumunu bir servis veya şarj vanasına bağlamadan önce, sisteme hava ve nem girmediğinden emin olmak için hortum tüpten gelen soğutucu akışkanla kısa süreliğine temizlenmelidir (havalandırılmalıdır).



Şekil 3.13: Buhar fazındaki soğutucu akışkan dolum sistemi

• **Sıvı Soğutucu Akışkan Şarjı:** Sıvı soğutucu akışkan şarjı genellikle büyük ticari sistemler ve likit tanklı sistemler gibi yüksek soğutucu akışkan şarjlı sistemler için geçerlidir. Sıvı soğutucu akışkanların şarj edilmesi her zaman ustalık ve dikkat gerektirir. Emme el vanası, sıvı gösterge basıncını emme basıncının 140 kPa (yaklaşık 20 psig) üzerine çıkmayacak şekilde izlemek için dikkatle kullanılmalıdır. El vanasının yakınında mavi hortum (emme hattı) donması görüldüğünde emme basıncını kontrol edin. İstenen dolum elde edilene kadar tekrarlayın.



Şekil 3.14: Sıvı fazındaki soğutucu akışkan dolmuş sistemi

Her zaman şundan emin olmayı unutmayın:

- Soğutucu akışkan tüpünün bir daldırma borusu yoksa, sıvı akışını sağlamak için baş aşağı bir konuma yerleştirilmelidir.
- Düşük basınç tarafı kontrolünün bypass edilmesi gerekir.

İyileştirme çalışmaları (Retrofitting)

Genel olarak, bir ekipmanın veya tesisin iyileştirilmesi, performansı artırmak amacıyla eski parçaların yeni ve modern parçalarla değiştirilmesi anlamına gelir. Son zamanlarda ise, soğutma ve iklimlendirme için, mevcut tesislerdeki ozon tabakasını incelten maddelerin veya hidroflorokarbon soğutucu akışkanların, ozon tabakasını inceltme potansiyeli veya küresel ısınma potansiyeli sıfır olan soğutucu akışkanlarla değiştirilmesi prosedürü anlamına gelmektedir. İyileştirme, genellikle yağ değişimi, genleşme valfi veya kompresörün değiştirilmesi gibi modifikasyonlar gerektirir. Dönüşüm bu kadar büyük değişiklikler gerektirmiyorsa, alternatif olarak kullanılacak soğutucu akışkan ikame (drop in veya retrofill) olarak adlandırılır. OTİM kullanan bir sistemden ozon dostu bir soğutucuya geçiş yapmak, sistemin kapsamlı bir şekilde araştırılmasını ve incelenmesini gerektirir.

Göz önünde bulundurulması gereken bazı faktörler:

- Değiştirmekten daha uygun maliyetli ise sistemi iyileştirin. OTİM kullanan bir sistemde büyük bir onarım (örn. kompresör değişimi vb.) veya modifikasyon gerekliyse, iyileştirmenin kabul edilebilir bir maliyetle yapılp yapılamayacağı değerlendirilmelidir.
- Düzgün çalışan ve sızıntı yapmayan sistemlerin, en azından soğutma sisteminin onarım için açılması gerekene kadar, iyileştirilmesi tavsiye edilmez. Düzgün çalışan sistemler ozon tabakasına zarar vermeden uzun yıllar çalışmaya devam edebilir. Hatalara, arızalara

ve sızıntılara meyilli eski sistemler için, sistemi iyileştirmek yerine değiştirmek daha uygun maliyetli olabilir. Ayrıca, yeni ekipman enerji açısından daha verimli olacaktır.

- Büyük onarım gerektiren ve teknik/ekonomik ömrünün sonuna yaklaşmış bir sistem değerlendirildiğinde, iyileştirme yerine değiştirmenin daha uygun maliyetli olması halinde değiştirme düşünülmelidir.

- Kullanılacak alternatif soğutucu akışkanın yanıcılık, toksisite, ozon tükenme potansiyeli ve küresel ısınma potansiyeli gibi güvenlik ve çevresel özellikleri birlikte dikkate alınmalıdır.

- Sistemdeki elastomerler ve yağ gibi bileşenlerin ve malzemelerin uyumluluğu değerlendirmeye dahil edilmelidir. Ayrıca gözetleme camları ve yağ ayırıcılar gibi bileşenler de uygunluk açısından kontrol edilmelidir.

- Sistemin çalışma koşulları değerlendirilip incelenmeli, hizmeti ve operasyonel geçmişi belirlenmelidir.

İkame soğutucu akışkanlarının kullanımı

OTİM soğutucu akışkanlarının ve özellikle de soğutma ve iklimlendirme sektöründeki CFC'lerin aşamalı olarak kullanımından kaldırılması, genellikle orijinal OTİM soğutucu akışkanlarının doğrudan ikamesi olduğu iddia edilen yeni soğutucu akışkanların geliştirilmesine yol açmıştır. Bu soğutucu akışkanların bileşimleri çeşitlilik göstermektedir; bazıları sentetik florluktur karbonlar, diğerleri hidrokarbonlar (HC'ler) gibi doğal soğutucu akışkanlar, bazıları tekli maddeler, diğerleri ise karışımlardır. Ancak, kullanılması düşünülen herhangi bir soğutucu akışkanın iyice araştırılması, söz konusu durum için uygun bir ikame olduğundan emin olunması ve soğutucu akışkanla çalışanların bunun etkilerinin tam olarak farkında olması önemlidir.

Aşağıdaki hususlara dikkat edilmelidir:

- Güvenlik karakteristiğini anlamak için "Malzeme Güvenlik Bilgi Formları (Material Safety Data Sheets, MSDS)" kontrol edilmelidir.

- Üreticisinden gerekli tüm bilgiler talep edilmelidir.

- Mevcut sistemdeki yağın değiştirilme gerekliliği konusu araştırılmalıdır.

- Teknisyenler ayrıca bu yeni soğutucu akışkanların doğru kullanımı konusunda da eğitim almalıdır.

Hidrokarbonların yanıcı olduğu bilinmektedir, ancak tutuşma meydana gelirse patlamadan önce ulaşılması gereken belirli konsantrasyonlar vardır. Bu nedenle eğitim ve bilginin yaygınlaştırılması çok önemlidir. Bazı gelişmekte olan ülkeler, Birleşmiş Milletler Çevre Programı ve diğer uygulayıcı kuruluşların desteğiyle, iyi uygulamalar konusunda eğitim programları uygulamaktadır.

Soğutma ve iklimlendirme sistemlerinin iyileştirilmesi

CFC veya HCFC tabanlı bir sistemin iyileştirilmesiyle ilgili sıralı adımlar aşağıda verilmiştir:

1. Ekipmanın normal çalışma koşullarını belirlemek için iyileştirme öncesinde sistem performans verileri kaydedilir. Veriler, evaporatör, kompresör emme ve basma, kondenser ve genişleme valfi dahil olmak üzere sistem genelinde sıcaklık ve basınç ölçümlerini içermelidir. Bu ölçümler iyileştirme sırasında sistemi ayarlarken faydalı olacaktır.

2. Soğutma sistemini açmadan önce sistem süpürülerek (pump-down), soğutucu akışkan toplanmalıdır.

3. Geri kazanılan soğutucu akışkan sadece belirtilen yeniden doldurulabilir bir kaptay veya tüpte saklanmalı ve uygun şekilde etiketlenmelidir.

4. Soğutucu akışkanın geri kazanımı, yalnızca nitelikli bir teknisyen tarafından çalıştırılan bir geri kazanım makinesi kullanılarak yapılmalıdır.

5. Sistem için önerilen CFC veya HCFC şarj miktarının bilinmesi önemlidir. Bilinmiyorsa, çıkarılan soğutucu akışkan miktarının tamamını tartılır. Bu miktar, sisteme doldurulacak yedek soğutucu akışkanın ilk miktarı için bir kılavuz olarak kullanılabilir.

6. Teknisyen, geri kazanım işlemi sırasında soğutucu akışkan emisyonlarının önlenmesini sağlamak için çaba göstermelidir.

7. Sisteme eklenecek soğutucu akışkan mevcut yağla (tipik olarak mineral yağ) uyumsuzsa, yağ boşaltılmalıdır. Aksi takdirde bu aşama göz ardı edilebilir. Sistemde kalan yağ miktarını belirlemek için mevcut yağ şarjını boşaltın ve geri doldurun, miktarı ölçün ve önerilen yağ şarjı ile karşılaştırın. İyileştirmelerle ilgili en büyük sorun, kalan mineral yağın çıkarılmasıdır. Bu önemlidir çünkü yeterince mineral yağ çıkarılmazsa evaporatör ısı eşanjörü yüzeylerinde birikerek performansı ciddi şekilde düşürebilir. Birçok küçük hermetik kompresörde yağ tahliyesi bulunmadığından, yağın boşaltılması için kompresörün sistemden çıkarılması gerekebilir. Yağı boşaltmak için sistemdeki en iyi nokta kompresörün emme hattıdır. Kompresörü sistemden çıkarmadan mineral yağın çıkarılması için kompresör erişim portuna bir tüp yerleştirilmesine izin veren küçük, elle çalıştırılan pompalar mevcuttur. Yeni yağı eklemeyen önce, mineral yağın büyük bir kısmının sistemden çıkarılması gerektiğini unutmayın.

8. Yeni alternatif soğutucu akışkandan etkilenecek tüm ekipman bileşenlerini (örneğin genleşme valfi, contalar, filtre kurutucu, vb.) ve aksesuarlarını ve yeni alternatif soğutucu akışkan için uygun soğutucu akışkan yağını, üretici tarafından tavsiye edildiği şekilde değiştirin. Genleşme valfli çoğu CFC veya HCFC sistemi tatmin edici şekilde çalışacaktır, ancak kızgınlık değerinin ayarlanması gerekebilir. Sistemde bir kılcal boru kullanılıyorsa, tüm tasarım koşulları aralığında tatmin edici bir performans elde etmek için daha büyük veya daha az kısıtlanmalı bir boruyla değiştirilmesi gerekecektir. Teknisyenin kılcal boruyu değiştirmeden önce ekipman üreticisine danışması tavsiye edilir.

9. Sistem, kompresör/sistem üreticisi tarafından tavsiye edildiği şekilde yeni ve doğru miktarda alternatif soğutucu akışkan yağı ile doldurulmalıdır.

10. Üretici tarafından önerilen standart servis uygulamalarını izleyerek kompresör yenisinden takılır. Yağı çıkarmak için bir yağ pompası kullanılmışsa, erişim portu tekrar kapatılır.

11. Sistemdeki mineral yağ önerilen %5 kabul edilebilir seviyeyi aşuncaya kadar yağ değiştirme prosedürünü gerektiği kadar gerçekleştirerek sistemi çalıştırın. Kalıntı mineral yağ içeriğini kontrol eden test kitleri çeşitli yağ tedarikçilerinden temin edilebilir. Genel olarak, mineral yağ içeriğini kabul edilebilir seviyeye indirmek için yaklaşık üç şarj gerekecektir.

12. Sistem oksijensiz kuru azot ile sızdırmazlık testine tabi tutulmalıdır ve 24 saatlik sabit basınç gözlemlenmelidir. Gerekli görüldüğü takdirde düzeltmeler yapılır.

13. Uygun bir vakum pompası ve elektronik bir vakum ölçer kullanarak sistem en az 1000 mikrona (1 mbar, 29.87 in Hg basıncına) kadar tahliye edilir. Sistemi yeniden bağlamak ve tahliye etmek, havayı ve diğer yoğunlaşmayan kirleticileri gidermek için normal servis uygulamaları kullanılır.

14. Sistem uygun miktarda alternatif soğutucu akışkanla doldurulur. Bu, normalde yoğunlaşma sıcaklığındaki sıvı yoğunluklarının oranı kullanılarak yaklaşık olarak hesaplanabilir. Optimum sistem performansını sağlamak için CFC veya HCFC için kullanacağınız şarj prosedürleri uygulanır. Genel olarak, sistemler CFC veya HCFC kullananlara göre daha küçük bir dolum miktarı gerektirecektir. Orijinal kılcal boru kullanılıyorsa, kompresöre sıvı geri akışını önlemek için genellikle sistemi az şarj etmek gerekecektir. Soğutucu akışkan karışımları ile dolum yapılırken özel dikkat gösterilmelidir.

15. Sistem çalıştırılır ve gerekirse tam dolana kadar ilave soğutucu akışkan şarj edilir. Orijinal kılcal boru gibi sistem için optimize edilmemiş bir genişleme valfinin kullanılması, sistemi şarj ve çalışma koşullarına karşı daha hassas hale getirecektir. Sonuç olarak, sistem aşırı doldurulduğunda (veya az dolum yapıldığında) sistem performansı daha hızlı değişecektir. Aşırı şarjdan kaçınmak için, sıvı seviyesi gözetleme camını bir kılavuz olarak kullanmadan önce çalışma koşullarını (emme ve basma basınçları, emme hattı sıcaklığı, kompresör amper değerleri) ölçerek sistemi doldurmak en doğru yöntemdir.

16. Sistemin çalışması ve performansı en az 48 saat veya daha uzun bir süre boyunca izlenmeli ve gerekli ayarlamalar yapılmalıdır.

17. Kalan mineral yağ içeriği bir refraktometre veya yağ test kiti ile kontrol edilmelidir.

18. Tolerans sisteme ve çalışma koşullarına bağlı olduğundan sistem ve/veya kompresör üreticisinin tavsiyelerine uyulmalıdır.

19. Sistem etiketlenir. Sistemi iyileştirdikten sonra, soğutucu akışkanı tanımlamak ve sistemdeki yağ tipini (marka adıyla) belirtmek için sistem bileşenleri işaretlenir. Bu, gelecekte ekipmana servis vermek için uygun soğutucu akışkan ve yağın kullanılmasını sağlamaya yardımcı olacaktır.

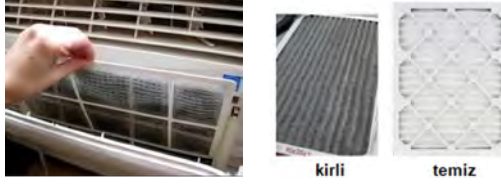
6. SİSTEM BAKIMI

Bir soğutma sisteminin filtreleri, serpantinleri ve lamelleri, ünitenin hizmet verdiği yıllar boyunca etkili ve verimli bir şekilde çalışması için düzenli bakım gerektirir. Gerekli bakımın ihmal edilmesi, enerji kullanımı sürekli artarken cihaz performansında sürekli bir düşüş sağlar.

Fitreler

Sistemin verimliliğini sağlayacak en önemli bakım görevi, filtrelerini rutin olarak değiştirmek veya temizlemektir. Tıkalı, kirli filtreler normal hava akışını engeller ve sistemin verimliliğini önemli ölçüde azaltır. Normal hava akışı engellendiğinde, filtreyi atlayan hava doğrudan evaporatör serpantinine kir taşıyabilir ve serpantinin ısı emme kapasitesini düşürebilir. Kirli, tıkalı bir filtrenin temiz bir filtreyle değiştirilmesi, cihazın enerji tüketimini %5 ile %15 oranında azaltabilir. Merkezi klimalarda filtreler genellikle dönüş kanalının uzunluğu boyunca bir yere yerleştirilir. Yaygın filtre yerleri duvarlar, tavanlar, fırınlar veya klimanın kendisidir. Oda tipi klimalarda, odaya bakan ızgaraya monte edilmiş bir filtre bulunur. Bazı filtre türleri tekrar kullanılabilir; geri kalanların değiştirilmesi gerekir. Çeşitli tiplerde ve

verimliliklerde filtreler mevcuttur. Klima sisteminizin filtresi soğutma sezonu boyunca her ay veya iki ayda bir temizlenmelidir veya değiştirilmelidir. Klima sürekli kullanılıyorsa, tozlu koşullara maruz kalıyorsa veya evde evcil hayvanlarınız varsa filtrelerin daha sık bakıma ihtiyacı olabilir.



Şekil 3.15: Klimalarda filtre değişimi

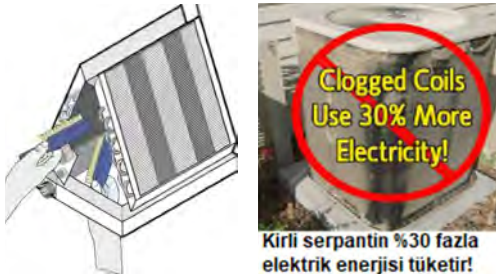
Serpantinler

Evaporatör serpantini ve kondenser serpantini aylar ve yıllar süren hizmet süreleri boyunca kir toplar. Temiz bir filtre, evaporatör serpantininin hızla kirlenmesini önler. Ancak zaman içinde evaporatör serpantini yine de kir toplayacaktır. Bu kir hava akışını azaltır ve serpantini yalıtarak ısıyı emme kabiliyetini düşürür. Bu sorunu önlemek için evaporatör bataryanızı her yıl kontrol edin ve gerektiğinde temizleyin.



Şekil 3.16: Kirli ve temiz lamel örnekleri

Dış ortam tozluysa veya yakınlarda yeşillik varsa dış mekân kondenser serpantinleri de çok kirlenebilir. Kondenser serpantinini kolayca görebilir ve lamellerinde kir birikip birikmediğini fark edebilirsiniz. Kondenser ünitesinin yakınındaki kir ve kalıntıları en aza indirmelisiniz. Kurutma makinenizin havalandırma delikleri, düşen yapraklar ve çim biçme makinesi potansiyel kir ve döküntü kaynaklarıdır. Serpantin etrafındaki alanı temizlemek, kalıntıları gidermek ve yaprakları en az 2 fit (0.6 metre) geriye doğru kesmek kondenser etrafında yeterli hava akışı sağlar.



Şekil 3.17: Kondenser ünitesinin temizliği

Serpantin Lamelleri

Evaporatör ve kondenser serpantinlerindeki alüminyum lameller kolayca bükülebilir ve serpantinden geçen hava akışını engelleyebilir.



Şekil 3.18: Kondenser ünitesinin lamellerinin düzeltilmesi

Yoğuşma Suyu Tahliyeleri

Ara sıra ünitenin tahliye kanallarından sert bir tel geçirilmelidir. Tıkalı tahliye kanalları ünitenin nemi azaltmasını engeller ve ortaya çıkan aşırı nem duvarların veya halının rengini bozabilir.

Evaporatörler

Evaporatörlerde buz çözme işleminin düzgün yapıp yapılmadığını aylık olarak kontrol edilmelidir. Evaporatör serpantini üzerinde buz birikmesi sistemin çalışmasında verimsizliğe neden olabilir ve serpantin yüzeyinin kendisine zarar verebilir.

Her altı ayda bir:

- Elektrik panosundaki tüm elektrik bağlantılarını sıkılmalıdır. Yıpranmış kablo yalıtımı ve aşınmış uçların olup olmadığını kontrol edilmelidir ve tüm kablo bağlantılarının sıkı olduğundan emin olunmalıdır.

- Fan motorları ve kanatları kontrol edilmelidir. Kanatlar serbestçe dönüyor mu? Kanatlarda olağandışı aşınma veya gerilim kırıkları olup olmadığını kontrol edilir. Her bir fan kanadının yüzeyi temizlenir. Aşınmış kanatlar değiştirilir ve fan ayar vidaları sıkılır. Yağlama bağlantıları olan motorlarda doğru yağ tipi uygulanmalıdır. Dönmesi zor olan veya aşınmış yatakları olan motorlar değiştirilmelidir.

- Tüm defrost (buz eritme) ısıtıcıları kontrol edilmelidir. Isıtıcıların evaporatör serpantinine maksimum ısı transferi için doğru konumda olduğundan emin olunur. Üreticinin tavsiyelerine uyulmalıdır. Her ısıtıcının doğru amper çekip çekmediği kontrol edilir. Her ısıtıcının uçlarındaki voltaj kontrol edilmelidir. Isıtıcı bağlantı uçlarının iyi durumda olduğundan emin olunmalıdır.

- Drenaj tavası temizlenmelidir ve düzgün drenaj olup olmadığı kontrol edilir. Tüm yabanc maddeler drenaj tavaından çıkarılmalıdır. Tava serbestçe akmalıdır. Drenaj hattı, evaporatörden uzakta görünür bir eğimle serbest drenajlı olmalıdır. Donma noktasının altındaki ortamlarda drenaj hattının ısıtıcısı kontrol edilmelidir.

- Evaporatör serpantin yüzeyi temizlenmelidir. Lamellerin içine çekilmiş olabilecek toz ve diğer yabancı maddeleri temizlemek için serpantin periyodik olarak yıkanmalıdır. Ticari sınıf bir temizleme köpüğü kullanılabilir. Soğutucu serpantinleri temizlemek için uygun temizleyicinin etiket talimatları izlenir.

Kompresör

Her altı ayda bir:

- Tüm elektrik bağlantıları sıkılmalıdır. Yıpranmış kablo yalıtımı ve aşınmış bağlantı uçları olup olmadığı kontrol edilmelidir. Hasarlı kablolar değiştirilir. Tüm vidalı bağlantıların sıkı olduğundan emin olunmalıdır.

- Tüm elektrikli bileşenler kontrol edilmelidir. Elektrikli kontaktörler aşınmış ve çukurlaşmış temas noktaları açısından yakından incelenmelidir. Bu noktalar temizlenmeli ve parlatılmalıdır. İletkenlerde, gevşek bir kabloya veya tehlikeli bir aşırı akım durumuna işaret edebilecek herhangi bir renk değişikliği olup olmadığı kontrol edilir. Kontaktörde bulunan herhangi bir yabancı madde çıkarılmalıdır. Varsa kompresör karter ısıtıcısı kontrol edilmelidir. Açık tip kompresörlerde bağlantı dişlileri temizlenip yağlanmalıdır. Tüm dişli ve kasnakların serbestçe döndüğünden emin olunur. Tüm röleler aşınmış noktalar açısından kontrol edilir; gerekirse röle değiştirilmelidir. Kompresör elektrik kutusunun içindeki elektrik bağlantıları kontrol edilmelidir.

- Kontrol sisteminin çalışması incelenmelidir. Tüm basınç kontrolleri düzgün çalışma ve ayar noktaları açısından kontrol edilmelidir. Güvenlik kontrolleri takip edilmelidir. Yağ emniyetinin ve yüksek basınç kontrollerinin çalıştığından emin olunmalıdır. Oda sıcaklığı termostatının çalışması kontrol edilir. Sıvı hattı solenoid valfinin tamamen kapandığından ve kompresörün süpürme yaparak kapandığından emin olunmalıdır.

- Kompresördeki yağ seviyesi kontrol edilmelidir. Yağ seviyesi gösterge camının üçte biri ile üçte ikisi arasında olmalıdır. Karter ısıtıcısının çalışması kontrol edilmelidir.

- Buz çözme sisteminin çalışması kontrol edilmelidir. Çoğu koşul altında, zamanlayıcı defrostu başlatmalıdır. Defrost sonlandırma sıcaklık kontrolünün defrost döngüsünü durdurduğundan ve yeniden başlatmadan önce evaporatör fanlarına yaklaşık 2 dakika gecikme süresi tanıdığından emin olunmalıdır.

- Soğutucu akışkan hattı yalıtımının durumu kontrol edilmelidir. Açık, yırtık veya su dolu yalıtım sisteme çok az fayda sağlar. Yalıtım kötü durumdaysa değiştirilmelidir.

- Sistemdeki soğutucu akışkan seviyesinin uygun olup olmadığı kontrol edilmelidir. Sıvı hattı gösterge camında normal çalışma sırasında berrak ve sıvı soğutucu akışkanla dolu olarak göstermelidir. Değilse, sızıntıyı bulun ve onarın. Ardından temiz bir gözetleme camı sağlamak için sistem yeterli miktarda soğutucu akışkan ile doldurulmalıdır.

- Sistem kızgınlık değeri kompresörde aşağıdaki şekilde kontrol edilmelidir:

a-Kompresörün emiş valfindeki emme basıncı ölçülür ve bir sıcaklık-basınç tablosundan bu basınca karşılık gelen doyma sıcaklığı belirlenir.

b-Doğru bir termometre kullanarak emme hattının sıcaklığı kompresörden yaklaşık 1 ft uzakta ölçülür.

c-Doyma sıcaklığını, gerçek emme hattı sıcaklığından çıkarın. Aradaki fark kızgınlık (superheat) değerini ifade eder.

Çok düşük bir kızgınlık değeri, sıvının kompresöre gelmesine neden olabilir. Bu, yağın seyrelemesine ve sonunda yatakların, segmanların arızalanmasına veya muhtemelen valf arızasına neden olur. Çok yüksek kızgınlık değeri, yağın parçalanmasına neden olan ve piston segmanı aşınması ile piston ve silindir duvarı hasarına yol açan aşırı basma sıcaklıklarına neden olur. Maksimum sistem kapasitesi için emmedeki kızgınlık değeri mümkün olduğunca düşük tutulmalıdır. (Heatcraft, kompresördeki kızgınlık değerinin 30°F'den düşük olmamasını önerir). Emiş tarafındaki kızgınlık değerinin ayarlanması gerekiyorsa, evaporatördeki genleşme valfi ayarlanmalıdır. Bu konuda, üreticinin tavsiyelerine uyulmalıdır.

- Tüm kapiler ve bakır boru hatları aşınma belirtileri açısından kontrol edilmelidir. Tüm kılcal ve hortum hatlarının sağlam olduğundan ve soğutucu sızıntılarına neden olabilecek nesnelere sürtünmediğinden emin olunmalıdır.

- Tüm eksik valf kapakları ve ünite kapakları değiştirilmelidir.

Kondenser

Her altı ayda bir (yerel koşullar kanatlı yüzeyden geçen hava geçişlerinin tıkanmasına veya kirlenmesine neden olursa) aşağıdakiler uygulanmalıdır:

- Kondenser serpantini temizlenmeli ve yıkanmalıdır. Bir fırça, elektrikli süpürge, basınçlı su veya piyasada bulunan serpantin temizleme köpüğü ile periyodik olarak temizlenebilir. Köpük temizleyici kullanılırsa, asit bazlı olmamalıdır. Uygun temizleyicinin etiket talimatları izlenmelidir.

- Kondenser fanlarının çalışması kontrol edilmelidir. Her bir fanın serbestçe döndüğü kontrol edilir. Tüm fan ayar vidaları sıkılmalıdır. Fan kanatlarında gerilim veya diğer aşınma belirtileri olup olmadığı kontrol edilmelidir. Olağandışı bir aşınma görülürse kanat değiştirilir. Varsa motorlar yağlanmalıdır (Çoğu kondenser motoru kalıcı olarak sızdırmazdır ve yağlama gerektirmez). Aşınmış olan motor değiştirilmelidir.

ETKİNLİK 3

SOĞUTUCU AKIŞKANLARIN MUHAFAZASI, İKLİMLENDİRME VE SOĞUTMA SİSTEMLERİNİN SERVİS VE BAKIMI

TAKIM ÇALIŞMASI

• Eski bir klima ünitesi üzerinde bir teknisyen eşliğinde RRR (Recover, Recycle ve Recharge) ünitesinin kullanılması: Geri Kazanım, Geri Dönüşüm ve Yeniden Şarj ünitesinin kullanımını klima ünitesi üzerinde test ederek raporlayınız.

ETKİNLİK

• Daha önce bahsedilen konuları göz önüne alarak, farklı tipteki soğutucu geri kazanım ekipmanları ve farklı tipteki geri kazanım tüpleri arasında bir karşılaştırma tablosu oluşturunuz.

ETKİNLİK

• Soğutma sistemlerinde kirletici maddelerin önlenmesiyle ilgili daha önce bahsedilen konulara dayanarak, bu kirletici maddelerin türleri hakkında daha fazla bilgi veren ve sistemin performansı üzerindeki etkilerini dikkate alan iki sayfalık bir rapor yazınız.

TAKIM ÇALIŞMASI

• Eski bir klima ünitesi üzerinde, güvenlik önlemlerini de dikkate alarak, teknisyen eşliğinde farklı sızıntı tespit cihazlarını kullanarak herhangi bir sızıntı olup olmadığını tespit ediniz.

• Test prosedürü boyunca çekilen görüntülerle çalışmayı belgeleyen bir rapor hazırlayınız.

TAKIM ÇALIŞMASI

4 kişilik bir grup oluşturarak aşağıdakileri yapınız:

• Eski bir klima ünitesini, kullanım kılavuzunu dikkate alarak, soğutucu akışkanla şarj ediniz ve ardından bir teknisyen eşliğinde tekrar boşaltınız. Her iki işlemi gerçekleştirirken yapılan adımları açıklayan bir video ile bir rapor hazırlayınız.

SAHA GEZİSİ

• Bu modülün sonunda, Ulusal Ozon Birimi ile koordineli bir faaliyet (Yerel sanayiye, meslek okulu vb....) ile ilgili farklı bakım ve güvenlik konularını yazılı bir raporla anlatınız.



MODÜL 4

SÜRE: 1.5 HAFTA

SOĞUTUCU AKIŞKANLARIN GÜVENLİ
KULLANIMI VE TAŞINMASI

1. GİRİŞ VE MUHAFAZANIN TANIMLANMASI

(Ref: UNEP- Manual For Refrigeration Servicing Technicians)

Bu bölüm, soğutucu akışkanların taşınması ve yönetimi ile ilgili bazı önemli hususları kapsamakta olup, öncelikli olarak soğutucu akışkanın doğru muhafaza edilmesine ve emisyon ve israfın önlenmesine odaklanmaktadır. Bölümdeki belli başlı konular arasında; gaz tüplerinin iyi bir şekilde taşınması, kullanılması, soğutucu akışkanların yeniden kullanımı ve uygun şekilde imha edilmesi ile ilgili başlıklar bulunmaktadır. Ek olarak, soğutucu akışkan tasarrufu kavramı, sistemler içerisinde muhafaza, uygun geri kazanım ve geri dönüşüm yöntemleri ve ıslah gibi soğutucu akışkan kullanımının tüm aşamalarına yönelik pratik önlemlerle açıklanmaktadır. Okuyucu şunları yapabilmelidir:

- Soğutucu akışkanların doğru şekilde nasıl kullanılacağını tanımlayabilmeli,
- Soğutucu akışkan tasarrufunu teşvik etmenin yollarını tanımlamalı,
- Soğutucu akışkan geri kazanım ve geri dönüşüm faaliyetlerinin nasıl gerçekleştirileceğini açıklayabilmelidir.

Soğutucu akışkan yönetimine yönelik stratejiler, UNEP ve diğer uygulayıcı kuruluşlar tarafından Ulusal Ozon Birimleri (National Ozone Units, NOU) ve diğer hükümet kurumlarıyla birlikte gelişmekte olan ülkelerde Montreal Protokolü'nün uygulanmasının bir eylemi olarak ülke düzeyinde geliştirilmiştir. Madde 5 ülkelerine soğutma sektöründe Çok Taraflı Fon (Multilateral Fund, MLF) yardımı, servis teknisyenlerinin eğitimi ve kloroflorokarbon (CFC) soğutucu akışkanların geri kazanımı ve geri dönüşümü projeleri ilk kez 1991 yılında başlamıştır. 1997 yılında bu bağımsız projelerin yerini Soğutucu Akışkan Yönetim Planları (Refrigerant Management Plans, RMP) almıştır. Soğutucu akışkan yönetimi, mevcut ekipmanda mevcut soğutucu akışkanların kullanımını optimize etmeye, teknik ve düzenleyici önlemler yoluyla servis için yeni soğutucu akışkanlara olan talebi en aza indirmeye yönelik bir yaklaşımdır. Bu, soğutucu akışkanların emisyonundan kaynaklanan çevreye zararlı etkileri azaltarak ekipmanın yaşam döngüsü boyunca uygun şekilde çalışmasını sağlamayı amaçlamaktadır. Soğutucu akışkan yönetimi kapsamında tahsis edilen koşullar ve kaynaklar zaman içinde ayarlanmıştır. Sonra "Terminal Faz Aşımı Yönetim Planları" (Terminal Phase-out Management Plans, TPMP) adı verilen projeler geliştirilmiştir. TPMP kapsamında bir ülke CFC tüketiminin tamamen durdurulması için finansman alır.

2. SOĞUTUCU AKIŞKAN YÖNETİM PLANLARI

(Ref: UNEP- Manual For Refrigeration Servicing Technicians)

Daha önce, soğutma sektöründe CFC'lerin aşamalı olarak kaldırılması, teknisyenlerin eğitimi ve soğutucu akışkan geri kazanımı ve geri dönüşüm projeleri yoluyla soğutucu akışkan koruma uygulamalarının teşvik edilmesine yüksek öncelik verilerek proje bazında bir yaklaşımla ele alınmaktaydı.

Bu yaklaşım, projelerin daha koordineli bir şekilde uygulanması ve uygun destek yoluyla elverişli koşulların yaratılması ihtiyacını açıkça ortaya koymuştur. Soğutucu Akışkan Yönetim Planları (RMP) kavramı bu ihtiyaca cevap vermektedir.

Bir RMP, soğutma ve iklimlendirme sistemlerinin servis ve bakımında kullanılan ozon tabakasına zarar veren soğutucu akışkanların (CFC'ler ve HCFC'ler) kullanımının aşamalı

olarak durdurulmasına yönelik kapsamlı bir stratejidir. Daha önce birbirinden ayrı olarak uygulanan projeler, bu bağlamda genel bir yaklaşımın parçasıdır ve optimum sonuçlar için senkronize edilmektedir.

Soğutucu Akışkan Yönetim Planlarının başarılı bir şekilde uygulanması, aşağıdaki faaliyetlerin koordinasyonunu gerektirir:

- Yönetmelikler ve ticaret kontrolleri,
- Ekonomik teşvikler ve caydırıcılar,
- Servis teknisyenleri için soğutmada örnek uygulamalara ilişkin eğitim programı,
- OTİM'lerin kontrolü ve izlenmesi konusunda gümrük memurlarına yönelik eğitim programı,
- CFC soğutucu akışkanlar için geri kazanım ve geri dönüşüm programlarının oluşturulması,
- Kamu farkındalığı,
- Kurumsal yapının güçlendirilmesi,
- Verilerin toplanması ve OTİM tüketiminin kontrolü ve izlenmesi için geliştirilmiş sistem,
- Uygun politika ve düzenleyici destek çerçevesi,
- Farklı sektörlerin dahil edilmesi: İmalat sektörü, Hizmet sektörü, Son kullanıcı sektörü (örneğin son kullanıcı dönüşüm projeleri aracılığıyla), Kayıt dışı sektör
- Farklı paydaşların dahil edilmesi: Yerel eğitim enstitüleri, Sektör dernekleri, İthalatçılar ve toptancılar, Hükümet dışı kuruluşlar, Sivil toplum.

Geri kazanım ve geri dönüşümü içeren iyi uygulamalar

Bu bağlamda servis teknisyenlerine yönelik bir eğitim programı, büyük bir sermaye yatırımı olmaksızın, OTİM içeren ekipmanın kötü servis ve bakım uygulamaları nedeniyle OTİM tüketiminin azaltılmasını sağlamak için temel bir unsurdur. Soğutmadaki iyi uygulamalara ilişkin eğitim, birçok servis uzmanına OTİM emisyonlarını azaltma becerisi kazandırmıştır. Bu konu, ozon tabakasını incelten soğutucu akışkanların geri kazanılmasını ve geri dönüştürülmesini, alternatif soğutucu akışkanlara uyarlamayı ve yeni teknolojilerin tanıtılmasını içermektedir.

3. SOĞUTUCU AKIŞKAN YÖNETİM PLANLARININ UYGULANMASI VE ETKİSİ

(Ref: 2002 Report of the Refrigeration, Air Conditioning and Heat Pumps Technical Options Committee)

14 ülke, RMP'lerde önerilen projeler tarafından yönetilen OTİM miktarına göre gruplandırılabilir. Tüketim miktarı 10 ODP tonun altında olan üç ülke (Lesotho, Seyşeller ve Swaziland); tüketimi 10 ila 80 ODP ton arasında olan sekiz ülke (Botsvana, Etiyopya, Malavi, Mauritius, Mozambik, Namibya, Uganda ve Zambiya) ve tüketimi 80 ODP tonun üzerinde olan üç ülke (Kenya, Tanzania ve Zimbabve) bulunmaktadır.

RMP'ler, bu ülkelerdeki OTİM'lerin aşamalı olarak kaldırılması faaliyetlerinin başarılı bir şekilde uygulanması için koordinasyon, uygulama ve bir çerçeve sağlamaya devam edecektir.

RMP'lerin çeşitli bileşenlerinin (örneğin, eğitim ve öğretim, mevzuat ve düzenlemelerin uygulanması ve ekonomik araçlar) başarılı bir şekilde uygulanması, protokolün gereklilikleri dahilinde OTİM'in etkili bir şekilde aşamalı olarak kaldırılmasına yol açacaktır.

4. A5 ÜLKELERİNDE TASFİYE İHTİYAÇLARI

(Ref: Revised Report of The Study on ODS Disposal Options in Article 5 Countries May 2006, The Ministry of the Environment of Japan)

Bu bölüm, OTİM'in fiili imhasına ilişkin örnekleri ve Madde 5 ülkelerindeki fiili ve potansiyel OTİM imhası ihtiyaçlarını gösteren diğer örnekleri tanıtmaktadır. Bu vakalar, bazı ülkelerde Ozon Görevlileri, servis atölyesi sahipleri, halon bankaları ve diğer paydaşlarla yapılan görüşmeler yoluyla tespit edilmiştir.

Fiili İmha Olayları;

Endonezya, CFC12- (21 MT)

Endonezya'nın Kalimantan Adası'nda bulunan bir servis şirketi, bir petrol şirketinde kurulu CFC bazlı sistemi iyileştirdi. Sonuç olarak 21 MT CFC geri kazanılmıştır. Bu şirket geri kazanılan CFC'yi imha etmeye karar verdi ancak bir süre depolamak zorunda kaldı. Şirket 2005 yılında CFC'yi Avustralya'ya göndermiş ve 280,000 Amerikan dolarından fazla bir maliyetle imha ettirmiştir.

Tayland, HCFC22 ve HFC- (1 MT)

Tayland'daki bir Japon şirketi, sevkiyat öncesi kalite kontrol sürecinde klimalardan geri kazanılan HCFC22 ve R410A (HFC32/125) için 3 yılı aşkın süredir bertaraf seçenekleri arıyordu. Sevkiyattan önce son ürünlerde gaz kaçağı tespit edildiğinde, soğutucu akışkan onarım sırasında geri kazanılır, ancak kalite güvencesi için geri kazanılan soğutucu akışkan yerine ürün yeni soğutucu akışkanla doldurulur.

Söz konusu şirketin merkezi politikasına uygun olarak, şirketin Tayland'daki ve diğer ülkelerdeki tesisleri, atmosfere salınacak olan soğutucu akışkanı geri kazanmakta ve ayrıca kendi tesislerinde veya pazarda geri kazanılan soğutucu akışkanın uygun şekilde imha edilmesine yönelik arayışlarda bulunmaktadır.

Şirket, Tayland'da geri kazanılan soğutucu akışkanı kendilerinden satın alacak perakendecilerin varlığından haberdardır. Ancak şirket, sofistike bir ıslah sistemi olmayan bir ülkeye satmak yerine, sosyal sorumluluk politikası olarak soğutucu akışkanı imha etmeye karar vermiştir.

Şirket ilk olarak soğutucu akışkan imha hizmeti için yerel çimento şirketleriyle teması geçmiş olsa da bu şirketler bazı endişeler nedeniyle OTİM imhasını kabul etmemişlerdir (Örneğin; çimento fırınında OTİM imhası fırına zarar verebilir). Şirket, soğutucu akışkanı imhası için Japonya'ya ihraç etmeyi düşünmüş ancak prosedürlerde tespit edilen karışıklıklar nedeniyle bunun uygulanabilir olmadığı sonucuna varmıştır. Sonunda şirket, Tayland hükümeti tarafından finanse edilen endüstriyel atık yönetim merkezinden soğutucu akışkanın imhası için gerekli koşulları araştırmasını talep etti. Koşullar, operasyonun başlamasından önce ve sonra şirketin ve Japonya'daki merkezin teknik mühendisleri tarafından doğrulandı. Şu andaki imha işlemi merkezinde 1 kg/saat imha kapasitesinde deneysel çalışmalar yürütülmektedir. Merkezdeki toplam atık yakma kapasitesi 40-50 ton/gündür. 3 yıl boyunca depolanan soğutucu akışkanın 900 kg'ı (15 silindir tankı) merkeze nakledilmiş ve 500 kg'ı imha edilmiştir (Şubat 2006 itibarıyla). Deneme amaçlı olarak gerçekleştirilen imha işleminin maliyeti 15,000 Baht/t olup (işletme faaliyete geçtiğinde artırılması planlanmak-

tadır), şirket tarafından karşılanmaktadır. Şirket, soğutucu akışkanın imha ihtiyacını 1-1.5 Metrik tona kadar çıkaracak olan servis operasyonu kapsamında geri kazanım uygulamasına başlamaktadır.

Çin Halk Cumhuriyeti, HCFC- (200MT)

Çin Halk Cumhuriyeti'ndeki bir Japon şirketi 2003 yılından bu yana floropolimer üretimi sürecinde geri kazanılan HCFC22 ve diğer HCFC'leri (HCFC124, 124a, vb.) imha etmektedir. Bugüne kadar yaklaşık 200 metrik ton HCFC geri kazanılmıştır (2005'te 100 metrik) ve bu HCFC'ler şu anda tesiste kurulu olan daldırmalı yakma teknolojisine dayalı ayrılmış imha tesisinde yan ürün gazlarla birlikte gönüllü olarak ayrıştırılmaktadır. İmha tesisi saatte 360 kg/saat ayrıştırma kapasitesine sahiptir; ancak şu anda dış kaynaklardan gelen OTİM'leri barındıracak aşırı bir kapasite bulunmamaktadır.

5. İMHA İHTİYAÇLARININ ŞEKİLLERİ VE SEÇENEKLERİ

(Ref: Revised Report of The Study on ODS Disposal Options in Article 5 Countries May 2006, The Ministry of the Environment of Japan)

OTİM imha ihtiyaçları ve uygulamalarına ilişkin örnekler, bertaraf ihtiyaçlarının yalnızca geri kazanılmış OTİM için değil, aynı zamanda Nepal'deki eski pestisit (MBr), MCF ve CFC113 gibi önceden bunlara bağımlı olan kullanımların başarılı bir şekilde dönüştürülmesinden sonra son kullanımları olmayan işlenmemiş OTİM için de mevcut olduğunu göstermektedir. Geri kazanılan OTİM'e gelince, soğutucu akışkan karışımı, servis atölyelerinde stoklanan veya gümrükte tutulan bu tür soğutucular ile OTİM imhası ihtiyacını doğurmaktadır.

Buna ek olarak, toplanan örnekler, Küba'da ev tipi buzdolaplarının kapsamlı ekipman değişimi ve Filipinler'de Halon 1211 bazlı ekipmanların yeni satışına izin verilmemesindeki Halon 1211 geri kazanımı gibi son kullanımları olmayan geri kazanılmış OTİM vakalarının ortaya çıktığını göstermektedir.

Benzer şekilde, Filipinler'deki soğutma grubu dönüşüm teşvik projesinin bir sonucu olarak geri kazanılacak olan CFC11'in çok az bir kısmı son kullanımlar olmadan fazlalık olabilir. Benzer durumlar, 47. Yürütme Komitesi'nde onaylanan soğutma grubu dönüşüm projelerinin ilerlemesiyle diğer ülkelerde de ortaya çıkabilir.

5.1 Önemli İmha Seçenekleri

Eski MBr gibi nihai kullanımı olmayan işlenmemiş ozon tabakasını incelten maddelere gelince, imhası için önemli seçeneklerden biri kendi ülkesinde imha edilmesi ya da imha edilmek üzere başka ülkelere ihraç edilmesidir. Eski MBr diğer ülkelerde bile artık pestisit olarak işlev görmediğinden, bu durumda ıslah veya yeniden kullanım bir seçenek olamaz. MCF ve CFC113 söz konusu olduğunda, bu maddelerin hala kullanımda olduğu diğer ülkelere ihracatı imhaya ek olarak bir seçenek olabilir.

Nihai kullanımı olmayan geri kazanılmış OTİM'lere gelince, kendi ülkesinde imha veya yeniden kullanım, geri dönüşüm, ıslah ve imha için diğer ülkelere ihracat önemli bertaraf seçenekleridir. Bu durumda, hangi seçeneğin tercih edileceğine karar vermek için hem ekonomik hem de teknik hususların dikkate alınması gerekmektedir. Ekonomik açıdan, piya-

sada geri kazanılmış OTİM'lere yönelik talebin mevcut olması gerekmektedir. Bu bağlamda, piyasadaki işlenmemiş OTİM'lere kıyasla maliyet analizi dikkate alınmalıdır. Teknik açıdan, geri kazanılmış OTİM'lerin kalitesinin kontrol edilebilmesi, geri kazanılmış OTİM'lerin kalitesine göre uygun kullanım alanlarına yerleştirilmesini sağlamak için gereklidir. En uygulanabilir seçenek, bu hususların dengeli bir şekilde değerlendirilmesinden elde edilecektir

Soğutucu akışkan karışımı, damıtılması ekonomik veya teknik olarak mümkün olmadığına, yeniden kullanım veya imha için damıtma temelli ıslah gerektirir.

Geleneksel Ar-Ge projelerinde sağlanan geri dönüşüm tesisleriyle desteklenen basitleştirilmiş (damıtmasız) ıslahın karışım halindeki soğutucu akışkanlarla başa çıkamayacağı unutulmamalıdır.

Belirli bir miktarda soğutucu akışkan damıtıldığında, geri kazanılan soğutucu akışkan miktarı orijinal miktarın yaklaşık %70'i olacaktır ve eşik seviyesinin altındaki düşük saflıktaki soğutucu akışkanın damıtılması daha fazla enerji ve zaman tüketir. Bu nedenle Japonya'daki geri kazanım tesisleri, endüstri tarafından hazırlanan eşik standartlarını karşılamayan karışık veya kirlenmiş soğutucu akışkanları kabul etmemektedir.

Bu nedenle, bir ıslah tesisinin varlığı, kalıntı ve düşük saflıkta geri kazanılmış soğutucu akışkanların imha edilmesi ihtiyacını ortadan kaldırmaz.

Şu anda 5. Madde ülkelerinde olduğu gibi kendi ülkesinde damıtma veya imhanın mümkün olmadığı durumlarda, gelecekteki bir damıtma veya imha tesisinin inşası için uzun vadeli depolama haricinde, damıtma/imha tesisleriyle diğer ülkelere ihracat geriye kalan tek seçenektir. İhracatın fizibilitesini ve kabul edilebilirliğini araştırmak için, ilgili uluslararası anlaşmalara ve hem ihracatçı hem de ithalatçı ülkelerin iç kanunlarına ve kurallarına dikkat edilmesi gerekir. Kullanılmış OTİM'lerin ithalatı ve ihracatı Montreal Protokolü kapsamında kontrol edilmemektedir. Kullanılmış OTİM'lerin ıslah veya imha amacıyla diğer ülkelere ihracatı, kullanılmış OTİM'lerin Basel Sözleşmesi'nin süreç ve tehlikelilik kriterleri ışığında ihracat ülkesi, ithalat ülkesi veya transit geçiş ülkesi tarafından yasal olarak tehlikeli atık olarak tanımlanması veya tehlikeli atık olarak kabul edilmesi halinde Basel Sözleşmesi'nin kontrol ve gerekliliklerine tabi olabilir. Atıkların sınır ötesi hareketine ilişkin ikili anlaşmaların ve yerel kanun ve kuralların uygulanması sağlanmalıdır.

Özetle, belirlenen OTİM bertaraf ihtiyaçlarının karşılanmasına yönelik tedbirlerin, geleneksel Ar-Ge projelerinin kapsamı dışında kalan damıtma temelli ıslah veya imha olduğu düşünülmektedir. Bu önlemleri almak için, ıslah veya imha tesisleri olmayan Madde 5 ülkelerinin değerlendirebileceği üç yaklaşım vardır: yeni tesisler inşa etmek, birçok ülkede var olan çimento fırınları gibi mevcut tesisleri değiştirmektir.

Madde 5 ülkeleri ve diğer ülkelerde geri kazanılmak veya imha edilmek üzere madde ihracatı için yukarıda yazılanlar göz önünde bulundurulduğunda, imha seçenekleri aşağıdaki dört türe ayrılabilir:

Seçenek 1a: OTİM imhası için yeni bir tesisin inşa edilmesi,

Seçenek 1b: OTİM ıslahı için yeni bir tesisin inşası,

Seçenek 2: OTİM imhası için mevcut bir tesisin modifikasyonu ve

Seçenek 3: OTİM'lerin ıslah, imha vb. için başka ülkelere ihraç edilmesi

5.2 Projenin Uygulanmasında Dikkate Alınması Gereken Hususlar

Belirli bir ülke veya bölgedeki OTİM bertaraf ihtiyaçlarının karşılanmasına yönelik tedbirler, yukarıda belirtilen seçenekler arasından seçim yapılarak veya varsa diğer etkili seçenekler birleştirilerek özel olarak tasarlanmalıdır. Bu tür projelerin hazırlanması ve uygulanmasında aşağıdaki hususlar dikkate alınmalıdır:

- İslah ve imhayı teşvik edecek bir önlem olarak OTİM'lerin atmosfere salınımını yasaklayacak mevzuat ihtiyacı.
- Soğutucu akışkanlar ve halonlar söz konusu olduğunda, devam eden R&R veya finansman faaliyetleri ile sistematik koordinasyonun dikkate alınması gerekmektedir.
- Mali yükün paydaşlar arasında nasıl paylaştırılacağına göz önünde bulundurulması gerekmektedir.
- Geri kazanımdan ıslah veya imhaya kadar olan aşamalarda sistemi işlevsel hale getirmek için sübvansiyon, diğer mali teşvikler veya piyasa odaklı yaklaşımların dikkate alınması gerekmektedir.
- Operatör eğitiminin projenin bileşeni olarak dahil edilmesi gerekmektedir.
- İmha durumunda, Ozon tabakasını inceltme potansiyelinin imha yoluyla aşamalı olarak ortadan kaldırılmasının, örneğin proje belgesinde bir anlaşma yoluyla üretim veya tüketimde net artışa yol açmamasını sağlama ihtiyacı.

6. SOĞUTUCU AKIŞKANLARIN GÜVENLİ KULLANIMI

(Ref: UNEP- Manual for Refrigeration Servicing Technicians)

Bu bölüm soğutucu akışkanlarla çalışmak için gerekli olan ilgili güvenlik konularını kapsamaktadır. Başlıca tehlikeleri vurgulamak için; toksisite, oksijen yer değiştirmesi, yanıcılık, bozunma ürünleri ve yüksek basınç dahil olmak üzere, soğutucu akışkanların güvenlik etkileri hakkında genel bir açıklama bulunmaktadır. Kişisel korunma, güvenli bir çalışma alanı sağlama, sistem güvenliği üzerinde çalışma ve soğutucu akışkan tüplerinin uygun şekilde nasıl kullanılacağı gibi önemli güvenlik prosedürlerinin bir özetini içerir. Öncelikli olarak hidrokarbon (HC) soğutucu akışkanların kullanımına yönelik olmakla birlikte, yanıcı soğutucu akışkanlarla çalışmaya ilişkin özel gereklilikleri ve amonyak (NH₃, R717) kullanımına özgü ilave yönergeleri detaylandıran bir bölüm de bulunmaktadır. Bu bölüm tamamlanırken, soğutucu akışkanların taşınması ve tesisatların bakımı için güvenlik prosedürlerini tanımlayabilmelidir.

Tüm soğutucu akışkanların kullanımı, depolanması ve taşınması güvenlik tehlikeleri içerir. Bu tehlikeler aşağıdakiler gibi çeşitli hususlarla ilgili olabilir:

- Yüksek basınçta depolanmaları durumu,
- Havada serbest bırakıldığında oksijenin yerini almaları,
- Toksikolojik etkileri,
- Yanıcı olmaları,
- Tehlikeli bozunma ürünlerine sahip olmaları.

Bu özelliklerden en az biri her soğutucu akışkan için geçerlidir ve bu nedenle kişilerin

yaralanmasını ve malların zarar görmesini önlemek için çeşitli önlemler alınmalıdır. Bu nedenle, güvenlik temel önlemlere uymak ve basit prosedürleri takip etmekle başlar.

Herhangi bir soğutucu akışkan kullanmadan önce personel, tedarikçiden ve üreticiden her zaman temin edilebilecek ilgili tüm bilgileri okuyarak söz konusu maddenin özelliklerine aşina olmalıdır.

Güvenlik tehlikelerinin soğutma sistemlerinde kullanılan diğer malzemeler için de aynı şekilde geçerli olduğunu anlamak da önemlidir. Bunlar arasında soğutma yağları, azot, temizlik maddeleri ve lehimleme için oksijen-asetilen bulunur.

Tehlikeli maddelerle çalışırken, potansiyel risklerin neler olduğunu, sonuçlarının neler olabileceğini belirlemek ve en önemlisi istenmeyen bir olayın meydana gelmemesini sağlamak, uygulamaya konulacak güvenlik önlemlerini ve tedbirleri belirlemek için bir risk değerlendirilmesi yapılmalıdır.

Bunlar aşağıdaki sırayla ele alınmaktadır:

- **Yüksek basınçlı akışkanlar**

Çoğu soğutucu akışkan, atmosfer basıncında gaz olacağından basınç uygulanarak depolanır. Bu durum soğutucu akışkanları kullananların farkında olması gereken bir dizi tehlikeyi beraberinde getirir. Atmosferik basınçtan birkaç kat daha yüksek bir basınçta depolanan bir akışkan, doğası gereği patlayıcı olan ve insanlara ve mallara zarar verebilecek şok dalgaları üretebilen hızlı bir genişleme üretme potansiyeline sahiptir. Bu nedenle, yüksek basınçlı bir akışkanın kullanıldığı, aktarıldığı veya serbest bırakıldığı her durumda bunun sıkı güvenlik prosedürleri altında yapıldığından emin olmak önemlidir.

Basınçlı bir sıvı atmosfer basıncına maruz kaldığında hızla kaynayarak çevresinden ısı çekecektir. Cilde sıvı dökülmesi durumunda, bu durum donmaya neden olarak hücre hasarına ve ağrıya yol açabilir. Bu nedenle, soğutucu akışkanlarla çalışırken her zaman koruyucu gözlük ve eldiven kullanılmalıdır. Cilde temas etmesi halinde, maruz kalan bölgeyi ılık (sıcak değil) suyla yıkayın. Donma belirtisi varsa, ılık suyla yıkayın veya cildi yavaşça ısıtmak için başka yöntemler kullanın. Göze temas etmesi halinde, derhal en az 15 dakika boyunca bol miktarda ılık suyla yıkayın, yıkamayı kolaylaştırmak için ara sıra göz kapaklarını kaldırın. Mümkün olan en kısa sürede tıbbi yardım alın.

- **Oksijenin yer değiştirmesi**

Tüm soğutucu akışkanlar açığa çıktıklarında havanın yerini alır ve oksijen seviyeleri azaldığında insanlar (ve hayvanların) boğulur. Bu durum genellikle kişi farkında olmadan bilinç kaybıyla kendini gösterir. Ayrıca, çoğu soğutucu akışkan havadan daha yoğundur, bu da yer altındaki odaların, oturulan alanların ve kapalı alanların daha savunmasız olduğu anlamına gelir. Çoğu soğutucu akışkan kokusuz olduğundan, odada bulunanlar oksijenin yer değiştirdiğinin farkında olmayabilir ve bu sorunun farkına varmadan boğulabilirler.

Büyük bir soğutucu akışkan salınımı meydana gelirse, alan derhal boşaltılmalıdır. Yüksek buhar konsantrasyonlarının birikebileceği alanlarda iyi havalandırma sağlanmalıdır. Alan boşaltıldıktan sonra, havayı zemin seviyesinde, yani mümkün olan en alçak noktada dolaştırmak için üfleyiciler veya fanlar kullanılarak havalandırılmalıdır. Soğutucu akışkanların birikmiş olabileceği alanlarda bakım yapmadan önce, solunum korumasının gerekli olup olmadığını belirlemek için kapsamlı bir değerlendirme yapılmalıdır.

Soğutma ve iklimlendirme sektöründe, oksijen yer değiştirmesi ile ilişkili ölümlerin diğer tüm hususlardan daha fazla olduğunu belirtmek gerekir. Bilincini kaybetmiş bir kişiyi kurtarmak için uygun solunum cihazının kullanılması esastır.

• Zehirleyici etkiler

Tüm soğutucu akışkanların, öncelikle solunduklarında, ancak aynı zamanda yutulduklarında veya cilde ya da vücudun diğer kısımlarına temas ettiklerinde de bazı zehirleyici etkileri vardır. Normalde, çeşitli zehirleyici etkiler potansiyel olarak tehlikeli konsantrasyonlara göre değerlendirilir ve her madde için maksimum konsantrasyonlar belirlenir.

Birçok ülke kendi kriterlerine, tanımlarına ve izin verilen konsantrasyonlara sahip olma eğilimindedir. Bununla birlikte, çoğu ülkede, işyerindeki maruziyete dayanan iki değer vardır:

- Uzun süreli etkilenme limiti, 8 saatlik zaman ağırlıklı ortalama referans dönemine dayanmaktadır,
- Kısa vadeli etkilenme limiti, 15 dakikalık zaman ağırlıklı ortalama referans süresine dayanmaktadır.

Uzun süreli etkilenme sınırı, çalışanların çalışma saatleri boyunca herhangi bir olumsuz etki olmaksızın sürekli olarak maruz kalabilecekleri izin verilebilir konsantrasyonu temsil eder. Kısa süreli etkilenme sınırı, acil bir kaçış yapmaları gereken felaket niteliğinde bir salınım durumunda çoğu insan tarafından tolere edilebilecek maksimum konsantrasyonlar için geçerlidir. Konsantrasyonlar normalde ppm veya m^3 başına miligram olarak belirtilir.

Bu maruz kalma limitlerinin farklı ülkelerde farklı isimleri vardır. Örneğin, Birleşik Krallık'ta İşyeri Maruziyet Limitleri (Workplace Exposure Limits ,WEL), Japonya, Fransa ve Almanya'da Mesleki Maruziyet Limitleri (Occupational Exposure Limits, OEL), ABD'de İzin Verilebilir Maruziyet Limitleri (Permissible Exposure Limits, PEL) olarak adlandırılırlar ve Avrupa Birliği iki farklı değer kullanır: Gösterge Niteliğindeki Mesleki Maruziyet Sınır Değerleri (Indicative Occupational Exposure Limit Values, IOELV) ve Bağlayıcı Mesleki Maruziyet Sınır Değerleri (Binding Occupational Exposure Limit Values, BOELV).

Genel olarak, çalışılması düşünülen ürünlerin düşünülen tüm uygulamalarda güvenli bir şekilde kullanılıp kullanılamayacağını ve üretici bilgilerine uygun olarak işlenip işlenemeyeceğinin kontrol edilmesi önemlidir. Çoğu soğutucu akışkanın zehirlilik oranı düşük olmakla birlikte, olağandışı durumlarda veya kasıtlı olarak yanlış kullanılmaları halinde yaralanma veya ölüm olasılığı mevcuttur.

Tavsiye edilen maruz kalma seviyelerinin üzerinde soğutucu akışkan konsantrasyonlarına maruz kalmak konsantrasyon kaybı, uyuşukluk, kalbin ritminin bozulması ve diğer semptomlara yol açabilir ve bunların hepsi ölüme neden olabilir. Bazı alternatif soğutucu akışkanlar için izin verilen maruz kalma seviyeleri kloroflorokarbonlardan (CFC'ler) daha düşüktür. Daha önce de belirtildiği gibi, cilt korunmalıdır; birçok florlu soğutucu akışkan ve amonyak cildi ve gözleri tahriş edebilir.

Konsantre soğutucu akışkan buharının solunması tehlikelidir ve ölümcül olabilir. Solunması halinde, kazazede temiz hava bulunan bir alana taşınmalıdır. Nefes almıyorlarsa suni teneffüs yapılmalı, nefes almakta zorlanıyorlarsa oksijen verilmelidir. Uyarıcılardan kaçınmak ve adrenalin (epinefrin) vermemek önemlidir çünkü bu kalp üzerindeki olası etkileri zorlaştırabilir. Acilen tıbbi yardım alınmalıdır.

• Yanıcılık ve bozunma ürünleri

Bazı soğutucu akışkanlar atmosferik koşullar altında yanıcıdır. Yanıcılık, bir alev veya kıvılcımla tutuşturulmaları halinde yanmayı sürdürebilecekleri anlamına gelir. Tüm hidro-karbon soğutucu akışkanlar ve bazı HFC soğutucu akışkanlar yanıcıdır. Soğutucu akışkan tedarikçisi bir soğutucu akışkanın yanıcılığına ilişkin bilgi de sağlayacaktır.

Belirli bir maddenin özelliklerine bağlı olarak, tutuşmanın sonuçları ciddi olabilir ve bu nedenle yanıcı soğutucu akışkanların kullanıldığı bir sistem tasarlanırken, inşa edilirken veya üzerinde çalışılırken uygun önlemlerin alınması çok önemlidir.

Birçok CFC, HCFC ve HFC soğutucu akışkan normal koşullar altında yanıcı olmamakla birlikte, basınç altındayken ve hava veya yağ ile karıştığında yanıcı hale gelebilir. Bu potansiyel nedeniyle, soğutucu akışkanlar asla tanklarda veya besleme hatlarında hava ile karıştırılmamalı veya depolama tanklarında birikmesine izin verilmemeli ve tutuşma kaynaklarından da kaçınılmalıdır.

Koşullar, CFC, HCFC ve HFC soğutucu akışkanların alev almayacağı şekilde olsa bile, bu maddeler gaz alevleri veya elektrikli ısıtıcılarla ilişkili olanlar gibi yüksek sıcaklıklarda ayrışacaktır.

Bu koşullar altında ortaya çıkan bileşikler her zaman hidroflorik asit içerir. Eğer bileşik klor içeriyorsa, hidroklorik asit de oluşacaktır ve eğer bir su kaynağı (veya oksijen) mevcutsa, daha az miktarda fosgen oluşacaktır. Halojen asitlerin burun üzerinde çok keskin, batıcı bir etkisi vardır ve tespit edilmeleri halinde, hava bozunma ürünlerinden temizlenene dek bölgenin boşaltılması gerekir.

Güvenlik Standartları ve Yönetmelikleri

(Ref: Introduction to Standards of Non-ODS Alternatives in RAC by Samir Trabolsi, PhD., P. Eng. Senior Lecturer, Consultant ASHRAE Conference and Exposition Committee Member)

ASHRAE Standart 15: Soğutma Sistemleri için Güvenlik Standardı:

- Soğutma sistemlerinin güvenli tasarımı, yapımını, kurulumunu ve işletimini belirtir.
- Soğutucu akışkanın farklı bir tanımlamaya sahip olması durumunda yapılan değişiklikler için geçerlidir.
- İnsanların soğutucu akışkana maruz kalma potansiyeline yanıt verme kabiliyetini dikate alan kullanım sınıflandırmalarını (kurumsal, halka açık alan, konut, ticari, büyük iş yeri, endüstriyel ve karma kullanım) tanımlar.
- Farklı soğutma sistemlerini tanımlar (doğrudan, dolaylı, dolaylı açık püskürtmeli, çift dolaylı açık püskürtmeli, dolaylı kapalı ve dolaylı havalandırmalı kapalı sistem)
- Soğutma sistemlerini, bir soğutucu akışkan sızıntısının kullanım sınıfı belirlenmiş alanlara girme olasılığının derecesine göre sınıflandırır (yüksek olasılıklı, düşük olasılıklı sistemler).
- Soğutucu akışkanın değiştirilmesi, güvenlik amacıyla, yetkili kullanıcının bilgilendirilmesini gerektirir.
- Güvenlik sınıflandırması, tek bileşik veya karışım olması durumunda türe göre belirlenir.
- Kurumsal kullanımda soğutucu akışkan miktarındaki izin yarıya indirilmiştir.
- Koridorlar ve lobilerdeki soğutma sistemleri, geri kazanılan, geri dönüştürülen veya ıslah edilen soğutucu akışkanın türü ve saflığı, insan konforuna yönelik uygulamalar ve daha yük-

sek yanıcılık özelliğine sahip soğutucu akışkanlar üzerinde uygulanan ek kısıtlamalar içerir.

- Ekipman temelindeki kurulumu, korumaları, güvenli erişimi, su bağlantılarını, elektrik güvenliğini, gaz yakıt ekipmanını, soğutucu boru bağlantı muayenesini, soğutucu borularının konumunu, genel gereklilikler ve özel gereksinimlerdeki makine odasını ve tahliye kısıtlar.

- Soğutma sisteminin yapımında ve kurulumunda kullanılabilecek veya kullanılamayacak malzemeleri açıklar.

- Maksimum tasarım basıncını belirtir.

- Basıncı kap özelliklerini ve basınç tahliye korumasını, cihazlarını açıklar.

- Soğutucu akışkan boşaltma yöntemini, basınç sınırlama cihazlarının ve soğutucu akışkan borularının seçimini ve fabrika testlerinin ve isim plakalarının gerekliliklerini açıklar.

- Test prosedürlerini açıklayarak saha testlerinin yapılmasını gerektirir.

- Buna ek olarak, boruların ve kontrollerin tanımlanması, soğutucu akışkandaki değişiklikler, soğutucu akışkan depolaması, periyodik testler ve kodların standartlara göre nasıl öncelikli olduğu gibi genel gereklilikleri sağlar.

- Bir karışımın izin verilen maksimum konsantrasyonunun hesaplanması, standart referansı, pozitif deplasmanlı kompresör basınç tahliye cihazının tahliye kapasitesinin hesaplanması için yöntem, tahliye borularının izin verilen eşdeğer uzunluğu ve soğutma makineleri odalarında acil durumlarda yapılması gerekenler dahil olmak üzere standart uygulamaları sağlanmaktadır.

ASHRAE Standart 34: Soğutucu Akışkanların Tanımlanması ve Güvenlik Sınıflandırması

- Amacı, kimyasal ad, formül veya ticari ad kullanmak yerine yaygın soğutucu akışkanlara atıfta bulunmak için basit bir yol oluşturmaktır.

- Soğutucu akışkanlara referans numaraları, güvenlik sınıflandırmaları ve soğutucu akışkan konsantrasyon limitleri atamak için tek tip bir sistem oluşturur.

- Soğutucu akışkanlar için atama ve güvenlik sınıflandırmalarına başvurmak ve soğutma konsantrasyonu limitlerini belirlemek için gereklilikleri tanımlar.

- Soğutucu akışkanların numaralandırılması ve soğutucu akışkanlar için bileşim belirleyici örneklerin atanması için kesin bir sistem sağlar.

- Toksisite ve yanıcılık verilerine dayalı güvenlik sınıflandırmaları, soğutucu akışkanlar için soğutucu akışkan konsantrasyon limitleri ile birlikte yer almaktadır.

- Standart, münferit soğutucu akışkan karışımlarının herhangi bir özel uygulama için uygun olduğunun onaylandığı veya kabul edildiği anlamına gelmez.

7. SOĞUTUCU AKIŞKANLARIN KULLANILMASI

(Ref: UNEP- Manual for Refrigeration Servicing Technicians)

Aşağıda soğutucu akışkan tüplerinin yönetimine ilişkin bazı hususlar sunulmaktadır. Soğutucu akışkan tüplerinin kullanılması ve soğutucu akışkanla doğrudan temasla ilgili güvenlik ve bakım önlemleri hakkında özel hususlar sunulmaktadır.

Soğutucu akışkanlar, genellikle “Tüp” olarak adlandırılan hem tek kullanımlık hem de iade edilebilir (yeniden doldurulabilir) nakliye kaplarında paketlenir. Tek kullanımlık tüpler

0.5 litre ile 22 litre kapasiteli (yaklaşık 0.5 ile 25 kg CFC, HCFC veya HFC soğutucu akışkana karşılık gelen) boyutlarda üretilmektedir. Basınçlı kaplar olarak kabul edilirler ve bu nedenle çoğu ülkede ulusal düzenlemelere tabidirler.

Kaplar basınçlı ve sıvılaştırılmış gazlar için tasarlanmıştır ve buna göre etiketlenir. Bazı soğutucu akışkanlar atmosferik basınçta ve oda sıcaklığında gazdır ve bu nedenle basınçlı tüplerde sıvılaştırılmış sıkıştırılmış gazlar olarak taşınır ve depolanır. Diğer soğutucu akışkanlar oda sıcaklığında sıvıdır ve varillerde, fiçilerde veya diğer standart kaplarda bulunur.

Basınçlı kapların (tüp) üretimi, kullanımı ve bakımı için dünya çapında çok sayıda yönetmelik yürürlüktedir. Tüpler, ülkelerin düzenleyici kurumları tarafından belirlenen sertifikasyonlara göre üretilmektedir.

7.1 Tüp Tipleri

Normalde her tüpte, örneğin aşırı ısınma durumunda, kopma noktasına ulaşmadan önce tüpten basıncı tahliye edecek bir emniyet tahliye cihazı bulunur. Sıcaklıklar arttığında, sıvı soğutucu akışkan sıvının üzerindeki buhar boşluğuna doğru genişler ve genişleme için bir buhar boşluğu mevcut olduğu sürece basıncın kademeli olarak yükselmesine neden olur. Bununla birlikte, aşırı doldurulmuş bir tüp nedeniyle buhar boşluğu yoksa ve basınç tahliye vanası mevcut değilse, sıvı, genişleyen sıvı için yer kalmadan genişlemeye devam edecek ve tüpün patlamasıyla sonuçlanan aşırı yüksek basınçlara neden olacaktır. Tüp patladığında, basınç düşüşü sıvı soğutucu akışkanın buhara dönüşmesine neden olur ve patlayıcı davranışını sürdürür. Buhara dönüşen sıvı soğutucu akışkan içeren bir soğutucu akışkan tüpünün yırtılması, aynı basınçtaki basınçlı hava tüpünün yırtılmasından çok daha kötüdür.

Tek kullanımlık ve yeniden doldurulamayan gaz tüpleri

Piyasada “yeniden doldurulamayan” veya “tek kullanımlık” tüpler olarak adlandırılan tüpler mevcuttur. Bunlar bazen tedarik altyapısının gelişmemiş olduğu yerlerde kullanılır ve tüplerinin kaybolması ihtimali olan soğutucu akışkan tedarikçileri için daha az maliyetlidir. Hem çevre hem de güvenlik açısından tek kullanımlık tüplerin kullanımı çok kötü bir uygulama olarak kabul edilmektedir.

Bu tüpler genellikle kullanıldıktan sonra boşaltılır ve bu da atmosfere çok fazla soğutucu akışkan salınmasına neden olur. Ayrıca, bu tür uygulamalar yasak olmasına rağmen, genellikle bu tüpleri yeniden kullanma girişimleri (örneğin, soğutucu akışkanla yeniden doldurmayı sağlamak için üzerlerine yeni valfler lehimleyerek) vardır. Ayrıca, geleneksel, yeniden kullanılabilir tüplere göre daha ince metalden üretilme eğilimindedirler, bu da onları zaman içinde paslanmaya ve mekanik hasara karşı daha hassas hale getirir. Bu nedenle, kullanımları hiçbir koşulda tavsiye edilmez.

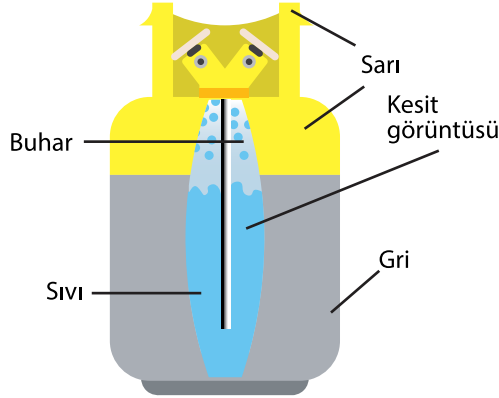
Tek kullanımlık bir tüp kullanılmışsa, atılmadan önce uygun şekilde boşaltılmalıdır. Bu, kalan soğutucu akışkanın, yaklaşık 0.3 bar (mutlak) basınca düşürülene kadar geri kazanılmasını gerektirir. Bu sırada kabın vanası kapatılmalı ve kap boş olarak işaretlenmelidir. Tüp daha sonra imha edilmeye hazırdır. Daha sonra silindir vanasının açılarak hava girmesine izin verilmesi ve vananın kırılarak veya kabın delinerek silindirin kullanılmaz hale getirilmesi (vana hala açıkken) tavsiye edilir. Bu, kabın eğitimsiz kişiler tarafından yanlış kullanımı önleyecektir. Kullanılmış tüpler diğer hurda metallerle birlikte geri dönüştürülebilir. İçinde artık soğutucu akışkan bulunan kullanılmış tüpleri asla tüpün paslanabileceği açık havada bırakmayın. Terk edilmiş bir tüp sonunda bozulacak ve potansiyel olarak patlayabilecektir.

Doldurulabilir tüpler

Yeniden doldurulabilir gaz tüpleri daha küçük miktarlarda soğutucu akışkanın depolanması ve taşınması için kullanılan standart kaplardır. Normalde boyutları yaklaşık 5 litre ile 110 litre arasında değişir (yaklaşık 5 ila 100 kg CFC, HCFC veya HFC soğutucu akışkan). Tüpler normalde çelikten imal edilir ve soğutucu akışkanın çıkarılması, soğutucu akışkanın doldurulması ve basınç tahliye cihazı için ayrı ağzı olan bir birleşik vanaya sahiptir. Soğutucu akışkan doldurma girişi normalde sadece soğutucu akışkan tedarikçisinin erişebilmesi için kilitlidir. Bazı tüplerde ayrıca biri sıvı, diğeri buhar için olmak üzere iki ayrı çıkış kapağı bulunur (eğer tüp bir daldırma tüpü ile donatılmışsa). Valfi mekanik hasarlardan korumak için genellikle tüpün üst kısmında metal bir bilezik bulunur. Hem tüpün kendisi hem de valf genellikle tasarım, imalat ve testler için ulusal düzenlemelere tabidir.

Geri kazanım tüpleri

Geri kazanım tüpleri özellikle soğutma sistemlerinden çıkarılan soğutucu akışkan için tasarlanmıştır. Geri kazanılan soğutucu akışkan daha sonra yeniden kullanılabilir veya ıslah ya da imha için gönderilebilir. Tüplerin yapısı normalde iki fark dışında geleneksel doldurulabilir tüplere çok benzer. Birincisi, tüp valfinde soğutucu akışkan doldurma ağzının etkinleştirilmiş olması, böylece soğutucu akışkanın tüpe kolayca beslenebilmesi. İkincisi ise, dış işaretlemidir. Tüp omzu ve üst kısmı normalde sarıya boyanır, tüp gövdesinin geri kalanı ise gri renge boyanır. Şekilde gösterildiği gibi, geri kazanılan soğutucu akışkanın türünü belirtmek için tüpe renk kodu da uygulanır.



Geri kazanım tüpünün sadece tek tip soğutucu akışkan için kullanıldığından emin olmak önemlidir. Bu kurala iki nedenden dolayı uyulmalıdır; birincisi, farklı soğutucu akışkanlar karıştırılırsa, bunları yeniden kullanmak için tekrar ayırmak mümkün olmayabilir ve ikincisi, iki veya daha fazla soğutucu akışkanın karıştırılması tüpe eklenen soğutucu akışkanlardan herhangi birinin basıncını aşan bir basınçla sonuçlanabilir.

Geri dönüşüm makineleri kullanan soğutma teknisyenlerinin geri dönüştürülmüş soğutucu akışkan için 'TEMİZ' bir geri kazanım tüpü ve geri kazanılmış ancak geri dönüştürülmemiş soğutucu akışkan için 'KİRLİ' bir geri kazanım tankı kullanması önerilir. Geri kazanım tanklarının temiz ve kirli olarak işaretlenmesi, kirli soğutucu akışkan bulunan bir geri kazanım tankına temiz soğutucu akışkan koyarak temiz soğutucu akışkanın kirlenmesini önleyecektir.

7.2 Tüplerin Denetimleri ve Yeniden Testleri

Daha önce de belirtildiği gibi, çeşitli soğutucu akışkanların çevreye maruz kalan tüplerde kullanılması tehlikelidir. Bu tüplerin iç kısımlarının nemden arındırılmış olması gerekse de dış kısımları neme maruz kalabilmektedir. Bu nedenle, yanlış kullanımdan kaynaklanan mekanik hasarın yanı sıra korozyon da meydana gelebilir ve gelmektedir. Bunlar, tüplerin belirli aralıklarla incelenmesi ve yeniden test edilmesi gerekliliğinin nedenlerinden sadece birkaçıdır. Bu aralıklar ülkeden ülkeye değişir, ancak bir sonraki muayene veya test tarihi genellikle gaz tüpünün üzerinde belirtilir. Daha sonra soğutucu akışkan tedarikçisine iade edilmelidir. Benzer şekilde, valfler, özellikle de tahliye valfi periyodik olarak incelenmelidir. Tahliye vanasını hiçbir şeyin engellemediğinden ve herhangi bir görsel bozulma veya hasar oluşmadığından emin olmak için kontrol edin. Herhangi bir hasar görülürse, tüpü boşaltın ve tankı tamir ettirin. Basınç tahliye valfi arızalı olan veya bariz yapısal bozuklukları olan bir tüpü asla kullanmayın.

7.3 Yanıcı Soğutucu Akışkanların Güvenli Kullanımı

Hidrokarbonlar çok iyi soğutucu akışkanlar olmakla birlikte, yanıcılıkları kullanımlarının dikkatle değerlendirilmesi gerektiği anlamına gelmektedir. Güvenlik ve mevzuat konularının tam olarak anlaşılması gerekir. Hidrokarbonların kullanımı doksanlı yılların ortalarından beri Avrupa ev tipi soğutma pazarında yaygındır.

Kılavuzlar ve talimatlar

Hidrokarbon soğutucu akışkanları kullanmadan önce kurulum, servis ve çalıştırma kılavuzlarında (ayrı veya birleşik kılavuzlar) sağlanacak ayrıntılı bilgilere dikkat edin. Kılavuzlar, maksimum soğutucu akışkan şarjı, gerekirse minimum derecelendirilmiş hava akışı, odanın minimum taban alanı veya diğer özel gereksinimler gibi ekipmanla ilgili tüm bilgileri ve ilgili tüm uyarıları içerecektir. Daha da önemlisi, yanıcı soğutucu akışkanların ve ilgili ekipmanın doğru kullanımı, soğutucu akışkan tespiti, şarjı, ekipmanın devreden çıkarılması, soğutucu akışkanın çıkarılması, geri kazanımı ve depolanması ve elektrikli bileşenlerin korumasının bütünlüğünün sağlanmasıyla ilgili hususlar için gerekli bilgi ve talimatları sağlamalıdır.

Yalnızca yanıcı soğutucu akışkanların kullanımı konusunda eğitim almış yetkin profesyonellerin ekipmanları açmasına veya soğutucu akışkan devresine müdahalesine izin verilir ve başka bir vasıflı kişinin yardımını gerektiren bakım ve onarım, yetkin kişinin gözetimi altında gerçekleştirilmelidir.

Hidrokarbon soğutucu akışkan kullanımına genel yaklaşım

Onarım sürecinde kullanılan her türlü ekipman yanıcı soğutucu akışkanlarla kullanıma uygun olmalıdır. Tüm alet ve ekipmanlar (ölçüm ekipmanı dahil) sistem üzerinde çalışmaya uygunluk açısından kontrol edilmeli, aşağıdaki cihazların seçimine özellikle dikkat edilmelidir:

- Soğutucu akışkan geri kazanım üniteleri
- Soğutucu akışkan kaçak test üniteleri
- Elektrik test cihazları
- Soğutucu akışkan geri kazanım tüpleri
- Taşınabilir aydınlatma

Tesisat izin veriyorsa, ekipmanın mevcut konumundan kaldırılarak, çalışmanın güvenli bir şekilde yürütülebileceği onarım türüne uygun kontrollü bir atölye ortamına götürülmesi önerilir.

Çalışma alanının güvenlik kontrolü

Hidrokarbon soğutucu akışkanlar içeren sistemler üzerinde çalışmaya başlamadan önce, tutuşma riskinin en aza indirilmesini sağlamak için güvenlik kontrolleri gereklidir.

Sistem üzerinde çalışma yapmadan önce soğutma sisteminde onarım için aşağıdaki önlemlere uyulmalıdır:

- Çalışma, yanıcı gaz veya buhar bulunması riskini en aza indirecek şekilde kontrollü bir prosedür altında yapılmalıdır.
- Tüm bakım personeli ve yerel alanda çalışan diğer kişiler yapılan işin niteliği konusunda bilgilendirilmelidir.
- Kapalı alanlarda çalışmaktan kaçınılmalıdır. Çalışma alanının etrafındaki alan bölümlere ayrılmalıdır.
- Yanıcı maddelerin kontrolü ile alan içindeki koşulların güvenli hale getirildiğinden emin olunmalıdır.
- Teknisyenin potansiyel olarak yanıcı atmosferlerden haberdar olmasını sağlamak için çalışma öncesinde ve sırasında alan uygun bir soğutucu akışkan dedektörü ile kontrol edilmelidir. Kullanılan kaçak tespit ekipmanının yanıcı soğutucu akışkanlarla kullanıma uygun olduğundan emin olun, yani kıvılcım çıkarmayan, yeterince sızdırmaz veya tamamen emniyetli olmalıdır.
- Soğutma ekipmanı veya ilgili parçalar üzerinde herhangi bir sıcak çalışma yapılacaksa, uygun yangın söndürme ekipmanı hazır bulundurulmalıdır. Şarj alanının yanında bir kuru toz veya karbondioksit yangın söndürücü bulundurun.

- Yanıcı soğutucu madde içeren veya içermiş olan herhangi bir boru tesisatının açığa çıkmasını içeren bir soğutma sistemi ile ilgili çalışma yapan hiç kimse, yangın veya patlama riskine yol açabilecek herhangi bir ateşleme kaynağını kullanmamalıdır.

- Sigara içmek de dahil olmak üzere tüm olası ateşleme kaynakları, yanıcı soğutucu akışkanın çevreye yayılabileceği kurulum, onarım, sökme ve imha alanlarından yeterince uzakta olmalıdır. Çalışmaya başlamadan önce, herhangi bir yanıcı tehlikenin veya tutuşma riskinin belirlenmesi için ekipmanın etrafındaki alan incelenmelidir. “Sigara İçilmez” işaretleri asılmalıdır.

- Sisteme girmeden veya herhangi bir sıcak iş yapmadan önce alanın açık olduğundan veya yeterince havalandırıldığından emin olun. Çalışmanın yapıldığı süre boyunca havalandırmanın bir dereceye kadar devam etmesi gerekmektedir. Havalandırma, açığa çıkan soğutucu akışkanı güvenli bir şekilde dağıtmalı ve tercihen atmosfere atmalıdır.

Soğutma ekipmanının güvenlik kontrolü

Yanıcı soğutucu akışkanların kullanıldığı tesisatlarda aşağıdaki kontroller uygulanmalıdır:

- Elektrikli bileşenlerin değiştirildiği durumlarda, bunlar amaca uygun ve doğru spesifikasyonlarda olmalıdır. Her zaman üreticinin bakım ve servis yönergelerine uyulmalıdır. Şüpheli durumunda yardım için üreticinin teknik departmanına danışılmalıdır.
- Şarj miktarı soğutucu akışkan içeren parçaların monte edildiği oda boyutuna uygun

olmalıdır. Hidrokarbon şarj miktarı tipik olarak CFC, HCFC ve HFC şarj miktarının %40 ila %50'si arasındadır.

- Havalandırma makinelerinin ve çıkışlarının yeterli şekilde çalıştığından ve engellenmediğinden emin olunmalıdır.
- Soğutucu akışkan kaçak detektörleri ve mekanik havalandırma sistemleri gibi ekipmanların çalıştığı teyit edilmelidir.
- Dolaylı bir soğutma devresi kullanılıyorsa, ikincil devrede soğutucu akışkan bulunup bulunmadığı kontrol edilmelidir.
- Ekipman üzerindeki işaretlerin görünür ve okunaklı olmaya devam ettiğinden emin olunmalıdır. Aşınmış olan işaretleme ve işaretler düzeltilmelidir.
- Soğutma borusu veya bileşenlerinin korozyona karşı doğal olarak dirençli malzemelerden yapılmadıkça veya korozyona karşı uygun şekilde korunmadıkça, soğutucu akışkan içeren bileşenleri korozyona uğratabilecek herhangi bir maddeye maruz kalabilecekleri bir konuma monte edilmediği kontrol edilmelidir.

Nihai oksijensiz azot (Oxygen Free Nitrogen, OFN) şarjı kullanıldığında, sistem atmosferik basınca kadar havalandırılarak çalışmanın gerçekleşmesi sağlanabilir. Boru tesisatında sert lehimleme işlemleri yapılacaksa bu işlem kesinlikle hayati önem taşır. Vakum pompası çıkışının herhangi bir ateşleme kaynağına yakın olmadığından ve havalandırmanın mevcut olduğundan emin olunmalıdır.

Soğutucu akışkanın doldurulması

Hidrokarbon soğutucu akışkanların kullanıldığı soğutma sistemlerinin şarjı halokarbon soğutucu akışkanların kullanıldığı sistemlere benzer. Tüm karışım soğutucu akışkanlarda olduğu gibi, hidrokarbon soğutucu akışkan karışımları da karışımın doğru bileşimini korumak için sıvı fazda şarj edilmelidir.

Ayrıca aşağıdaki ek gerekliliklere de uyulmalıdır:

- Dolum ekipmanı kullanılırken farklı soğutucu akışkanların kontaminasyonunun meydana gelmediğinden emin olun. Hortumlar veya hatlar, içlerinde bulunan soğutucu akışkan miktarını en aza indirmek için mümkün olduğunca kısa olmalıdır.
- Tüpler dik tutulmalıdır.
- Soğutucu akışkan sıvı fazda doldurulmalıdır.
- Sistemi soğutucu akışkanla doldurmadan önce soğutma sisteminin topraklandığından emin olunmalıdır.
- Dolum tamamlandığında sistem etiketlenmelidir. Etiketle sisteme hidrokarbon soğutucu akışkan doldurulduğu ve bunun yanıcı olduğu belirtilmelidir. Etiket ekipman üzerinde göze çarpan bir konuma yerleştirilmelidir.
- Soğutma sisteminin aşırı doldurulmamasına azami özen gösterilmelidir. Hidrokarbon şarj miktarı tipik olarak CFC, HCFC ve HFC şarj miktarının %40 ile %50'si kadardır.
- Doldurma işlemi tamamlandıktan sonra sistem sızıntı testine tabi tutulmalıdır.

Tüp kullanımı

Güvenli tüp kullanımı diğer soğutucu akışkan tüplerinden çok az farklılık gösterir:

- Bir tüpün üzerindeki resmi etiketi çıkarmayın veya belirsizleştirmeyin.
- Kullanılmadığında valf kapağını daima tekrar takın.

- Tüpleri dik konumda kullanın ve saklayın.
- Dişlerin durumunu kontrol edin ve temiz olduğundan ve hasar görmediğinden emin olun.
- Tüpleri yangın riskinden uzak, kuru ve iyi havalandırılan alanlarda saklayın ve kullanın.
- Tüpleri buhar veya elektrikli radyatörler gibi doğrudan ısı kaynaklarına maruz bırakmayın.
- Tüpleri veya tüp valflerini tamir etmeyin veya değiştirmeyin.
- Tüpleri kısa bir mesafe için bile olsa taşımak için her zaman uygun bir araba kullanın, tüpleri asla yerde uzun süre yuvarlamayın.
- Tüpe yağ, su ve yabancı madde girmesini engellemek için önlemler alın.
- Tüpü ısıtmak gerekiyorsa, çıplak alev veya radyant ısıtıcılar değil, sadece ılık su veya hava kullanın. Su veya havanın sıcaklığı 40°C'yi geçmemelidir.
- Boş olup olmadığını kontrol etmek için tüpü her zaman tartın. Tüpün basıncı, içinde kalan soğutucu akışkan miktarının net bir göstergesi değildir.
- Hidrokarbon soğutucu akışkanların geri kazanımı için sadece özel geri kazanım tüpleri kullanın.

Tüplerin depolanması

Soğutucu akışkan tüpleri aşağıdaki önlemler dikkate alınarak depolanmalıdır:

- Tüpler tercihen dışarıda depolanmalı ve asla konutlarda depolanmamalıdır.
- Tüpler ticari ve endüstriyel tesislerde aşağıdaki depolama yönergelerine göre depolanabilir:
 - Depolanan miktarlar 70 kg'ı geçmeyecek şekilde sınırlandırılmalı ve belirli özel alanlarda veya kafeslerde saklanmalıdır.
 - Depolama alanlarına erişim sadece yetkili kişiler ile sınırlandırılmalı ve bu tür yerler sigara içmeyi ve çıplak alev kullanımını yasaklayan bildirimlerle işaretlenmelidir.
 - Hidrokarbon soğutucu akışkanlar içeren tüpler zemin seviyesinde depolanmalı, asla mahzenlerde veya bodrumlarda depolanmamalıdır. Tüplere kolayca erişilebilmeli ve tüpler dik olarak saklanmalıdır.

7.4 Amonyakın (NH₃, R717) Güvenli Kullanımı

R717'nin güvenlik sınıflandırması düşük yanıcılık ve yüksek zehirliliktir. Genel olarak, tutuşması oldukça zordur ve o zaman bile bir alevi kolayca sürdürmez.

R717 aynı zamanda yüksek oranda zehirli bir soğutucu akışkandır ve bu nedenle ekstra dikkat gösterilmelidir. Suya olan yakınlığı nedeniyle, R717 nispeten düşük konsantrasyonlarda koltuk altı, gözler, boğaz ve kasıklar gibi nemli vücut bölgelerine saldıracaktır. Güçlü kokusu çoğu insan tarafından 2 ila 5 ppm'de tespit edilebilir. Düşük sıcaklıklar amonyak varlığına karşı hassasiyeti artırır. Yüksek nem, amonyakın algılanma seviyesini düşürür.

Maruz kalma durumunda yapılması gerekenler

Amonyak ile fiziksel temasta bulunursanız, aşağıdaki ilk yardımı uygulamalı ve derhal tıbbi yardım almalısınız:

- Cilt teması: Kirlenmiş giysileri çıkarın. Bol miktarda suyla ıslatın ve etkilenen cilt bölgelerini en az 20-30 dakika yıkamaya devam edin ve varsa duş kullanın. Donma yanıklarında giysiler cilde yapışabilir, bu durumda etkilenen bölgedeki buzu çözmek için ılık suya daldırın.

- Göz teması: Gözleri en az 20-30 dakika boyunca temiz musluk suyuyla yıkayın ve ardından derhal tıbbi yardım alın.

- Yutma: Ağzınızı su ile çalkalayın ve bol miktarda su için. Kusmaya çalışmayın ancak derhal tıbbi yardım alın.

- Soluma: Hastayı derhal temiz havaya çıkarın. Kirli havayı çıkarın ve hastayı sıcak ve dinlenmiş tutun. Derhal tıbbi yardım isteyin. Gecikmiş akciğer ödemi gelişebileceğinden, hasta maruziyetten sonra en az 48 saat gözlem altında tutulmalıdır.

Güvenlik prosedürü yönergeleri

R717 salınımına müdahale edebilmek için aşağıdakilere uyulmalıdır:

- Kaçış yolları bilinmeli ve engellerden arındırılmış olmalıdır.
- Eldiven ve gözlük dahil uygun kişisel koruyucu ekipman her zaman takılmalıdır.
- Solunum cihazlarının veya solunum maskelerinin hazır ve el altında olduğundan emin olun. Mühendislerin görsel denetimler dışında herhangi bir iş yaparken solunum maskelerini boyunlarına gevşek bir şekilde takmaları iyi bir uygulamadır.
- Yangınla mücadele ekipmanına makine dairesinden erişilebilmelidir.
- Ekipman üzerinde çalışmaya ancak tam ve onaylı bir risk değerlendirmesi ve bir yöntem beyanı yapıldıktan sonra başlanmalıdır, böylece “herkes” hangi işlerin kim tarafından yapıldığının farkında olur.
- Amonyak sistemleri üzerinde yalnızca kalifiye veya deneyimli mühendisler çalışmalıdır.
- Rutin kontroller dışında çalışmalar yapıyorsa mühendisler çiftler halinde çalışmalıdır. Amonyakın endüstride yaygın kullanımı nedeniyle, birçok ülkede kullanımı ve işlenmesiyle ilgili özel yasalar vardır.

Ulusal yönetmelikleri kontrol etmek önemlidir:

- Genel sağlık ve güvenlik mevzuatı
- Ulusal ve uluslararası soğutma güvenliği standartları
- Ticari kuruluşlar ve enstitüler tarafından yayınlanan uygulama kuralları
- Tehlikeli maddelerin depolanması ve taşınmasına ilişkin kurallar.

7.5 Karbondioksitin (CO₂, R744) Güvenli Kullanımı

CO₂, doğal ve yapay soğutucu akışkanlara kıyasla nispeten güvenli bir soğutucu akışkandır. ASHRAE Handbook-Fundamentals ve soğutucu akışkan güvenlik sınıflandırması için uluslararası standart olan ISO 817: 2005’e göre düşük zehirli ve yanıcı olmayan soğutucu akışkanlar olan A1 grubunda sınıflandırılır. A1, 400 ppm altındaki konsantrasyonlarda en az tehlikeli olan ve tanımlanmış bir zehirliliği olmayan soğutucu akışkanları içeren gruptur. Doğal olarak, CO₂ atmosferde 350 ppm civarında konsantrasyonlarda bulunur ve 300 ila 600 ppm arasındaki konsantrasyonlarda insanlar genellikle fark etmezler.

ASHRAE’ye göre, 1000 ppm’lik bir CO₂ konsantrasyonu, bina sakinlerinin konforunu sağlamak için önerilen sınırdır.

Bununla birlikte, süpermarket alanında veya makine odasında meydana gelebilecek yüksek sızıntı oranı durumunda, boğulma gibi ciddi sağlık risklerinin doğurabileceği sonuçlar dikkate alınmalıdır.

Farklı CO₂ konsantrasyonları ve beklenen sağlık sonuçları

- Mesleki Güvenlik ve Sağlık İdaresi (Occupational Safety and Health Administration, OSHA) tarafından revize edilen İzin Verilebilir Maruz Kalma Sınırı (Permissible Exposure Limit, PEL): Haftada 40 saat, günde 8 saat aşılmaması gereken Zaman Ağırlıklı Ortalama (Time-Weighted Average, TWA) konsantrasyonudur.
- Eşik Sınır Değer (Threshold Limit Value, TLV): Bir kişinin olumsuz etki olmaksızın günde 8 saat haftada 40 saat boyunca tekrar tekrar maruz kalabileceği TWA konsantrasyonu.
- Kısa Süreli Maruziyet Sınırı (Short Term Exposure Limit, STEL): Bir iş günü boyunca herhangi bir zamanda aşılmaması gereken 15 dakikalık TWA maruziyeti.
- Ulusal Mesleki Güvenlik ve Sağlık Enstitüsü (National Institute for Occupational Safety and Health, NIOSH) tarafından revize edilen Hayati veya Sağlık Açısından Acil Tehlike (Immediately Dangerous to Life or Health, IDLH) değeri: 30 dakika içinde herhangi bir kaçıışı engelleyici semptom veya geri döndürülemez sağlık etkisi olmaksızın kaçılacak maksimum seviye.

CO₂, ayırt edici bir koku veya renge sahip olmaması nedeniyle kendi kendine alarm verememe gibi temel bir dezavantaja sahiptir. Bu, CO₂'in sızabileceği tesislerin, konsantrasyon seviyesi 5000 ppm'i aştığında alarmı tetikleyen sensörlerle donatılması gerektiği anlamına gelir; bunun üzerinde CO₂ konsantrasyonunun sağlık üzerinde etkisi olabilir. CO₂ havadan daha ağırdır ve bu nedenle sızıntı olduğunda zemine yakın bir yerde toplanacaktır. Bu nedenle, CO₂ sızıntısının olabileceği alandaki sensörler ve vantilatörler zemine yakın yerleştirilmelidir.

Bileşen kopması durumunda, CO₂'in diğer soğutucu akışkanlara kıyasla nispeten yüksek çalışma basıncına sahip olması, patlama etkileri, şoklar ve uçan parçaların tehlikeleri ile ilgili soruları gündeme getirmektedir. Ani basınç patlamaları buharlaşmaya ve kabı patlatabilecek geçici bir aşırı basınç tepe noktasına yol açar. CO₂ için kg başına patlayıcı enerjisi R22'ye kıyasla yüksektir. Bununla birlikte, eşit soğutma veya ısıtma kapasitelerine ve benzer verimliliklere sahip kanalsız konut klima sistemi için karşılaştırma yapıldığında, CO₂ sisteminin daha küçük hacmi ve soğutucu akışkan yükü nedeniyle, gerçek patlayıcı enerjiler aynı aralıktadır. Süpermarket sisteminde beklenen patlama enerjisi geleneksel sistemlere göre daha yüksek olabilir. Bunun nedeni, CO₂ sistem çözümlerinin çoğunda sistemin şarjını ve hacmini artıran akümülayon tankının bulunmasıdır.

Ancak patlayıcı enerji, kullanıcıların sistem bileşenlerine yakın olduğu sistemlerde daha fazla endişe vericidir; mobil klima (MAC) ve konut kliması gibi. Süpermarket sistemlerinde yüksek basınçlı bileşenler makine odasıdır ve dağıtım hatları genellikle tüketicilerden uzakta tutulur.

7.6 Bazı Güvenlik Yönergeleri

(Ref: UNEP- Manual for Refrigeration Servicing Technicians)

Bir soğutucu akışkanla çalışmadan önce gerekli kurallar araştırılmalıdır:

- Soğutucu akışkanlarla çalışan personel, bunların güvenli kullanımı ve taşınması konusunda uygun şekilde eğitilmelidir.
- Personel, kullanılan soğutucu akışkan için malzeme güvenlik veri sayfasını (MSDS) incelemiş olmalıdır.
- Personel, soğutucu akışkan buharı varken sigara içmemeli, sert lehim yapmamalı veya kaynak yapmamalıdır. Soğutucu akışkanlar açık aleve veya sıcak bir yüzeye maruz kaldıklarında tutuşabilir veya zararlı, aşındırıcı ve zehirli maddeler üretmek üzere ayrışabilir.

Teknisyenlerin soğutucu akışkanlarla çalışırken her zaman dikkat etmesi gereken bazı hususlar vardır:

- Kişisel koruma: Bir sistem üzerinde çalışmadan veya soğutucu akışkanla işlem yapmadan önce teknisyenler uygun güvenlik ekipmanlarıyla yeterli donanıma sahip olmalıdır. Gerekli uygun koruma seviyesini belirlemek için soğutucu akışkan, yağlayıcı ve diğer maddelerin MSDS'leri kontrol edilmelidir. Soğutucu akışkanlarla çalışırken veya bir soğutma sistemine bakım yaparken her zaman koruyucu gözlük ve eldiven kullanılmalıdır.
- Güvenli bir çalışma alanı sağlamak: Bir soğutucu akışkanla çalışmadan önce, kaza-ra bir salınım olması durumunda yerel alan buna göre hazırlanmalıdır. Sızıntı olduğundan şüphelenilen kapalı bir alandaki ekipman üzerinde yapılacak her türlü çalışma için uygun havalandırma veya solunum koruması gereklidir. Çalışmaya başlamadan önce daima kapalı alan havalandırılmalıdır. İnsan duyuları tarafından algılanamayan birçok soğutucu akışkan havadan daha ağırdır ve kapalı bir alandaki oksijenin yerini alarak bilinç kaybına neden olur. Büyük bir dökülme meydana gelirse alan boşaltılmalıdır. Sadece alan uygun şekilde havalandırıldıktan sonra geri dönün. Açık alev kullanılmadan önce çalışma alanı daima havalandırılmalıdır.

Bir sistem üzerinde çalışırken, bazı temel hususlar akılda tutulmalıdır:

- Her zaman kullanılan soğutucu akışkanın doğru çalışma basıncına sahip olup olmadığını kontrol edin. Sistem basıncını izlemek için göstergeler kullanın.
- Kompresöre zarar vermektan veya sistemin kopmasına neden olmaktan kaçınmak için soğutucu akışkan sistemin düşük tarafına doldurun.
- Hermetik kompresördeki soğutucu akışkan yağı genellikle çok asidiktir ve ciddi yaralılara neden olabilir. Bu yağ ile cilt temasından kaçının. Önce soğutucu akışkan çıkarmadan asla herhangi bir soğutma sistemini kesmeyin veya delmeyin. Yüksek basınçlı soğutucu akışkan hızla serbest kalacak ve ciddi sonuçlara yol açacaktır.
- Bir sistemi sökmeden önce tüm soğutucu akışkanın sistemden çıkarıldığından ve basıncın oksijensiz kuru azot ile atmosferik basınca getirildiğinden emin olun.
- Soğutma hatlarında lehimleme, sert lehimleme veya kaynak yaparken, hatlar sürekli olarak düşük basınçlı oksijensiz kuru azot ile temizlenmelidir.
- Soğutucu akışkanlarla kullanılan tanklar, transfer hatları ve diğer ekipmanlar kaynak, lehimleme ve açık alev gibi yüksek sıcaklık kaynaklarına maruz bırakılmamalıdır.
- Çalışmanın ardından, sistem parçaları sadece azot ile basınç testine tabi tutulmalıdır.
- Sızıntı testi veya başka bir amaçla soğutucu akışkan içeren sistemleri veya kapları asla hava ile basınçlandırmayın.
- Soğutucu akışkan aktarmadan önce, hortumların sisteme ve tüplere doğru şekilde bağlandığından emin olun.
- Tüp vanalarını, hortum vanalarını ve manifold vanalarını yavaş ve sabit bir şekilde açın.
- Herhangi bir hattı kesmeden önce sistemin bir vakum pompası ile tamamen boşaltıldığını doğrulayın. Basınçlı ekipman üzerinde herhangi bir onarım yapmayın.
- Azot tüpleri kullanırken, doğru derecelendirilmiş regülatörün kullanıldığından ve ayarın üzerinde çalışılan sistemin maksimum çalışma basıncını aşmadığından emin olunmalıdır.

ETKİNLİK 4

SOĞUTUCU AKIŞKANLARIN GÜVENLİ KULLANIMI VE TAŞINMASI

ETKİNLİK 1

- Bu faaliyette, öğrencilerden gruplar halinde endüstri ve hizmetler için sıkıştırılmış gazların ve tehlikeli maddelerin taşınması, depolanması ve kullanılmasına ilişkin yerel gereklilikleri derlemeleri istenir.
- Her grup, eğitmen tarafından koordine edilen farklı bir kategoriye ele alacak ve bulguları özetleyip sunacaktır.

ETKİNLİK 2

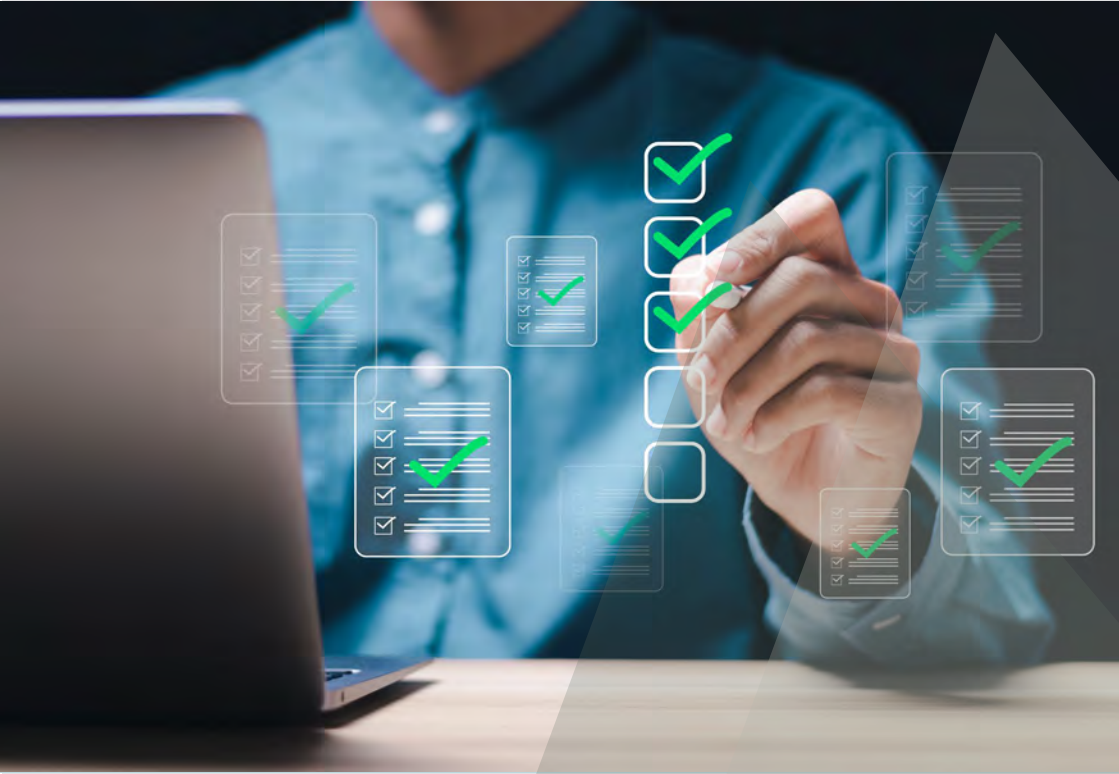
- Ozon Ulusal Ofisi ile istişare halinde, Etkinlik 1’de toplanan bilgilere dayalı olarak ilgili bir alana bir saha gezisi düzenlenecektir.

ETKİNLİK 3

- Bu faaliyet, işletmelerin soğutucu akışkanların güvenli kullanımında açıklanan bazı kavramları soğutma ve iklimlendirme sistemlerinin geliştirilmesine nasıl entegre ettiklerini göstermeye yardımcı olmayı amaçlamaktadır.
- Öğrenciden, işletmede soğutucu akışkan kullanımını benimseyen bir dizi örnek olay hazırlaması ve bunları karşılaştırması istenir.

ETKİNLİK 4

- Bu faaliyette, depolama, taşıma, kullanma, iyi uygulama, acil durumlara müdahale ve bertaraf için gerekli güvenlik adımları hakkında teknisyenlere yönelik açıklayıcı, yaratıcı ve basit bir poster geliştireceksiniz.



MODÜL 5

SÜRE: 2 HAFTA

İLGİLİ STANDARTLAR

1. STANDARTLARA GİRİŞ

Belirli bir düzeyde mal, ürün ve hizmet kalitesi sağlamak için bir standart veya “norm” geliştirilir. Standart, ürünlerin veya hizmetin özelliklerini veya davranışlarını belirleyen ve standart geliştirme sürecindeki katılımcıların uzlaşılı görüşünü temsil eden resmi bir belgedir. Standartlar, mal, ürün ve hizmet kalitesinde belirli bir tek tip düzey sağlamak için geliştirilir. Uluslararası standartlar, ulusal üyeler ve paydaşlardan oluşan geniş bir ağı ile uzlaşmaya dayalı bir mekanizmaya dayanmaktadır. Ancak uygulamada, birçok gelişmekte olan ülkenin standart belirleme sürecinde sınırlı katılımı vardır ve sonuç olarak standartları ve bunları geliştirme sürecini gözden geçiremez, oylayamaz ve katkıda bulunamazlar. Katılım için alınan ücretlerin genellikle yüksek miktarlarda olması, küçük işletmeleri veya sektör dışı katılımcıları caydırabilir. Standartlar, endüstri yönergeleri veya uygulama kuralları kapsamında olabilecek ek bilgiler ve gereksinimlerin yorumlanmasıyla desteklenebilir.

Standartların temel faydaları şu şekildedir:

- Güvenlik hususlarında bilgi sağlar (ürünler, insanlar, üretim, kullanım vb.),
- En iyi uygulamaların yaygınlaştırılmasını ve düzenlenmesini sağlar,
- Düzenlenmiş, istikrarlı ve küresel olarak tanınan bir çerçeve sunar,
- Ekonomik büyümeyi destekleyebilir,
- Ticaret için teknik engelleri en aza indirebilir.

Soğutma ve iklimlendirme sektöründe teknik standartlar, ozon tabakasına zarar veren ve küresel ısınmaya yol açan soğutucu gazlara bağımlılıktan başarılı bir şekilde uzaklaşmanın temel bileşeni olarak giderek daha fazla kabul görmektedir. Uygun teknik standartların benimsenmesi ve kullanılması, faaliyetler ve sonuçları için tek tip tanımlar, kılavuzlar, kurallar, kriterler, yöntemler, süreçler, uygulamalar veya özellikler oluşturabilir.

Ülkeler tarafından ulusal duruma göre uyarlanan uluslararası standartlar, yüksek kalite ve güvenliğe ulaşmak amacıyla ulusal komite katılımcılarının fikir birliğiyle kabul edilir. Bu tür standartlar, özellikle güvenli kullanım uygulamalarının belirlenmesi ve risklerin en aza indirilmesi için önlemlerin sağlanması yoluyla, ozon tabakasını incelten maddelere alternatiflerin ve yeni teknolojilerin tanıtılması için yararlı araçlar olabilir.

Bu kitapta ele alınan standartların kapsamı dört ana kategoride gruplandırılabilir:

- Güvenlik standartları: Soğutma ve iklimlendirme sistemlerinin tasarımı, üretimi ve kurulumu içindir.
- Performans standartları: Soğutma ve iklimlendirme sistemleri ve ekipmanlarının yanı sıra soğutucu akışkanların verimliliğini ve performansını belirlemek içindir.
- Uygulama standartları: Soğutma ve iklimlendirme sistemlerini ve soğutucu akışkanları kullanırken teknisyenler için en iyi uygulamaları tanımlamak ve yönlendirmek içindir.
- Kalite standartları: Bunlar genel olabilir ve herhangi bir sektörü kapsayabilir, ancak üretim, muhasebe, belgelendirme, eğitim vb. gibi soğutucu akışkanları içeren süreçlere uygulanabilirler.

2. STANDARTLARIN GELİŞTİRİLMESİ

Standartlar uluslararası, bölgesel, ulusal ve diğer düzeylerde çeşitli kuruluşlar tarafından geliştirilmektedir. Bu kuruluşlar hükümetlerden, sanayiden, derneklerden ve özel sektörden bağımsızdır. Ulusal düzeyde, birçok ülkenin kendi ulusal standardizasyon kuruluşları vardır. Genellikle bu ulusal standardizasyon kuruluşları, standart geliştiren bölgesel ve uluslararası kuruluşlar için temas noktalarıdır. Ulusal standardizasyon kurumlarının temel rolü kendi standartlarını üretmek veya gözden geçirmektir. Kurumlar bağımsız veya ulusal hükümete bağlı olabilir. Ulusal düzeyde çıkarılan standartlar genellikle bölgesel veya uluslararası standartlara göre önceliğe sahiptir. Uluslararası standartların bölgesel ve ulusal düzeylerde kabul edilmesi yaygın bir uygulamadır. Bu prosedür sırasında standartlar en iyi yerel taleplere ve koşullara uyacak şekilde değiştirilebilir. Bazı durumlarda tam tersi bir yaklaşım uygulanabilir ve ulusal veya bölgesel düzeydeki standart, bölgesel veya uluslararası düzey için benimsenebilir.

3. ANA STANDARDİZASYON KURULUŞLARI

3.1 Uluslararası Standartlar

Soğutma ve iklimlendirme sektörüyle ilgili standartlar geliştiren birkaç ana kuruluş bulunmaktadır. Uluslararası standardizasyon kuruluşları arasında, soğutma ve iklimlendirme sektörüyle ilgili standartların geliştirilmesinde esas olarak yer alan iki ana kuruluş

- ISO (International Organization for Standardization - Uluslararası Standardizasyon Örgütü) ve
- IEC'dir (International Electro-Technical Commission - Uluslararası Elektro-Teknik Komisyonu).

Bu kuruluşlar arasındaki resmi bir anlaşma, standartların çakışmasını ve potansiyel olarak çelişmesini önlemeyi amaçlamaktadır.

Uluslararası Standardizasyon Örgütü (ISO)

ISO, 162 üye ülkesi ve yaklaşık 300 teknik komite tarafından geliştirilen 19,500'den fazla standardı ile dünyanın en büyük standardizasyon kuruluşudur. Soğutma ve İklimlendirme Teknik Komitesi ISO/TC 86, iklimlendirme sektörü için çok önemlidir.

Uluslararası Elektro-Teknik Komisyonu (IEC)

IEC, öncelikle elektrik ve elektronik teknolojilerinin, elektronik içeren, elektrik kullanan veya üreten cihazların güvenlik konularına odaklanmıştır. IEC'nin 82 üye ülkesi (ulusal komiteler) bulunmaktadır. Soğutma ve iklimlendirme sektörü ile ilgili standartlar, teknik komitelerin uzmanları tarafından geliştirilmektedir:

- TC 59 Ev ve benzeri elektrikli cihazların performansı
- TC 61 Elektrikli ev aletleri ve benzerlerinin güvenliği

3.2 Bölgesel Standartlar

Bölgesel standartların iyi örnekleri arasında iki Avrupa Komitesi bulunmaktadır: Avrupa Standardizasyon Komitesi (CEN) ve Avrupa Elektro Teknik Standardizasyon Komitesi (CENELEC) (Onaylanan standartları üye ülkelerde otomatik olarak geçerlidir).

Avrupa Standardizasyon Komitesi (CEN) ve Avrupa Elektro-Teknik Standardizasyon Komitesi (CENELEC)

CEN ve CENELEC; hükümetlerden, Avrupa kurumlarından ve birbirlerinden bağımsız olarak tanınan Avrupa standardizasyon kuruluşlarıdır. Bu Avrupa standardizasyon kuruluşları, çalışmalarını uyumlaştırmak ve çelişkileri önlemek için birbirleriyle ve Avrupa Komisyonu ile iş birliği yaparlar. CEN ve CENELEC'in üyeleri, tüm AB üyesi ülkelerin ve diğer bazı Avrupa ülkelerinin ulusal standardizasyon kuruluşlarıdır. Avrupa Standartlarının ulusal standartlar olarak uygulanması CEN/CENELEC ulusal üye ülkesinin sorumluluğundadır. Soğutma sistemleri, güvenlik ve çevresel gereklilikler üzerine "CEN TC 182" Teknik Komitesi tarafından soğutma sektörüyle doğrudan ilgili standartlar geliştirilmektedir.

3.3 Ulusal Standartlar

Ulusal düzeyde, ülkelerin çoğunda bir ulusal standardizasyon kurumu veya birkaç kurum bulunmaktadır. Bu kurumlar kendi ulusal standartlarını üretebilir veya uluslararası/bölgesel standartları benimseyebilir. Ülkeye bağlı olarak, ulusal standardizasyon kuruluşları bağımsız olabilir veya hükümete bağlı ve hükümete karşı sorumlu olabilir. Bazı ulusal standardizasyon kuruluşları bölgesel veya uluslararası olarak değerlendirilebilecek bir erişim ve etkiye sahip olabilir (örneğin ANSI, ASHRAE).

Ulusal standardizasyon kuruluşlarına bazı örnekler:

- **ANSI** (Amerikan Ulusal Standartlar Enstitüsü)
- **BSI** (İngiliz Standartları Enstitüsü)
- **DIN** (Alman Standartlar Enstitüsü)
- **EOS** (Mısır Standardizasyon ve Kalite Kontrol Örgütü)
- **IJISI** (İran Standartlar ve Endüstriyel Araştırma Enstitüsü)
- **JSA** (Japon Standartlar Birliği)
- **NZS** (Yeni Zelanda Standartları)
- **Çin Standardizasyon İdaresi**
- **Avustralya Standartları**
- **UL** (Sigortacıların Laboratuvarları)

AHRI (The Air-Conditioning, Heating, and Refrigeration Institute)

AHRI, küresel endüstrideki HVAC-R ve su ısıtma ekipmanı üreticilerini temsil eden ticari birliktir.

Belli başlı AHRI Standartları:

- **AHRI 220-2014:** HVAC Ekipmanının Ses Gücünün Belirlenmesine Yönelik Akustik Odası Kalifikasyonu ve Test Prosedürleri



Şekil 5.1: Soğutma sistemleri için ses ölçümü

- **AHRI 700-2012 ve Ek 1:** Florokarbon Soğutucu Akışkanlara İlişkin Özellikler

- **ANSI/AHRI/CSA 310/380-2004:** Paket Terminal Klimaları ve Isı Pompaları Standardı (CSA-C744-04)

- **ANSI/AHRI 420-2008:** Soğutma için Zorlanmış Sirkülasyonlu Serbest Dağıtım Ünitesi Soğutucularının Performans Derecelendirmesi

- **ANSI/AHRI 495-2005:** Likit Tanklarının Performans Derecelendirmesi

ANSI (American National Standards Institute)

ANSI, standart geliştiren kuruluşların prosedürlerini akredite ederek Amerikan Ulusal Standartlarının (ANS) geliştirilmesini kolaylaştırır. ANSI akreditasyonu, standartlar kurumu tarafından kullanılan prosedürlerin Enstitü'nün temel gereklilikleri olan anlaşılabilirlik, tutarlılık, fikir birliği ve yasal süreci sağladığını gösterir. ANSI, ABD standartlarının uluslararası alanda kullanımını teşvik eder ve kullanıcıların ihtiyaçlarını karşıladıkları durumlarda uluslararası standartların ulusal standartlar olarak benimsenmesini teşvik eder. ANSI aracılığıyla ABD'nin ISO ve IEC standartları geliştirme süreçlerine doğrudan erişebilmektedir.

4. MEVCUT STANDARTLAR

Genel olarak ozon tabakasını incelten maddeler ve bunların kullanımıyla ilgili standartlar dört ana konuyla ilgilidir:

- Soğutucu gaz spesifikasyonları ve soğutucu akışkan tanımı gibi maddelerin kendilerine yönelik standartlar (örneğin ISO 817).

- Sistemler, ekipman ve bileşenlere ilişkin standartlar; örneğin soğutma ekipmanlarına yönelik güvenlik gereklilikleri, soğutma ve iklimlendirme sistemlerine yönelik kodlar/kılavuzları (örn. ISO 5149) ve soğutucu geri kazanım/geri dönüşüm ekipmanlarını (örn. IEC 60335-2-104) ve ekipmanın şarj boyutunu içerir.

- Geri kazanım tüplerinin içeriği (AHRI), renk kodları ve basınçlı tüp standartları dahil olmak üzere soğutucu akışkan kapları için standartlar.

- Köpük nihai ürünleri, içerik ve yangın geciktirici gereklilikler, bina kodları (örneğin yanıcı soğutucu akışkanların kullanımını yasaklayabilen), enerji verimliliği etiketleme programları, kurulumlar ve uygulamalar gibi diğer ilgili standartlar.

İnşaat ve kurulumda güvenlik, kullanım, servis, bakım, sızıntı önleme, söküm ve teknolojilerin ve maddelerin geri dönüşümü gibi güvenlik konuları özellikle önemlidir ve genel olarak standartlar operasyonel güvenliği en üst düzeye çıkarmayı ve tehlike ve riski en aza indirmeyi amaçlamaktadır. Ozon tabakasını incelten maddeler ve bunlara dayanan teknolojilerle ilgili olarak, uluslararası ISO ve IEC standardının yanı sıra, özellikle Avrupa Birliği (örneğin CEN, CENELC) ve Amerika Birleşik Devletleri'nden (örneğin ANSI/ASHRAE, UL) birçok bölgesel ve ulusal standart bulunmaktadır.

HCFC'nin aşamalı olarak kaldırılması ve ozon tabakasını inceltmeyen, düşük küresel ısınma potansiyelli alternatiflere duyulan gereksinim bağlamında, mevcut standartların güncellenmesi veya bu maddelerin kullanımını kapsayacak yeni standartların oluşturulması gerekmektedir. Birkaç yıl önce yayınlanan bazı önemli ilgili standartlar yakın zamanda yenilenmiş ve güncellenmiştir (örneğin ISO 5149, ISO 817) veya şu anda revizyon sürecindedir (örneğin EN 378). 'Soğutma ve ısıtma için kullanılan mekanik soğutma sistemleri - Güven-

lik gereklilikleri' konulu ISO 5149 standardının 1993 yılında yayınlanan önceki versiyonu, şu anda birçok sektörde yaygın olarak uygulanan yanıcı soğutucu akışkanların kullanımını esasen yasaklamıştır. Düşük küresel ısıtma potansiyelli soğutucu akışkanların çoğu yanıcı olduğundan, soğutma sistemleri yanıcı ortamlara yönelik tüm standartların gerekliliklerine uygun olmalıdır. Çoğu ülkede bu standartlar genel soğutma standartlarından daha yüksek bir statüye sahiptir. Örneğin BM'nin, çok sayıda gelişmiş ve gelişmekte olan ülkenin imzacı olduğu "Patlayıcı Atmosfere Sahip Ortamlarda Kullanılan Ekipmanlara İlişkin Ortak Düzenleyici Çerçeve" si bulunmaktadır.

Genel soğutma standartlarının, yanıcı soğutucu akışkanlar için hükümler içermesine rağmen, bunların güvenli bir şekilde nasıl uygulanacağı konusunda yeterli rehberlik sağlamadığı düşünülmektedir. Bu bağlamda, yanıcı soğutucu akışkanlar kullanan ekipmanların güvenliğini sağlamak için tasarım, üretim ve değerlendirme gereklilikleri ilgili standartlarda (EN 1127-1 ve Avrupa Birliği'ndeki IEC 60079 serisi gibi) aranmalıdır.

HCFC'lerin aşamalı kaldırılması ve düşük GWP değerine sahip alternatiflerle ilgili belli başlı standartlar şu şekildedir:

1. ISO 5149:2014, Soğutma ve ısıtma için kullanılan mekanik soğutma sistemleri – Güvenlik gereksinimleri
2. ISO 817:2014, Soğutucu Akışkanlar – Tanımı ve Güvenlik Sınıflandırması
3. ISO 17584:2005, Soğutucu akışkan özellikleri
4. ISO 11650:1999, Soğutucu akışkan geri kazanımı ve/veya geri dönüşüm ekipmanının performansı
5. IEC 60335-1:2012, Ev ve benzeri elektrikli cihazlar – Güvenlik, genel gereksinimler
6. CEN: EN 378:2008, Soğutma sistemleri ve ısı pompaları- Güvenlik ve çevre gereksinimleri
7. CEN: EN 13313:2010, Soğutma sistemleri ve ısı pompaları – Personelin yeterliliği
8. CEN: EN 1127-1:2011, Patlayıcı ortamlar- Patlamanın önlenmesi ve korunması Bölüm 1: Temel kavramlar ve metodoloji
9. CENELEC: EN 60335-1:2012, Ev ve benzeri elektrikli cihazlar – Güvenlik, genel gereksinimler
10. CENELEC: EN 60079, Patlayıcı Gaz Ortamları için Elektrikli Cihazlar
11. ANSI/ASHRAE 15-2013, Soğutma Sistemleri için Güvenlik Standardı
12. ANSI/ASHRAE 34-2010, Soğutucu Akışkanların Tanımı ve Güvenlik Sınıflandırması
13. UL 60335-2-40, Ev ve Benzeri Elektrikli Cihazların Güvenliği Bölüm 2-40: Elektrikli Isı Pompaları, Klimalar ve Nem Alma Cihazları için Özel Gereklilikler
14. AHRI 700-2015, Soğutucu Akışkanlara İlişkin Özellikler
15. AHRI 700C-2008, AHRI Standardı 700 için Ek C - AHRI Standardı 700-2014 için Analitik Prosedürler
16. AHRI 700D-2012, AHRI Standardı 700-2014 için Ek D - Gaz Kromatogramları
17. AHRI Standardı 740-2015, Soğutucu Geri Kazanım Ekipmanı ve Geri Kazanım/Geri Dönüşüm Ekipmanının Performans Derecelendirmesi

18. AHRI Kılavuzu K-2015, Geri Kazanılan Yanıcı Olmayan Florokarbon Soğutucu Akışkanlar için Konteynerler

19. AHRI Kılavuzu N-2014, Soğutucu Akışkan Konteyner Renklerinin Tayini

20. AHRI Q-2010 Kılavuzu, İçeriğin Geri Kazanımı ve Soğutucu Tüplerinin Uygun şekilde Geri Dönüşümü

ASHRAE Standartları

ASHRAE Standartları, soğutucu akışkanların güvenliğiyle ilgili sorunları ele almaktadır. Başlıca ASHRAE standartları şunlardır:

- **ASHRAE 15:** Soğutma Sistemleri İçin Güvenlik Standardı

Bu standart, soğutma sistemlerinin güvenli tasarımını, yapımını, montajını ve çalıştırılmasını kapsar.

- **ASHRAE 34:** Soğutucu Akışkanların Tanımı ve Güvenlik Sınıflandırması

Standart 34, soğutucu akışkanların isimlendirilmelerini açıklar ve toksisite ve yanıcılık verilerine dayalı olarak güvenlik sınıflandırmalarını belirler. Standart 15 ise bu soğutucu akışkanlar kullanılırken ekipman ve sistemlerin çalıştırılmasına ilişkin prosedürler belirler.

ETKİNLİK 5

İLGİLİ STANDARTLAR

ÖDEV:

- AHRI 220 standardına göre HVAC ekipmanlarının ses seviyelerini ölçmenin farklı yöntemlerini öğreniniz.
- Ayrıca, etrafınızda bulunan farklı HVAC sistemlerinin ses seviyelerini ölçünüz ve raporlayınız.

SORU:

Dört karbon örneği: HFC-365mfc'nin kimyasal formülünü bulun.

SORU:

Aşağıdaki soğutucu akışkanların kimyasal formülünü bulunuz:

- | | |
|----------|---------------|
| • R-132 | • R-729 |
| • R-50 | • R-717 |
| • R-1112 | • R-1233zd(E) |
| • R-1130 | • R-1234ze(E) |
| • R-718 | |

ETKİNLİK:

- Bu aktivitede, öğrencinin derste bahsedilenler dışındaki diğer ulusal standardizasyon kuruluşlarını tanıtan bir rapor hazırlaması gerekmektedir.
- Ayrıca, ulusal standartların bir karşılaştırması yapılmalı, ortak oldukları ve olmadıkları konular tartışılmalıdır.

ETKİNLİK:

- Bu modülün sonunda öğrenci Türk Standartları, ilgili standardizasyon kuruluşu ve bu standartların uygulanması hakkında bir görüş sunan sunum hazırlamalıdır.
- Ayrıca sunum, uluslararası standartların benimsenmesinin ulusal düzeyindeki etkisini de ortaya koymalıdır.

YENİ SOĞUTUCU AKIŞKAN TANIMLARI VE GÜVENLİK SINIFLANDIRMALARINA İLİŞKİN GÜNCELLEME NOTU*

(*Bu bölüm son yıllardaki güncellemeleri tanımlamak için sonradan eklenmiştir)



Bu bölümün amacı, soğutucu akışkanlara yönelik ASHRAE standartlarına ilişkin bir güncelleme sağlamak ve son birkaç yılda “R” numarası verilen ve uluslararası pazara sunulan yeni soğutucu akışkanları tanıtmaktır.

Ashrae Standart-34

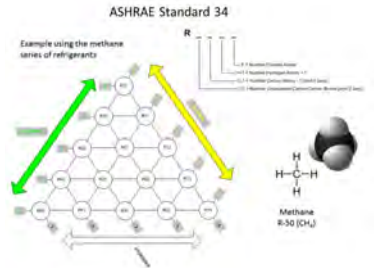
ASHRAE Standart-34, Soğutucu Akışkanların Tanımlanması ve Güvenlik Sınıflandırması, kimyasal adları, formülleri veya ticari adları yerine yaygın soğutucu akışkanlara atıfta bulunmak için basit bir yol oluşturur. ASHRAE, soğutucu akışkan üreticisi tarafından sunulan toksisite ve yanıcılık verilerine dayanarak soğutucu akışkanlara numara ve güvenlik sınıflandırması atar. Saf bileşikler için numaralar kimyasal formüle dayanır. Karışımlar için numaralar, soğutucu akışkan üreticisi tarafından sağlanan verilerin tatmin edici bir şekilde incelenmesinin tamamlanmasına dayalı olarak sırayla atanır. Bilgiler güncel baskı olan ANSI/ASHRAE Standardı 34-2022’de mevcuttur.

ASHRAE’nin Numaralandırma Sistemi

Soğutucu akışkanlar R- ile numaralandırılır ve ardından ASHRAE tarafından atanan numara gelir.

İzomerler (başka bir molekülle aynı kimyasal formüle sahip ancak farklı bir kimyasal yapıya sahip molekül) numaradan sonra küçük harfle tanımlanır (örneğin, R-134a). Aynı saf bileşenlere ancak farklı bileşimlere sahip soğutucu akışkan karışımları, numaradan sonra büyük harfle tanımlanır (örneğin, R-401A ve R-401B).

R-xxxx formuna sahip soğutucu akışkanlar zeotropiktir, R-5xxx formuna sahip olanlar ise azeotroplardır.



Tehlike Sınıflandırması

Standart 34, her bir soğutucu akışkan kullanımındaki tehlikeye göre sınıflandırmak için tanımlayıcı bir referans harf ve numara atar.

Büyük harf, izin verilen maruziyete dayalı bir toksisite sınıfı belirler. Rakam ise yanıcılığı belirtir.

Örneğin, Standart 34 toksisite için iki güvenlik sınıflandırması tanımlar. A sınıfı daha düşük toksisiteye sahip soğutucu akışkanları, B sınıfı ise daha yüksek toksisiteye sahip soğutucu akışkanları ifade eder.

Yanıcılık için üç sınıflandırma ve bir alt sınıf vardır. Üç ana yanıcılık sınıflandırması, standarda göre test edildiğinde alev yaymayan soğutucu akışkanlar için sınıf 1; daha düşük yanıcılığa sahip soğutucu akışkanlar için sınıf 2 ve hidrokarbonlar gibi yüksek yanıcılığa sahip soğutucu akışkanlar için sınıf 3'tür.

Sınıflandırmalar olmasın rağmen, soğutucu akışkanın doğası ile birleştiğinde daha yüksek toksisiteye yol açabilen aşırı ortam koşulları vardır.

Yanıcılık alt sınıfı 2L, çok yavaş yanan yanıcılık sınıfı 2 soğutucu akışkanları belirler. Küresel ısınma potansiyeli çok düşük olan bazı HFO'lar hafif yanıcıdır ve A2L olarak sınıflandırılır. Bu, daha düşük toksisiteye ve düşük yanma hızına sahip olduklarını gösterir.

Ashrae Standart-15

ASHRAE Standart 15, Soğutma Sistemleri için Güvenlik Standardı, soğutma tesislerinin bulunduğu yerlerde insanları ve mülkleri korumaya yardımcı olacak gereklilikleri ortaya koymaktadır. Daha fazla bilgi güncel baskı olan ANSI/ASHRAE Standartı 15-2022'de mevcuttur.

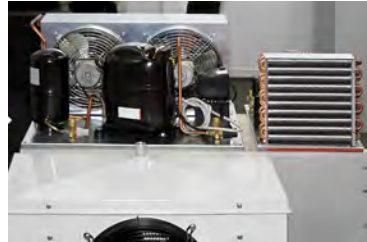
Kişisel yaralanma ve maddi hasar, bir parçanın fırlayan döküntülerle kopması, bir kırıkta soğutucu akışkanın salınması veya yanma sonucu oluşan veya yanma ile şiddetlenen yangın veya kaçan soğutucu akışkanın veya yağın alev alması gibi bir dizi nedenden kaynaklanabilir. Buna ek olarak, yetersiz havalandırılan alanlarda soğutucu akışkanların kazara salınması; narkotik ve kardiyak hassasiyet etkileri; buharın alev veya sıcak yüzeylerle teması nedeniyle buharın veya ayrışma ürünlerinin toksik etkileri; gözlere, cilde veya diğer dokulara aşındırıcı saldırı veya sıvı ile temas sonucu dokunun donması nedeniyle kişisel yaralanmalar meydana gelebilir.

ASHRAE Standard 34 – Basis of Standard

• Safety Group Classifications

FLAMMABILITY	SAFETY GROUP	
	Higher Flammability	A3 B3
	Lower Flammability	A2 B2
	No Flame Propagation	A1 B1
	Lower Toxicity	Higher Toxicity

A3, and B3, are lower flammability refrigerants with a maximum burning velocity of 0.3 ft/s (10 cm/s)



Yeni Soğutucu Akışkanlar

Takip eden sayfalarda yer alan tablolar, aşağıdaki bahsi geçen yayınlarmın en son baskısında yer alan onaylı soğutucu akışkan numaralarını listelemektedir

Standart 34 ve 2010'dan itibaren atanan ekler. Tabloda listelenen Küresel Isınma Potansiyeli verileri 2021 ASHRAE Handbook-Fundamentals, Bölüm 29'daki Tablo 3 ve 4'ten alınmıştır. Güvenlik Grubu sınıflandırmaları Standart 34'ün Tablo 4-1 ve 4-2'sinden, sıcaklık verileri ise Standart 34'ün Tablo D-1 ve D2'sinden alınmıştır.

Refrigerants				
Number ^a	Chemical Name ^a	Safety Group ^a	Global Warming Potential (GWP100 ^b)	Normal Boiling Point, °F (°C) ^a
Unsaturated Organic Compounds				
1130(E)	trans-1,2-dichloroethene	B2	N/Ac	117.9 (47.7)
1132a	1,1-difluoroethene	A2	N/Ac	-117.0 (-83.0)
1132(E)	trans-1,2-difluoroethene	B2	N/Ac	-62.5 (-52.5)
1224yd(Z)	cis-1-chloro-2,3,3,3-tetrafluoro-1-propene	A1	N/Ac	58.1 (14.5)
1233zd(E)	trans-1-chloro-3,3,3-trifluoro-1-propene	A1	1	64.6 (18.1)
1234ze(E)	trans-1,3,3,3-tetrafluoro-1-propene	A2L	<1	-2.2 (-19.0)
1336mzz(E)	trans-1,1,1,4,4,4-hexafluoro-2-butene	A1	N/Ac	45.3 (7.4)
1336mzz(Z)	cis-1,1,1,4,4,4-hexafluoro-2-butene	A1	2	91.4 (33.4)
1336mzz(Z)	cis-1,1,1,4,4,4-hexafluoro-2-butene	A1	2	91.4 (33.4)
Methane Series				
131i	trifluoriodomethane	A1	N/Ac	-7.4 (-21.9)

Refrigerant Blends							
Num. ^a	Composition (Mass %) ^a	Safety Group ^a	Global Warming Potential (GWP100 ^b)	Bubble Point, °F ^a	Dew Point, °F ^a	Bubble Point, °C ^a	Dew Point, °C ^a
Zeotropes							
407F	R-32/125/134a (30.0/30.0/40.0)	A1	1670	-51.0	-39.5	-46.1	-39.7
407G	R-32/125/134a (2.5/2.5/95.0)	A1	N/A ^b	-20.6	-17.0	-29.2	-27.2
407H	R-32/125/134a (32.5/15.0/52.5)	A1	N/A ^b	-48.5	-35.7	-44.7	-37.6
407I	R-32/125/134a (19.5/8.5/72.0)	A1	N/A ^b	-39.6	-27.4	-39.8	-33.0
417B	R-125/134a/600 (79.0/18.3/2.7)	A1	2740	-48.8	-42.7	-44.9	-41.5
417C	R-125/134a/600 (19.5/78.8/1.7)	A1	N/A ^b	-26.9	-20.6	-32.7	-29.2
419B	R-125/134a/E170 (48.5/48.0/3.5)	A2	N/A ^b	-35.3	-24.7	-37.4	-31.5
422E	R-125/134a/600a (58.0/39.3/2.7)	A1	N/A ^b	-43.2	-33.5	-41.8	-36.4
427C	R-32/125/143a/134a (25.0/25.0/10.0/40.0)	A1	N/A ^b	-50.6	-38.9	-45.9	-39.4
433D	R-1270/290 (35.0/65.0)	A3	N/A ^b	-48.5	-47.8	-44.8	-44.4
436C	R-290/600a (95.0/5.0)	A3	N/A ^b	-42.7	-39.1	-41.5	-39.5
439A	R-32/125/600a (50.0/47.0/3.0)	A2	1830	-61.6	-61.2	-52.0	-51.8

Refrigerant Blends							
Num. ^a	Composition (Mass %) ^a	Safety Group ^a	Global Warming Potential (GWP100 ^b)	Bubble Point, °F ^a	Dew Point, °F ^a	Bubble Point, °C ^a	Dew Point, °C ^a
Zeotropes							
440A	R-290/134a/152a (0.6/1.6/97.8)	A2	156	-13.9	-11.7	-25.5	-24.3
441A	R-170/290/600a/600 (3.1/54.8/6.0/36.1)	A3	5	-43.4	-4.7	-41.9	-20.4
442A	R-32/125/134a/152a/227ea (31.0/31.0/30.0/3.0/5.0)	A1	1750	-51.7	-39.8	-46.5	-39.9
443A	R-1270/290v/600a (55.0/40.0/5.0)	A3	4	-48.6	-42.2	-44.8	-41.2
444A	R-32/152a/1234ze(E) (12.0/5.0/83.0)	A2L	89	-29.7	-11.7	-34.3	-24.3
444B	R-32/152a/1234ze(E) (41.5/10.0/48.5)	A2L	295	-48.3	-30.8	-44.6	-34.9
445A	R-744/134a/1234ze(E) (6.0/9.0/85.0)	A2L	118	-58.5	-10.3	-50.3	-23.5
446A	R-32/1234ze(E)/600 (68.0/29.0/3.0)	A2L	461	-56.9	-47.2	-49.4	-44.0
447A	R-32/125/1234ze(E) (68.0/3.5/28.5)	A2L	572	-56.7	-47.6	-49.3	-44.2
447B	R-32/125/1234ze(E) (68.0/8.0/24.0)	A2L	N/A ^c	-58.2	-50.8	-50.1	-46.0
448A	R-32/125/1234yf,/134a/1234ze(E) (26.0/26.0/20.0/21.0/7.0)	A1	1360	-50.6	-39.6	-45.9	-39.8
448B	R-32/125/1234yf,/134a/1234ze(E) (21.0/21.0/20.0/31.0/7.0)	A1	N/A ^c	-47.3	-35.1	-44.1	-37.4
449A	R-32/125/1234yf,/134a (24.3/24.7/25.3/25.7)	A1	1280	-50.8	-39.8	-46.0	-39.9
449B	R-32/125/1234yf,/134a (25.2/24.3/23.2/27.3)	A1	1300	-51.0	-40.4	-46.1	-40.2
449C	R-32/125/1234yf,/134a (20.0/20.0/31.0/29.0)	A1	N/A ^c	-48.3	-36.6	-44.6	-38.1
450A	R-134a/1234ze(E) (42.0/58.0)	A1	547	-10.1	-9.0	-23.4	-22.8
451A	R-1234yf,/134a (89.8/10.2)	A2L	133	-23.4	-22.9	-30.8	-30.5
451B	R-1234yf,/134a (88.8/11.2)	A2L	146	-23.8	-23.1	-31.0	-31.0
452A	R-32/125/1234yf, (11.0/59.0/30.0)	A1	1952	-52.6	-45.8	-47.0	-43.2
452B	R-32/125/1234yf, (67.0/7.0/26.0)	A2L	N/A ^c	-59.8	-58.5	-51.0	-50.3
452C	R-32/125/1234yf, (12.5/61.0/26.5)	A1	N/A ^c	-53.5	-47.6	-47.5	-44.2
453A	R-32/125/134a/227ea/600/601a (20.0/20.0/53.8/5.0/0.6/0.6)	A1	1640	-44.0	-31.0	-42.2	-35.0
454A	R-32/1234yf, (35.0/65.0)	A2L	238	-55.1	-42.9	-48.4	-41.6
454B	R-32/1234yf, (68.9/31.1)	A2L	467	-59.6	-58.0	-50.9	-50.0
454C	R-32/1234yf, (21.5/78.5)	A2L	N/A ^c	-50.8	-36.0	-46.0	-37.8
454D	R-32/1234yf, (43.0/57.0)	A2L	N/A ^c	-55.8	-48.1	-48.8	-44.5
455A	R-744/32/1234yf, (3.0/21.5/75.5)	A2L	N/A ^c	-60.9	-38.4	-51.6	-39.1
455B	R-744/32/1234yf, (6.0/42.0/52.0)	A2L	N/A ^c	-72.4	-52.1	-58.0	-46.7
455C	R-744/32/1234yf, (3.0/43.0/54.0)	A2L	N/A ^c	-64.2	-50.4	-53.4	-45.8
456A	R-32/134a/1234ze(E) (6.0/45.0/49.0)	A1	N/A ^c	-22.7	-14.1	-30.4	-25.6
457A	R-32/1234yf,/152a (18.0/70.0/12.0)	A2L	N/A ^c	-44.9	-31.9	-42.7	-35.5
457B	R-32/1234yf,/152a (35.0/55.0/10.0)	A2L	N/A ^c	-51.5	-40.7	-46.4	-40.4
457C	R-32/1234yf,/152a (7.5/78.0/14.5)	A2L	N/A ^c	-35.1	-25.7	-37.3	-32.1
457D	R-32/1234yf,/152a (4.0/82.0/14.0)	A2L	N/A ^c	-30.1	-23.8	-34.5	-31.0

Refrigerant Blends							
Num. ^a	Composition (Mass %) ^a	Safety Group ^a	Global Warming Potential (GWP100 ^b)	Bubble Point, °F ^a	Dew Point, °F ^a	Bubble Point, °C ^a	Dew Point, °C ^a
Zeotropes							
458A	R-32/125/134a/227ea/236,a (20.5/4.0/61.4/13.5/0.6)	A1	N/A°	-39.6	-26.3	-39.8	-32.4
459A	R-32/1234yf, /1234ze(E) (68.0/26.0/6.0)	A2L	N/A°	-58.6	-55.5	-50.3	-48.6
459B	R-32/1234yf, /1234ze(E) (21.0/69.0/10.0)	A2L	N/A°	-47.2	-33.0	-44.0	-36.1
460A	R-32/125/134a/1234ze(E) (12.0/52.0/14.0/22.0)	A1	N/A°	-48.3	-35.0	-44.6	-37.2
460B	R-32/125/134a/1234ze(E) (28.0/25.0/20.0/27.0)	A1	N/A°	-49.4	-34.8	-45.2	-37.1
460C	R-32/125/134a/1234ze(E) (2.5/2.5/46.0/49.0)	A1	N/A°	-20.6	-14.8	-29.2	-26.0
461A	R-125/143a/134a/227ea/600a (55.0/5.0/32.0/5.0/3.0)	A1	N/A°	-44.0	-38.0	-42.0	-37.0
462A	R-32/125/143a/134a/600 (9.0/42.0/2.0/44.0/3.0)	A2	N/A°	-44.7	-33.9	-42.6	-36.6
463A	R-744/32/125/1234yf, /134a (6.0/36.0/30.0/14.0/14.0)	A1	N/A°	-73.1	-52.4	-58.4	-46.9
464A	R-32/125/1234ze(E)/227ea (27.0/27.0/40.0/6.0)	A1	N/A°	-51.7	-34.4	-46.5	-36.9
465A	R-32/290/1234yf, (21.0/7.9/71.1)	A2	N/A°	-61.2	-40.0	-51.8	-40.0
466A	R-32/125/131i (49.0/11.5/39.5)	A1	N/A°	-61.1	-51.7	-59.8	-51.0
467A	R-32/125/134a/600a (22.0/5.0/72.4/0.6)	A2L	N/A°	-40.9	-27.9	-40.5	-33.3
468A	R-1132a/32/1234yf, (3.5/21.5/75.0)	A2L	N/A°	-60.3	-38.2	-51.3	-39.0
468B	R-1132a/32/1234yf, (6.0/13.0/81.0)	A2L	N/A°	-62.3	-34.2	-52.4	-36.8
468C	R-1132a/32/1234yf, (6.0/42.0/52.0)	A2L	N/A°	-69.9	-51.2	-56.6	-46.2
469A	R-744/R-32/R-125 (35.0/32.5/32.5)	A1	N/A°	-109.3	-78.7	-78.5	-61.5
470A	R-744/32/125/134a/1234ze(E)/227ea (10.0/17.0/19.0/7.0/44.0/3.0)	A1	N/A°	-80.7	-32.1	-62.7	-35.6
470B	R-744/32/125/134a/1234ze(E)/227ea (10.0/11.5/11.5/3.0/57.0/7.0)	A1	N/A°	-79.1	-24.5	-61.7	-31.4
471A	R-1234ze(E)/227ea/1336mzz(E) (78.7/4.3/17.0)	A1	N/A°	1.5	7.2	-16.9	-13.8
472A	R-744/32/134a (69.0/12.0/19.0)	A1	N/A°	-119.7	-78.7	-84.3	-61.5
472B	R-744/32/134a (58.0/10.0/32.0)	A1	N/A°	-117.2	-66.6	-82.9	-54.8
473A	R-1132a/23/744/125 (20.0/10.0/60.0/10.0)	A1	N/A°	-126.0	-117.0	-87.6	-83.0
474A	R-1132(E)/1234yf, (23.0/77.0)	A2L	N/A°	-45.5	-33.6	-43.1	-36.4
474B	R-1132(E)/1234yff (31.5/68.5)	A2L	N/A°	-50.4	-37.1	-45.8	-38.4
475A	R-1234yff/134a/1234ze(E) (45.0/43.0/12.0)	A1	N/A°	-19.8	-19.0	-28.8	-28.3
475B	R-1234yff/134a/1234ze(E) (35.4/10.1/54.5)	A2L	N/A°	-15.3	-13.9	-26.3	-25.5
476A	R-134a/1234ze(E)/1336mzz(E) (10.0/78.0/12.0)	A1	N/A°	-2.4	2.9	-19.1	-16.1
477A	R-1270/600a (84.0/16.0)	A3	N/A°	-48.3	-35.0	-44.6	-37.2
477B	R-1270/600a (38.0/62.0)	A3	N/A°	-24.7	-9.6	-31.5	-23.1
478A	R-744/32/125/134a/152a/1234ze(E)/227ea (7.0/26.0/15.0/15.0/3.0/30.0/4.0)	A2L	N/A°	-73.1	-35.3	-58.4	-37.4
479A	R-1132(E)/32/1234yf, (28.0/21.5/50.5)	A2L	N/A°	-58.8	-48.5	-50.4	-44.7

Refrigerant Blends							
Num. ^a	Composition (Mass %) ^a	Safety Group ^b	Global Warming Potential (GWP100 ^b)	Bubble Point, °F ^c	Dew Point, °F ^a	Bubble Point, °C ^a	Dew Point, °C ^a
Zeotropes							
479B	R-1132(E)/32/1234yf, (23.0/44.0/33.0)	A2L	N/A°	-61.4	-56.2	-51.9	-49.0
480A	R-744/1234ze(E)/227ea (5.0/86.0/9.0)	A1	N/A°	-51.7	-7.1	-46.5	-21.7
481A	R-32/125/134a/1233zd(E)/601a (16.9/6.3/74.4/1.8/0.6)	A1	N/A°	-36.9	-22.9	-38.3	-30.5
482A	R-134a/1234ze(E)/1224yd(Z) (10.0/83.5/6.5)	A1	N/A°	-3.3	1.4	-19.6	-17.0
483A	R-290/600 (15.0/85.0)	A3	N/A°	6.1	23.4	-14.4	-4.8
484A	R-1270/600 (12.0/88.0)	A3	N/A°	7.7	24.6	-13.5	-4.1
486A	R-1234yff/134a/13I1/1234ze(E) (21.9/6.3/38.0/33.8)	A1	N/A°	-14.3	-12.8	-25.7	-24.9
487A	R-170/1270 (20.0/80.0)	A3	N/A°	-91.3	-63.8	-68.5	-53.2
487B	R-170/1270 (17.0/83.0)	A3	N/A°	-87.8	-62.3	-66.6	-52.4
488A	R-32/1234yff/152a/1234ze(E) (6.0/50.0/3.0/41.0)	A2L	N/A°	-31.1	-18.4	-35.1	-28.0
489A	R-50/1150/600 (1.5/22.0/76.5)	A3	N/A°	-192.5	8.1	-124.7	-13.3
490A	R-1150/1270 (7.9/92.1)	A3	N/A°	-88.4	-58.2	-66.9	-50.1
491A	R-1132(E)/152a (35.0/65.0)	A2	N/A°	-39.3	-24.0	-39.6	-31.1
493A	R-290/600a/600 (9.4/30.9 /59.7)	A3	N/A°	8.8	-20.5	-12.9	-6.4
493B	R-290/600a/600 (11.8/29.1/59.1)	A3	N/A°	5.9	19.4	-14.5	-7.0
493C	R-290/600a/600 (15.1/28.3/56.6)	A3	N/A°	1.9	17.8	-16.7	-7.9
494A	R-744/152a/13I1 (4.0/60.0/36.0)	A2	N/A°	-51.3	-17.5	-46.3	-27.5
494B	R-744/152a/13I1 (4.0/38.0/58.0)	A2L	N/A°	-54.9	-20.6	-48.3	-29.2
495A	R-32/1234yff/134a/1234ze(E) (4.5/76.0/9.0/10.5)	A2L	N/A°	-32.1	-23.3	-35.6	-30.7
496A	R-14/23/116 (18.0/37.8/44.2)	A1	N/A°	-170.0	-131.0	-112.0	-90.6
497A	R-1270/13I1 (15.0/85.0)	A2	N/A°	-30.5	-20.2	-34.7	-29.0
498A	R-170/290/13I1 (7.0/8.0/85.0)	A3	N/A°	-76.9	-28.3	-60.5	-33.5
499A	R-170/290 (8.0/92.0)	A3	N/A°	-65.2	-48.0	-54.0	-44.5
4101A	R-32/152a/13I1 (11.0/30.5/58.5)	A2L	N/A°	-38.2	-24.7	-39.0	-31.5
4102A	R-134a/1234ze(E)/1233zd(E) (10.0/60.0/30.0)	A1	N/A°	3.8	24.4	-15.7	-4.2

Refrigerant Blends				
Num. ^a	Composition (Mass %) ^a	Safety Group ^a	Global Warming Potential (GWP ₁₀₀ ^b)	Normal Boiling Point °F (°C) ^a
Azeotropes				
511A	R-290/E170 (95.0/5.0)	A3	5	-43.7 (-42.1)
512A	R-134a/152a (5.0/95.0)	A2	196	-11.2 (-24.0)
513A	R-1234yf ₁ /134a (56.0/44.0)	A1	573	-20.6 (-29.2)
513B	R-1234yf ₁ /134a (58.5/41.5)	A1	N/A ^c	-20.6 (-29.2)
514A	R-1336mzz(Z)/1130(E) (74.7/25.3)	B1	N/A ^c	84.2 (29.0)
515A	R-1234ze(E)/227ea (88.0/12.0)	A1	N/A ^c	-2.0 (-18.9)
515B	R-1234ze(E)/227ea (91.1/8.9)	A1	N/A ^c	-2.3 (-19.0)
516A	R-1234yf ₁ /134a/152a (77.5/8.5/14.0)	A2L	N/A ^c	-20.9 (-29.4)

a. Kaynak: ASHRAE Standardı 34

b. Kaynak: 2021 ASHRAE El Kitabı—Temel Bilgiler

c. “N/A”, ASHRAE El Kitabı—Temel Bilgiler’de halihazırda GWP bilgisi bulunmayan bir soğutucuyu belirtir. Bu soğutucu akışkanların bazılarına ilişkin veriler Soğutma Teknik Seçenekler Komitesi raporlarında bulunabilir veya karışımlar için GWP, saf bileşiklerin GWP’sinden hesaplanabilir.

Bu listenin eksiksiz veya kesin olması amaçlanmamıştır. Soğutucu akışkan tanımlamaları ve güvenlik sınıflandırmaları hakkında eksiksiz bilgi için lütfen ASHRAE Standard 34’ün en son baskısına ve yayınlanan tüm eklerine bakabilirsiniz.

ASHRAE ve UNEP İş birliği

OzonAction-Law Bölümü tarafından temsil edilen Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) ve ASHRAE, soğutma ve iklimlendirme paydaşlarına (devlet, özel sektör ve kamu) profesyonel teknik hizmetler sağlamaya yönelik teknik iş birliği ve karşılıklı koordinasyon kurmak için bir Mutabakat Zaptı imzaladı. Kuruluşlar, ilgili güncel teknik bilgi ve standartların uygun şekilde tanıtılmasını ve teşvik edilmesini sağlamak için çalışmaktadır. ASHRAE, 57,000’den fazla bireysel üyesi olan dünya çapında bir teknik topluluktur.

Kaynak: UN-ASHRAE Factsheet 1- Update on New Refrigerants Designations and Safety Classifications, August 2023.

KAYNAKLAR

ASHRAE, 2002: 2002 ASHRAE Handbook – Refrigeration, (SI edition). American Society of Heating, Refrigeration and Air-conditioning Engineers Inc., Atlanta, GA, USA.

ASHRAE, 2010. Refrigeration Handbook, chapter 3, Atlanta.

ANSI/ASHRAE Standard 15-2013, Safety Standard for Refrigeration Systems, 2013. American Society of Heating, Refrigeration, and Air-conditioning Engineers (ASHRAE), Atlanta, GA, USA.

ANSI/ASHRAE Standard 34-2013 Designation and Safety Classification of Refrigerants.

Allgood, C. C., Lawson, C. C., 2010. Performance of R-438A in R-22 Refrigeration and Air Conditioning Systems". Proc. Int. Refrig. and Air Condition. Conf. at Purdue, West Lafayette, IN, USA.

Arias, J. and Lundqvist, P., 1999. Innovative System Design in Supermarkets for the 21st Century. Proceedings of the 20th International Congress of Refrigeration, Sydney, Australia, 19-24 September 1999.

Arias, J. and Lundqvist, P., 2001. Comparison of Recent Refrigeration Systems in Supermarkets. Proceedings of the 6th Ibero-American Congress of Air-Conditioning and Refrigeration, Buenos Aires, Argentina, 14-17 August, 2001.

Arias, J. and Lundqvist, P., 2002. Heat Recovery in Recent Refrigeration Systems in Supermarkets. Proceedings of the 7th International Energy Agency Heat Pump Conference 2002: Heat Pumps – Better by Nature, Beijing, China, 19-22 May 2002. IEA Heat Pump Centre, Sittard, The Netherlands.

Anderson, S.O., Baker J., Craig T., Kapoor S.H., 2013. The New Business Case For Secondary Loop Mobile AC Systems In Climates with High Fuel Prices and Long, Hot and Humid Cooling Seasons, ATA Mobile Air Conditioning and Thermal System Workshop, Turin 2013.

Atkinson, W., Hope, B., 2012. Service Issues Related to Using Blend Refrigerant in Mobile Air Conditioning Systems. SAE, TMSS, Scottsdale 2012.

Bolaji, B.O., 2011. Performance investigation of ozone-friendly R404A and R507 refrigerants as alternatives to R22 in a window air-conditioner. Energy and Buildings 43 (11), pp. 3139-3143.

Barve, A., Cremaschi, L., 2012. Drop-in Performance of Low GWP Refrigerants in a Heat Pump System for Residential Applications. Proc. Int. Refrig. and Air Condition. Conf. at Purdue, West Lafayette, IN, USA.

Bailer, P. and Pietrucha, U., 2006. Design and Application of Ammonia Heat Pump Systems for Heating and Cooling of Non-residential Buildings. 10th International Symposium on District Heating and Cooling, Hannover.

Bertoldi, P., 2003. The European End-Use Energy Efficiency Potential and the Needed Policies. European Commission, DG JRC, Presentation at Fondazione Eni Enrico Mattei, Milan, Italy, December 8, 2003 (<http://www.feem.it/NR/Feem/resources/pdf/cop9/20031208/Bertoldi.pdf>).

Bivens, D. B., Denison, G., 1996. Energy efficiency potential of HCFC-22 alternatives, Heat pumping technologies towards the next century: applications and markets. Proceedings of the 5th IEA Conference.

Boone, J., Adsorption Chiller, UNEP/IIR 14th European Conference on Renewable Energy Applications in Heating and Cooling, Edinburgh, 2011.

Bosco, R., Weber, G., 2008. Challenges on the Development of a CO₂ Compressor Focusing on Structural Strength and Reliability. Proc. 8th IIR Gustav Lorentzen Conference on Natural Working Fluids, Copenhagen, Denmark.

Bitzer, 2012. Refrigerant Report 17, A-501-17, BITZER Kühlmaschinenbau GmbH, Eschenbrünnlestraße 15, 71065 Sindelfingen, Germany.

- Brohan, P., et al., 2006. Uncertainty estimates in regional and global observed temperature changes: A new dataset from 1850. *J. Geophys. Res.*, 111, D12106, doi:10.1029/2005JD006548.
- Calm, J.M., Didion, D.A., 1997. Trade-offs in refrigerant selections – past, present, and future. In: *Refrigerants for the 21st Century* (Proceedings of the ASHRAE/NIST Conference, Gaithersburg, MD, USA).
- Calm, J.M., 2002. Emissions and environmental impacts from air- conditioning and refrigeration systems. *International Journal of Refrigeration* 25 (3), 293–305.
- Calm, J. M., 2008. The next generation of refrigerants - Historical review, considerations, and outlook. *Int. J. Refrig.*, 31, 1123–1133.
- Calm, J.M., 2011. “Refrigerants for deep mine refrigeration”, *Proc. IIR Congress*, Prague.
- Calm, J.M., 2011. Refrigerants for Deep Mine Refrigeration, Refrigerants for Sustainable Development, Proceedings of the 23rd International Congress of Refrigeration, Prague, Czech Republic, August 21-26, International Institute for Refrigeration, Paris, France, Paper 914.
- Calm, James M., 2012. Refrigerant transitions... again. In: *Proc. of ASHRAE/NIST Refrigerants Conference*.
- Carrier W.H., Waterfill R.W., 1924. Comparisons of thermodynamic characteristics of various refrigerating fluids. *Refrigeration Engineering*, 10, 415–425.
- Chen, Z., Gao, B., 2011. Research of Lubrication Oil Applying to R-290 Rotary Compressor. *Proc. IIF-IIR Int. Congr. Refrig.* Prague, Czech Republic.
- Chen, J., Li, H., Ji, C., Xi, L., 2011. Performance of a split-type air conditioner with natural refrigerant R1270 to replace R22. *Advanced Materials Research* 243-249, 4979-4982.
- Chen, J., Li, H., Xi, L., 2012. Performance of air cooled heat pump Air Conditioner with Natural Refrigerant R1270 and R290 to Replace R22. *Advanced Materials Research* 374-377, 484-487.
- Chen, Y., Pridasawas, W., and Lundqvist, P., 2010. Dynamic simulation of a solar-driven carbon dioxide transcritical power system for small scale combined heat and power production. *Solar Energy*, Vol. 84, pp. 1103–1110.
- Clodic, D. and Palandre L., 2004. Determination of Comparative HCFC and HFC Emission Profiles for the Foam and Refrigeration Sectors Until 2015. Part 1: Refrigerant Emission Profiles. Centre d’Energetique (Ecole des Mines de Paris/Armines), Report for US EPA and ADEME, 132 pp.
- Colbourne, D., Hühren, R., Rajadhyaksha, D., De Souza, L., Sahu, A., 2013. Refrigerant leakage control for R-290 in split type refrigeration and air conditioning systems. *Proc. IIF-IIR, Compressors 2013: 8th International Conference on Compressors and Coolants*, Papiernicka, Slovakia.
- Crombie, D., 1999. New Technologies Allow Radical Energy Savings in Seagoing Container Refrigeration Systems. Proceedings of the 20th International Congress of Refrigeration, Sydney, Australia, 19-24 September 1999.
- Crawford, T., Uselton, D., 2012. Test Report #4 System Drop-in Test of Refrigerant R-32 in Split System Heat Pump. Air-conditioning, Heating, and Refrigeration Institute (AHRI) LowGWP Alternative Refrigerants Evaluation Programme (LowGWP AREP), Arlington, USA.
- Craig, T., 2007. Secondary Loop system for small cars - The Perspective of an European Car Manufacturer, Turin, Italy, 2007.
- CTI (Cryo-Trans, Inc.), 2004. Cryo-Trans, Inc. webpage: www.cryotrans.com/history2.htm.
- Cube, H.L., Steimle, F., Lotz, H., and Kunis, J., (eds.), 1997. *Lehrbuch der Kältetechnik* – Vol. 2, C.F. Müller Verlag, Heidelberg, Germany, 4th Edition, 850 pp.
- Dorin, C., 2001. CO₂ Compressors and Equipment Use and Availability. *Proc. IX Convegno Europeo* – Politecnico di Milano, Italy.

Downing, R.C., 1966. History of the organic fluorine industry. In: Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology, second ed., vol. 9. John Wiley and Sons, Incorporated, New York, NY, USA, pp. 704–707.

Downing, R.C., 1984. Development of chlorofluoro-carbon refrigerants. ASHRAE Transactions. American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE), Atlanta, GA, USA, 90 (2B), 481–491.

EC, 2003. European Energy and Transport Trends to 2030. European Commission, Directorate-General for Energy and Transport, brussels, Belgium. http://europa.eu.int/comm/dgs/energy_transport/figures/trends_2030/index_en.htm

ECCJ (Energy Conservation Center Japan), 2004. Website of the Energy Conservation Center Japan, Tokyo, Japan. http://www.eccj.or.jp/index_e.html, http://www.eccj.or.jp/summary/local0303_eng/03-01.html, http://www.eccj.or.jp/databook/2002-2003e/03_04.html, http://www.eccj.or.jp/databook/2002-2003e/03_05.html

EIA, 2004. Annual Energy Outlook 2004 with Projections to 2025– Market Trends – Energy Demand. Energy Information Administration, US Department of Energy, Washington, DC, USA <http://www.eia.doe.gov/oiaf/aeo/>

EN 378: 2000. Specification for Refrigerating Systems and Heat Pumps. Safety and Environmental Requirements – Part1 Basic Requirements, Definitions, Classification and Selection Criteria.

EN 378: 2008. Refrigerating Systems and Heat Pumps – Safety and Environmental Requirements. Part 1 Basic Requirements, Definitions, Classification and Selection Criteria.

EN 378: 2016. Refrigerating Systems and Heat Pumps. Safety and Environmental Requirements. Part 1 Basic Requirements, Definitions, Classification and Selection Criteria.

ERI (Energy Research Institute), 2003. China's Sustainable Energy Future – Scenarios of Energy and Carbon Emissions. Energy Research Institute of the National Development and reform commission, People's Republic of China, with Lawrence Berkeley National Laboratory, USA [Sinton, J.E., J.I. Lewis, M.D. Levine, Z. Yuezhong (eds.)] http://china.lbl.gov/pubs/china_scenarios_summary_final.pdf

Eberwein, B., 2011. Zukunftsfähige Busklimatisierung. Berliner Verkehrsbetriebe AöR, Fachgespräch, Berlin, Germany, March 15, 2011.

Elbel, S., Hrnjak, P., 2008. Ejector Refrigeration: An Overview of Historical and Present. Developments with and Emphasis on Air-Conditioning Applications; Proc. Int. Refrig. and Air Condition. Conf. at Purdue, West Lafayette, IN, USA.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), 2002. The State of the World Fisheries and Aquaculture, Rome, Italy, pp. 23.

Fujitaka, A., Shimizu, T., Sato, S., Kawabe, Y., 2010. Application of Low Global Warming Potential Refrigerants for Room Air Conditioner. Proc. Int. Symposium on Next Generation Air Conditioning and Refrigeration Technology, Tokyo, Japan.

Geyer, S., Wertenbach, J., 2013. CO₂-Klimaanlagen: Der Integrationsaufwand ist erheblich. Interview, VDI Nachrichten, Nr. 45, November 8, 2013.

Gloël, J., Oppelt, D., Becker, C., Heubes, J. 2014. Market trends in selected refrigeration and air conditioning subsectors. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, Eschborn, Germany.

Guo, W., Ji, G. F., Zhan, H. H., Wang, D., 2012. R-32 Compressor for Air conditioning and Refrigeration applications in China. Proc. Int. Refrig. and Air Condition. Conf. at Purdue, West Lafayette, IN, USA.

Han, X-H, Qiu, Y., Li, P., Xu, Y-J., Wang, Q., Chen, G-M., 2012. Cycle performance studies on HFC-161 in a small-scale refrigeration system as an alternative refrigerant to HFC-410A. Energy and Buildings, Vol. 44, 33–38.

Hara, H., Ohno, M., Iwata, I., 2010. Experimental Study of Low GWP Refrigerants for Room Air-Conditioners. Proc. Int. Symp. on Next Generation Air Conditioning and Refrigeration Technology, Tokyo, Japan, 2010.

Hafner, A., Garski, D. J., Manzione, J., 2008. Air Reversing R-744 Air Conditioning System; Proc. 8th IIF-IIR Gustav Lorentzen Conference on Natural Working Fluids, Copenhagen, Denmark.

Hochhaus, K.H., 1998. Reefer container ships and reefer containers. Sea Transportation. Fruit World International, 3(1998), 198- 204.

Hochhaus, K.H., 2002. Reefer deliveries in the doldrums. Sea Transportation. Fruit World International, 3(2002), 210-216.

Hochhaus, K.H., 2003. Australia service, change in refrigerated container system. Sea Transportation, Fruit World International, 1(2003), 39-46.

Horrocks, P., 2006. EU F-gases Regulation and MAC Directive, ECCP-1 Review. European Commission Environment Directorate, Brussels, Belgium (01.03.06).

Hundy, G.F., 1998. Application of Scroll Compressors for Supermarket Refrigeration. Proceedings of the IMechE Seminar "Design, Selection and Operation of Refrigerator and Heat Pump Compressors", London.

Hutchins, G., 2005. "Mission Critical Cooling" Institute of Refrigeration Annual Conference, London.

Hubacher, B., Groll, E., Hoffinger, C., 2002. Performance Measurements of a Semi-Hermetic Carbon Dioxide Compressor, Proc. Int. Refrig. and Air Condition. Conf. at Purdue, West Lafayette, IN, USA.

IEA, 2003a: IEA National Presentation for Sweden by Peter Rohlin, Swedish Energy Agency.

IEA, 2004: Test Procedure and Seasonal Performance Calculation for Residential Heat Pumps with Combined Space and Domestic Hot Water Heating. Interim Report IEA HPP Annex 28, [Wemhöner, C. and Th. Afjei (eds.)], University of Applied Sciences Basel, Institute of Energy, Basel Switzerland, February 2004.

IIR, 2003: 16th Informatory Note on Refrigerating Technologies, Refrigerated Transport: Progress Achieved and Challenges to Be Met. International Institute of Refrigeration (IIR/IIF), Paris, France.

International Congress of Refrigeration, Washington, DC, USA, 17-22 August 2003. International Institute of Refrigeration (IIR/IIF), Paris, France.

Ibrahim, A.G., Fleming, J.S., 2003. Performance Assessment of a Transcritical CO₂ Heat Pump using a Reciprocating Compressor. Proc. IIF-IIR Int. Congr. Refrig., Washington, D.C., USA.

IPCC/TEAP, 2005. IPCC Special Report on Safeguarding the Ozone Layer and Global Climate System—Issues related to Hydrofluorocarbons and Perfluorocarbons, Bert Metz, Lambert Kuijpers, Susan Solomon, Stephen O. Andersen, Ogunlade Davidson, José Pons, David de Jager, Tahl Kestin, Martin Manning, and Leo Meyer (Eds.) Cambridge University Press, UK.

IPCC 2006, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds). Published: IGES, Japan. In Chapter 7: Emissions of Fluorinated Substitutes for Ozone Depleting Substances; Volume 3: Industrial Processes and Product Use.

ISL, 2011 Shipping Statistics and Market Review, Volume 55, No 8 – 2011, Institute of Shipping Economics and Logistics.

ISL, 2012 Shipping Statistics and Market Review, Volume 56, No 1/2 – 2012, Institute of Shipping Economics and Logistics.

ISO 817: 1974 Organic Refrigerants – Number Designation.

ISO 817: 2014 Refrigerants — Designation and Safety Classification.

Jakobsen, A., Skiple, T., NeksÅ, P., Wachenfeldt, B. and Skaugen, G., 2007. Development of a reversible CO₂ residential air conditioning system. Proc. IIF-IIR 22nd Int. Congr. Refrig., Beijing, China.

Jahn, E., Lausen, D., and Paul, J., 1996. Cooling of Mines with Vacuum Ice, Proceedings of the FRIGA'96 Conference, Johannesburg, South Africa.

JARN, 2002b: World Air Conditioning Market, 2001. Japan Air Conditioning, Heating & Refrigeration News. Serial No. 403S25, August 2002.

Jensen, S.S., 1996. Conversion from HCFC-22 to R717, Practical Experiences from three Industrial Plants, Proc IIR Conf Applications for Refrigerants, Aarhus.

Johansen, B., 2008. Applications and Experience with Natural Refrigerants Carbon Dioxide/ CO₂ and Hydrocarbon R-1270. Proc. 8th IIF-IIR Gustav Lorentzen Conference on Natural Working Fluids, Copenhagen, Denmark.

Kaiser, C., Tegethoff, W., Koehler, J., and Sonnekalb, M., 2012. Verbrauchseffiziente Regelungs- und Verschaltungskonzepte für Omnibusklimaanlagen. Deutsche Kälte-Klima-Tagung, DKV Conference Proceedings, Würzburg, Germany, November 2012.

Kauffeld, M. and Christensen, K.G., 1998. A New Energy-efficient Reefer Container Concept Using Carbon Dioxide as Refrigerant. Proceedings of the IIR Gustav Lorentzen Conference – Natural Working Fluids, 2-5 June 1998, Oslo, Norway.

Kauffeld, 2013, Trends and perspectives in supermarket refrigeration EC. Europa.

Kasayer, E. Bou Lawz and Clodic, D., 2008. ID Analysis of CO₂ Sub-Cooled/Supercritical Ejector Refrigeration Cycle: Experimental Results. Proc. 8th IIF-IIR Gustav Lorentzen Conference on Natural Working Fluids, Copenhagen, Denmark.

Karber, K.M., Abdelaziz, O., Vineyard, E.A., 2012. Experimental Performance of R-1234yf and R-1234ze as Drop-in Replacements for R-134a in Domestic Refrigerators, International Refrigeration and Air Conditioning Conference at Purdue.

Koyama, S., Xue, J., Takata, N., Kuwahara K., 2008. An Experimental Study of the Cooling Performance of a CO₂ Cycle with an Internal Heat Exchanger. Proc. 8th IIF-IIR Gustav Lorentzen Conference on Natural Working Fluids, Copenhagen, Denmark.

Kohlenberger, C., 1995. "Gas Turbine Inlet Air Cooling and the Effect on a Westinghouse 501D5 CT", Proceedings of the International Gas Turbine and Aeroengine Congress & Exposition, Paper No. 95-GT-284, ASME, New York.

Koehler, J., Raabe, G., Schulze, C., and Tegethoff, W. J., 2013. Transient Simulation of Mobile R-445A Air Conditioning Systems – From the Molecules to the System. SAE, TMSS, Troy, MI, USA, 2013.

Kontomaris, K., Leck, T.J., 2009. Low GWP Refrigerants for Centrifugal Chillers, American Society of Heating, Refrigeration, and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE), 2009 Annual Conference, Louisville, KY, USA, June 24.

Kontomaris, K., and Leck, T.J., 2010. Low GWP Refrigerants for Air Conditioning of Large Buildings, 10th REHVA World Congress, Sustainable Energy Use in Buildings, Antalya, Turkey, May 9-12.

Kontomaris, K., Leck, T.J., and Hughes, J., 2010. A NonFlammable, Reduced GWP, HF-C-134a Replacement in Centrifugal Chillers: DR-11, 13th International Refrigeration and Air-Conditioning Conference, Purdue University, Lafayette, IN, USA, July 12-15.

Kontomaris, K., 2010. A Low GWP Replacement for HCFC-123 in Centrifugal Chillers: DR-2, American Society of Heating, Refrigeration, and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE) and United Nations Environmental Programme (UNEP) Conference, Road to Climate Friendly Chillers – Moving Beyond CFCs and HCFCs, Cairo, Egypt, September 30-October 1.

Kontomaris, K., Kulankara, S., and Kauffman, J.P., A Reduced Global Warming Potential

Replacement for HFC-134a in Centrifugal Chillers: XP-10 Measured Performance and Projected Climate Impact, HVAC&R Research, 19(7) p. 857-864.

Kossel, R., 2011. Hybride Simulation thermischer Systeme am Beispiel eines Reisebusses. PhD Thesis. University of Braunschweig, 2011.

Kopecka, M., Hegar, M., Sulc, V. and Berge, J., 2013. System Drop-In Tests of Refrigerant Blends N-13a and AC5 in Bus Air-Conditioning Unit Designed for R-134a. Test Report #12, Air-Conditioning, Heating, and Refrigeration Institute (AHRI) Low-GWP Alternative Refrigerants Evaluation Program (Low-GWP AREP), Arlington, VA, USA.

Kopecka M., Hegar, M., Sulc, V. and Berge, J., 2013. System Drop-In Tests of Refrigerant Blends L-20 and D52Y in Bus Air-Conditioning Unit Designed for R-407C. Test Report #13, Air-Conditioning, Heating, and Refrigeration Institute (AHRI) Low-GWP Alternative Refrigerants Evaluation Program (Low-GWP AREP), Arlington, VA, USA.

König, 2013a , König, H., Enkemann, T., 2013. Risk assessment and standards survey for use of flammable refrigerants in transport refrigeration applications, 2nd IIR Int. Conference on Sustainability and the Cold Chain, Paris, France.

Lang, D., 1999: Customer Demands Unfreeze Potential of Refrigerated Trailers. Transport Topics News from website: www.ttnews.com/members/printEdition/0002015.html.

Lawton and Cavalier, 2012. Risk Inherent in the Use of Counterfeit Refrigerants, 23rd Informatory Note on Refrigeration Technologies, IIR.

Leck, T., Hydutsky, B., 2013. Laboratory Studies of Stability of Low GWP Refrigerants. Proc. IIF-IIR Thermophysical and Transport Properties Conference, Technical University of Delft, The Netherlands.

Leck, T.J., Kontomaris, K., and Rinne, F., 2010. Development and Evaluation of High Performance, Low GWP Refrigerants for AC and Refrigeration, Conference on Sustainable Refrigeration and Heat Pump Technology, Royal Institute of Technology (KTH), Stockholm, Sweden, June 13-16.

Leighton, 2011. Investigation of household refrigerator with alternative low global warming potential refrigerants, Thesis Faculty of the Graduate School of the University of Maryland, College Park, USA.

Leighton D., Rugh J. P., 2014. EDV range improvement using a combined fluid loop thermal management strategy, SAE, TMSS Thermal Management Systems Symposium, Denver, CO, USA.

Leisenheimer, B., 2013. CO₂: Greenhouse Gas or Alternative Natural Refrigerant? ATA Mobile Air Conditioning and Thermal System Workshop, Turin, Italy.

Lemke, J., 2014. Energetische Bewertung von Pkw-Klimaanlagensystemen mit Sekundärkreisläufen. PhD Thesis, University of Braunschweig.

Li, H., and Rajewski, T. E., 2000. Experimental Study of Lubrication Candidates for the CO₂ Refrigeration System. Proc. 4th IIR–Gustav Lorentzen Conference on Natural Working Fluids, Purdue University, West Lafayette, IN, USA.

Li, D., Groll, E. A., 2000. Performance of a Carbon Dioxide-Based Environmental Control Unit (ECU) for the US Army. Proc. Int. Refrig. and Air Condition. Conf. at Purdue, West Lafayette, IN, USA.

Li, X. Z., 2013. Optimization of heat transfer for high glide blend refrigerants in MAC heat exchangers. SAE, TMSS, Troy, MI, USA.

Lin, K., Jin, T-X., Zhang, J., You, S-Y., Liu, Y., Zheng, Z-Y., 2010. Experiment on performance of Residential Air Conditioner with R-1270 to replace R-22. J. Refrig., Vol 31(3), 33-36.

Linton, J. W., Snelson, W. K., Hearty, P. F., 2000. Performance of R-22, R-407C and R-410A at Constant Cooling Capacity in a 10.0 SEER 10.5 kW residential central heat pump. Proc. Int. Refrig. and Air Condition. Conf. at Purdue, West Lafayette, IN, USA.

- Lundqvist, P., 2000. Recent refrigeration equipment trends in supermarkets: energy efficiency as leading edge. *Bulletin of the International Institute of Refrigeration*, 5/2000, 2-29.
- Madsen, K., 2009. Living without HFCs: the Danish Experience, Institute of Refrigeration, London, UK.
- Malvicino C., Seccardini R., 2012. Thermal Systems Integration for Fuel Economy - TIFFE - Transport Research Arena - Europe 2012, <http://www.tiffe.eu/>.
- Messineo, A., Rocca, V.L., Panno, G., 2012. On-site experimental study of HCFC-22 substitution with HFCs refrigerants. *Energy Procedia* 14, pp. 32-38.
- Midgley, T. J., 1937. From the periodic table to production. *Ind. Eng. Chem.*, 29, 241-244.
- Midgley, T., Henne, A. L., 1930. Organic fluorides as refrigerants. *Ind. Eng. Chem.*, 22, 542-545
- Mitri, M., Lavante, A., 2013. Device and Method for utilizing the waste heat of an internal combustion engine, in particular for utilizing the waste heat of a vehicle engine. International patent application, WO2013/079218 A2.
- Minor, B., Sulc, V., Berge, J., Kolda, M. and Hegar M., 2014. R-404A Alternative with Low Compressor Discharge Temperature, 15th Int. Refrigeration and Air Conditioning Conference at Purdue, July 14-17, paper #2175.
- Mota-Babloni, A., Navarro-Esbrí, J., Barragán, Á., Molés, F., Peris, B., 2014. Theoretical comparison of low GWP alternatives for different refrigeration configurations taking R404A as baseline, *Int. Journal of Refrigeration*, Vol. 44, August, pp. 81-90.
- Muller, R. and Eggers, R., 2008. Heat Transfer Characteristics of CO₂-Oil Mixtures. *Proc. 8th IIF-IIR Gustav Lorentzen Conference on Natural Working Fluids*, Copenhagen, Denmark.
- Nekså, P., Rekstad, H., Zakeri, G.R. and Schiefloe, P.A., 1998. CO₂ - heat pump water heater: characteristics, system design and experimental results, *Int. J. Refrig.* Vol. 21, No. 3, pp.172-179.
- Nekså, P., 2002. CO₂ Heat Pumps, *International Journal of Refrigeration*, Vol 25, Issue 4, p 421-427.
- Nekså, P., Walnum H. T., Hafner A., 2010. CO₂ - A refrigerant from the past with prospects of being one of the main refrigerants in the future. *Proc. 9th IIR Gustav Lorentzen Conference on Natural Working Fluids*, Sydney, Australia.
- Nielsen, P.S., 2000. Effects of Water Contamination in Ammonia Refrigeration Systems, Danfoss, Nordborg.
- Nørstebø, A., 2013. District Heating and Cooling based on large Heat Pumps, *Proc. HPP Workshop*, Oslo.
- NZFS New Zealand Fire Service, 2008. Report No F128045, Inquiry into the Explosion and Fire at Icepak Coolstores, Tamahere, on 5 April 2008, Wellington.
- Olama, M. A., 2011. "The National Survey for HCFC based refrigerants for Refrigeration Systems in the Kingdom of Saudi Arabia", UNIDO.
- Ophir, A., 2008. Mechanical Heat Pumps Using Water as Refrigerant for Ice Production and Air Conditioning, presentation, International District Energy Association (IDEA), 99th Annual Convention in Orlando, FL, Westborough, MA, USA.
- Ota, R., Araki, K., 2010. Properties of refrigerant/oil mixtures for low GWP refrigerants. *Proc. Int. Symposium on Next Generation Air Conditioning and Refrigeration Technology*, Tokyo, Japan.
- Padalkar, A. S., Mali, K. V., Devotta S., 2011. Prospective of HFC-161 as an Alternative to HCFC-22 in Air Conditioners. *Proc. IIF-IIR Int. Congr. Refrig.*, Prague, Czech Republic.
- Palandre, L., D. Clodic, and L. Kuijpers, 2004. HCFCs and HFCs emissions from the refrigerating systems for the period 2004-2015. *Proceedings of the 15th Annual Earth Technologies Forum*, April 13-15, 2004, Washington, D.C., USA.

Palm, B., 2008. Hydrocarbons as refrigerants in small heat pump and refrigeration systems-a review, *Int. J. of Refrigeration* 31.

Park, K. J., Lee, Y., Jung, D., 2010. Performance of R170/R1270 mixture under air-conditioning and heat pumping conditions. *Journal of Mechanical Science and Technology* 24 (4), pp. 879-885.

Park, K. J., Shim, Y. B., Jung, D., 2009. A 'drop-in' refrigerant R431A for replacing HCFC22 in residential air-conditioners and heat pumps. *Energy Conversion and Management* 50 (7), pp. 1671-1675.

Park, K. J., Shim, Y. B., Jung, D., 2009. Experimental performance of R432A to replace R22 in residential air-conditioners and heat pumps. *Applied Thermal Engineering* 29 (2-3), pp. 597-600.

Paul, J., 1999. Novel Transport Cooling System Utilizing Liquid, Pumpable Ice. Proceedings of the 20th International Congress of Refrigeration, Sydney, Australia.

Paul Waide, Sietze van der Sluis, Thomas Michineau, CLASP Commercial refrigeration equipment: mapping and benchmarking, January 2014.

Pearson, A., 2008. Ammonia's Future, *ASHRAE Journal*, American Society of Heating, Refrigerating, and Air Conditioning Engineers (ASHRAE), Atlanta, GA, USA, 50(2): 30-36.

Pearson, A., 2008. Water Chillers with Ammonia for Building Services, Natural Refrigerants - Sustainable Ozone and Climate Friendly Alternatives to HCFCs, published by German Technical Cooperation Programme Proklima, German Federal Ministry for Economic Cooperation and Development, Bonn, Germany, July.

Pearson, A., 2009. Calculating Freezing Times in Blast and Plate Freezers, *Proc Int. Institute of Ammonia Refrigeration Annual Meeting*, Dallas.

Pearson, A., 2012. Opportunities for Ammonia, *ASHRAE/NIST Refrigerants Conference*, NIST, Gaithersburg, MD USA, American Society of Heating, Refrigeration, and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE), Atlanta, GA, USA, October 29-30.

Pedersen, P.H., 2008. Christensen, B.: Development and test of Bottle Coolers with Natural Refrigerants, 8th IIR Gustav Lorentzen Conference on Natural Working Fluids, Copenhagen.

Pelsemaeker, G., 2013. R-744 refrigerant new Perspective, *ATA Mobile Air Conditioning and Thermal System Workshop*, Turin, Italy.

Peral-Antunez, E., 2011. Recent Experiences in MAC System Development, *New Alternative Refrigerant Assessment*. SAE, ARSS, Scottsdale, AZ, USA.

Peral-Antunez, E., 2012. MAC Refrigerant Blend Cooperative Research Program Update. SAE, TMSS, Scottsdale, AZ, USA.

Peral-Antunez, E., 2013. MAC Refrigerant Blend Cooperative Research Program Phase III update & final conclusions. SAE, TMSS, Troy, MI, USA.

Peral-Antunez, E., Kikuchi, K., and Furumaya, T., 2014. Renault and Nissan overview on R-445A (AC-6) as MAC refrigerant. SAE, TMSS, Denver, CO, USA.

Peuker, J., Hrnjak, P., 2008. Investigation to Improve Efficiency of Transcritical R744 Two-Stage Vapour Compression Systems. *Proc. Int. Refrig. and Air Condition. Conf. at Purdue*, West Lafayette, IN, USA.

Pham, H., Rajendran, R., 2012. R-32 and HFOs as Low-GWP Refrigerants for Air Conditioning. *Proc. Int. Refrig. and Air Condition. Conf. at Purdue*, West Lafayette, IN, USA.

Piao, C-C, Taira, S., Moriwaki, M., Tanimoto, K., Mochizuki, K., Nakai, A., 2012. Alternatives to High GWP HFC Refrigerants: Residential and Small Commercial Unitary Equipment. *Proc. 2012 ASHRAE/NIST Refrigerants Conference*, Gaithersburg, USA.

Preißinger, M., Heberle, F., Brüggemann, D., 2012. Thermodynamic analysis of double-stage biomass fired Organic Rankine Cycle for micro-cogeneration. *Int. J. Energy Res.*

Rayner, N.A., et al., 2006. Improved analyses of changes and uncertainties in sea surface temperature measured in situ since the mid-nineteenth century: the HadSST2 dataset. *J. Clim.*, 19, 446–469.

Refrigerants Naturally, 2014 <http://www.refrigerantsnaturally.com/statements/unilever.htm>.

Sarraf, G., Fayad, W., El Sayed, T., Monette, S-P., 2012. “Unlocking the Potential of District Cooling – The Need for GCC Governments to Take Action”, Booz and Co, Chicago.

SCANVAC, (Nordic Council), 2001. Alternative to HCFC as refrigerant in shipping vessels. SCANVAC, 1/2001, 4-5.

Schlösser, C., 2012. System drop-in Test of L-40, L-41a and N-40b in Ice Machines. AHRI/AREP Test report, 2.

Schwarz, W., 2007. Establishment of Leakage Rates of Mobile Air Conditioners in Heavy Duty Vehicles, Part 2 Buses and Coaches. Final Report (ENV.C.1/SER/2005/0091r) http://ec.europa.eu/clima/policies/f-gas/docs/4_study_leakage_rates_buses_en.pdf.

Schwarz et al., 2011. Preparatory study for a review of Regulation (EC) No 842/2006 on certain fluorinated greenhouse gases.

Schultz, K., Kujak, S., 2013. System drop-in Tests of R-22 Alternative Fluids (ARM-32, DR-7, L-20, LTR4X, LTR6A, and D52Y in a 5-RT Air-Cooled Water Chiller (Cooling Mode). AHRI/AREP Test report.

Schirra, P., 2011. Einsatz einer Klimaanlage mit CO₂ als Kältemittel in einem Linienbus der Saar-Pfalz-Bus GmbH. Saar-Pfalz-Bus GmbH, Fachgespräch, Berlin, Germany.

Seeton, C., 2006. Lubricants for CO₂, USNC/IIR Short Course, Purdue University, West Lafayette, IN, USA.

Sethi, A., 2013. Low GWP Replacements for R-410A in Air Conditioning Applications. Proc. 2013 ASHRAE Summer Meeting, Denver, CO, USA.

Sethi, A., Yana Motta, S., Becerra, E. V., Spatz, M. W., 2014. Low GWP Refrigerants for Air Conditioning Applications. Proc. Int. Refrig. and Air Conditioning Conf. at Purdue, West Lafayette, IN, USA.

Sheer, T.J., Butterworth, M.D., and Ramsden, R., 2001. Ice as a Coolant for Deep Mines, Chapter 52, Proceedings of the 7th International Mine Ventilation Congress, Research and Development Center for Electrical Engineering and Automation in Mining, Krakow, Poland, June.

Shecco, 2014. Guide 2014: Natural refrigerants continued growth & innovation in Europe , Guide available at www.R744.com.

Shigeharu T, Ryuzaburo Y, Shigeru K., 2001. The Performance Evaluation of Room Air Conditioner using R32 In the Case of Cooling and Heating Mode, Trans JSRAE, Vol.18; No.3.

Sinclair, J., 1999. Refrigerated Transportation. Witherby Publishers, London, United Kingdom, 151 pp.

Solemdal, Y., Eikevik, T., Tolstorebrov, I. and Veiby, O., 2014. “CO₂ as a refrigerant for cooling of data-center: a case study”, Proc GL2014, IIR, Hangzhou.

Sonnekalb, M., 2012. Energy-efficient heating and air-conditioning on buses. Conference Smart Automotive Climate Control, Wiesbaden, Germany.

Solaris press release 2012. Solaris Urbino electric: The Future of Electric Public Transport is Now Available in Standard City Bus Length. IAA Commercial Vehicles, Hannover, Germany.

Spatz, M.W., 2008. Latest Developments in Refrigerants for A/C&R Applications, The International Symposium on New Refrigerants and Environmental Technology 2008. Kobe, Japan, November 20-21.

Statistical Handbook 2012. EU Transport in Figures, Statistical Handbook 2012 <http://bookshop.europa.eu/en/eu-transport-in-figures-pbMIAA12001>.

Stera, A.C., 1999. Long Distance Refrigerated Transport into the Third Millennium. Proceedings of the 20th International Congress of Refrigeration, Sydney, Australia.

Stene, J., 2008. Design and Application of Ammonia Heat Pump Systems for Heating and Cooling of Non-Residential Buildings” Proc GL2008, IIR, Copenhagen.

Stene, J., 2008. SINTEF Energy Research, Department of Energy Processes, Norway, CO₂ Heat Pump System for Space Heating and Hot Water Heating in Low-Energy Houses and Passive Houses, 8th IIR Gustav Lorentzen Conference on Natural Working Fluids.

Steiner, A., 2014. Untersuchung von Konzepten zur Innenraumkonditionierung von Fahrzeugen mit Elektroantrieben unter Berücksichtigung des Energieverbrauchs., PhD Thesis, University of Graz.

Strupp, N., C., 2011. Betriebsverhalten von Verflüssigern in automobilen Kältekreisläufen. PhD Thesis. University of Braunschweig.

Suess, J., Rasmussen, R.D., Jakobsen, A., 2000. Impact of Refrigerant Fluid Properties on the Compressor Selection. International Compressor Engineering Conference. Purdue UniversityUSA. Paper 1388.

UNEP, 2003. 2002 Report of the Refrigeration, Air Conditioning and Heat Pumps Technical Options Committee – 2002 Assessment. [L. Kuijpers (ed.)]. UNEP Ozone Secretariat, Nairobi, Kenya.

UNEP 2006. Report of the Refrigeration, Air Conditioning and Heat Pumps Technical Options Committee, Chapter 3, Domestic Refrigeration (2006 Assessment).

UNEP, 2007a. Report of the Task Force on HCFC Issues (with Particular Focus on the Impact of the Clean Development Mechanism) and Emissions Reduction Benefits arising from Earlier HCFC Phase-out and Other Practical Measures. United Nations Environment Programme. July 2007. Available at: http://ozone.unep.org/Assessment_Panels/TEAP/Reports/TEAP_Reports/TEAP-TaskForce-HCFC-Aug2007.pdf

UNEP, 2007b. 2006 Report of the Refrigeration, Air Conditioning, and Heat Pumps Technical Options Committee, 2006 Assessment. United Nations Environment Programme. January 2007. Kenya, Nairobi. UNEP Technology and Economic Assessment Panel Task Force Decision XXI/9 Report, “Assessment of HCFC’s and Environmentally Sound Alternatives Paragraph 2C,” (May 2007).

UNEP, 2003. Handbook for the International Treaties for the Protection of the Ozone Layer. Sixth Edition. United Nations Environment Programme, Ozone Secretariat. Available at: <http://www.unep.org/Ozone/pdfs/Handbook-2003.pdf>.

UNEP, 2010. Manual for Refrigeration Servicing Technicians. Available at: <https://www.unep.org/resources/report/manual-refrigeration-and-air-conditioning-technicians-and-engineers-post-phase-out>.

UNEP, 2010. Report of the refrigeration, air conditioning and heat pumps technical options committee.

UNEP, 2014. Report of the refrigeration, air conditioning and heat pumps technical options committee.

UNFCCC, 1998. Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change. United Nations Framework Convention on Climate Change, Bonn, Germany.

UNFCCC, 2013. Status of Ratification of the Kyoto Protocol. United Nations Framework Convention on Climate Change, Bonn, Germany. Accessed 17 December 2013 at <http://unfccc.int>.

US EPA, 2012a. Final Rulemaking: Protection of the Stratospheric Ozone: New Substitute in the Motor Vehicle Air Conditioning Sector under the Significant New Alternatives Policy (SNAP) Program. United States Environmental Protection Agency, Washington DC, USA. <http://www.epa.gov>.

Vartiainen, J. and Salmi, J., 2011. “District Cooling in Helsinki”, Helsingin Energia, Helsinki.

Valentin, B., 1999. Limitation des émissions dans les transports frigorifiques (Emission reduction in transport refrigeration). *Revue Général du Froid*, 992, 42-45 (in French).

Van Beek, M and Janssen, M., 2008. R-744 compared to R-290 in small freezer applications, 8th IIR Gustav Lorentzen Conference on Natural Working Fluids, Copenhagen.

Viegas, H., 2003. Liquid Carbon Dioxide Transport Refrigeration System. Proceedings of the 21st International Congress of Refrigeration, Washington, DC, USA, 17-22 August 2003. International Institute of Refrigeration (IIR/IIF), Paris, France.

VW press rel., 2013. Volkswagen press release, 2013. Volkswagen to use CO₂ as future refrigerant for air conditioning systems. Wolfsburg, Germany, https://www.volkswagen-mediaservices.com/medias_publish/ms/content/en/pressemitteilungen/2013/03/08/volkswagen_to_use.standard.gid-oeffentlichkeit.html, March 8, 2013.

Wang, H., Ma, Y., Li, M. X., Zhao, L., 2008. Performance Comparison of Transcritical CO₂ Single Compression and Two Stage Compression Cycle with Intercooler. Proc. 8th IIF-IIR Gustav Lorentzen Conference on Natural Working Fluids, Copenhagen, Denmark.

Wild, Y., 2003. Der Einsatz von Kühlcontainern im Seetransport. Proceedings of the Annual Conference of the Deutsche Kälte und Klimatechnischer Verein e.V. (DKV), Bonn, November 2003 (in German).

Wu, J.H., Yang, L.D., Hou, J., 2012. Experimental performance study of a small wall room air conditioner retrofitted with R290 and R1270. Int. J. Refrig. 35 (7), 1860-1868.

Wu, Y. Liang, X-F., Tu, X-P., Zhuang, R., 2012. Study of R161 Refrigerant for Residential Air-conditioning Applications. Proc. Int. Refrig. and Air Condition. Conf. at Purdue, West Lafayette, IN, USA.

Xie, Y. B., Sun, G., 2008. Thermodynamic Analysis of CO₂ Supercritical Two-Stage Compression Refrigeration Cycle. Proc. Int. Refrig. and Air Condition. Conf. at Purdue, West Lafayette, IN, USA.

Yajima, R., Kita K., Taira S., Domyo N., 2000. R32 as a Solution for Energy Conservation and Low Emission. Proc. Int. Refrig. and Air Condition. Conf. at Purdue, West Lafayette, IN, USA.

Yoshida, Y., K. Yoshimura, R. Kato and S. Hiodoshi, 2003. Development of Scroll Compressors with the High Performance Used for Marine Container Refrigeration Unit. Proceedings of the 21st

Youbi-Idrissi, M., Bonjour, J., Terrier, M., 2003. Solubility of CO₂ in a Synthetic Oil. Proc. 21st IIF-IIR Int. Congr. Refrig., Washington D.C., USA.

Soğutucu
Akışkanların
Yönetimi

Teşekkür
Ederiz!

*SOSİAD öncülüğünde bu kitabın yayımlanması için
destek olan sponsor firmalara teşekkürlerimizle;*



Notlar:

