

Hava koşullandırma sistemlerinin küresel ısınmaya etkisini etkin bir şekilde değerlendirmek için doğrudan ve dolaylı etkileri birlikte dikkate almak gerekir. Buradan hareketle, araştırmacılar Toplam Çevresel Isıtma Etkisi (TEWI) kavramını geliştirmişlerdir. TEWI aşağıda açıklandığı gibi tanımlanır;

$$TEWI = (GWP \times L \times n) + (GWP \times m [1 - \alpha_{\text{gerikazanım}}]) + (n \times E_{\text{yillik}} \times B)$$

GWP	= Küresel Isıtma Potansiyeli	[CO ₂ ile ilişkili]
L	= Yıllık Sızıntı Miktarı	[kg]
n	= Sistemin Çalışma Ömrü	[Yıl]
m	= Soğutucu Akışkan Miktarı	[kg]
$\alpha_{\text{gerikazanım}}$	= Geri Dönüşüm Faktörü	
E_{yillik}	= Yıllık Enerji Tüketimi	[kWs]
B	= kWs elektrik başına CO ₂ emisyonu	

Bir hava koşullandırma fabrikası için Toplam Çevresel Isınma Etkisi'ne olan doğrudan ve dolaylı katkının göreceli önemini belirlemek amacı ile bir çok çalışma yapılmıştır.

Gopalnarayanan (1999) R22 yerine kullanılabilir sekiz değişik soğutucu akışkan üzerinde deneme yaptı. Deneme sonuçları, denenen bütün akışkanlar için normal çalışma koşullarında soğutucu akışkanın doğrudan Küresel Isıtma Potansiyeli'nin (GWP), Toplam Çevresel Isıtma Etkisi'nin (TEWI) %7'sinden az olduğunu ortaya çıkardı. (Bu çalışmalarda, 1 yıl içinde kullanılan soğutucu akışkanın %4'ünün sızıntı nedeni ile kaybedildiği varsayıldı).

Bu demektir ki, Toplam Küresel Isıtma Etkisi'nin belirlenmesinde, sistemin enerji veriminin dolaylı etkisi soğutucu akışkanın doğrudan Küresel Isıtma Potansiyeli'nden 13 kat daha önemlidir.

Değişik yöntem ve varsayımlar birbirinden, az da olsa, farklı sonuçlar verse de mesaj çok açıktır. Neredeyse bütün hava koşullandırma sistemlerinde, küresel ısınma etkisini azaltmak için çabalar sistemin enerji verimini arttırmak yolundaki çalışmalar üzerine yoğunlaştırılmalıdır. Soğutucu akışkan seçimi, sistem verimini etkilediği için önemlidir. Soğutucu akışkanın doğrudan küresel ısıtma potansiyeli ise ikinci derecede önemlidir.

ÇEVREYLE İLGİLİ YASAL DÜZENLEMELER

Montreal Protokolü

1983 yılında Avrupa - İskandinav ülkeleri ile Amerika arasında aerosol spreylerde CFC kullanımı konusunda müzakereler başladı. Montreal Protokolü 1987 sonbaharında imzalandı. Protokol, bilim ve endüstrideki gelişmelere göre bir çok kez revize edildi. Her revizyona komitenin toplandığı şehrin adı verildi. Aralık 1992'de Kopenhag'da yapılan ikinci revizyonda, CFC kullanımının zaman içinde aşamalı olarak bırakılması konusunda kesin karar alındı ve HCFC kullanımına da ilk kez kontrol getirildi. Bu anlaşma, dünya genel CFC kullanımının %95'ini temsil eden yüzden fazla ülke tarafından imzalandı. Protokolü imzalamayan ülkelere CFC ve halon ticareti yasağı konuldu. Mayıs 1993'de metil klorür ve karbon tetraklorür gibi halokarbon çözücülerin ihracatı da bu kapsama alındı.

1995 Viyana toplantısında metil bromür üretim ve kullanımının 2010 yılına kadar aşamalı olarak bırakılmasına karar verildi. HCFC kullanımı ile ilgili daha sıkı kontroller benimsendi. Ayrıca, gelişmekte olan ülkelerde de 2010 yılına kadar CFC ve halon kullanımının aşamalı olarak bırakılması kararı alındı.

1997 yılındaki dokuzuncu toplantıda, gelişmekte olan ülkeler için CFC ve ilgili halokarbonların kullanımının 2030 yılına kadar aşamalı olarak bırakılmasına karar verildi. Ek olarak, CFC'nin başka bir soğutucu akışkan ile değiştirilmesi ile ilgili teknolojilerin ülkeler arasında paylaşılması zorunlu hale getirildi.

Avrupa Topluluğu dışında kalan gelişmiş ülkeler için HCFC kullanımının aşamalı olarak bırakılması gereken tarih, güncel olarak, 2030'dur.

Avrupa Birliği'nin Düzenlemeleri

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

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

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

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

- Soğutma kapasitesi 100 kW'dan büyük olan yalnızca soğutma yapan hava koşullandırma santrallerinde HCFC kullanımının yasaklanması, yürürlük 1 Ocak 2001.
- Soğutma kapasitesi 100 kW'dan küçük olan yalnızca soğutma yapan hava koşullandırma santrallerinde HCFC kullanımının yasaklanması, yürürlük 1 Temmuz 2002.
- Ters çevrimli ısı pompalı hava koşullandırma santrallerinde HCFC kullanımının yasaklanması, yürürlük 1 Ocak 2004.

Küresel Isınma ve İklim Değişimi ile ilgili Kyoto Protokolü

1980'lerin sonlarındaki kaotik ortam iklim değişikliği ile ilgili uluslararası bilinci harekete geçirerek 1922 yılında Brezilya Rio De Janeiro'da Dünya Zirvesi olarak da anılan Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Konferansı (UNCED)'nin toplanmasını sağladı. Dünya Zirvesi'nde 154 ülke, Rio Anlaşması olarak bilinen İklim Değişimi ile İlgili Birleşmiş Milletler Çerçeve Anlaşması (UNFCCC) onayladı.

Bu anlaşma ile gelişmiş ülkeler CO₂ ve diğer sera gazı emisyon oranlarını 2000 yılına kadar 1990 seviyesine çekecekleri konusunda gönüllü olarak taahhütte bulundular. Ancak, bu anlaşma gönüllü olduğu için başarısızlığa uğradı.

Aralık 1997'de 161 ülkeden 2200 delegenin katılımı ile Japonya, Kyoto'da daha başarılı bir anlaşma yapılması için bir girişimde daha bulunuldu. Kyoto Protokolü'nde, 38 gelişmiş ülkeden sera gazı emisyonlarını 2008-2012 yılları arasında ortalama olarak 1990 seviyesinin %5,2 altına indirmeleri istendi. Protokolde gelişmekte olan ülkelere azaltma beklenmiyor, ancak emisyon alışverişine izin veriliyordu. Örneğin, bir ülke sera gazı emisyon limitinin altında ise ekstra emisyon limitini kendi limitini aşmış olan bir ülkeye satabilir. Sera gazı emisyonuna en fazla katkısı olan Amerika Birleşik Devletleri'nin, Kyoto anlaşmasını reddetmesi nedeniyle başarılı olacağı şüphelidir.

US Temiz Hava Bildirgesi

Aralık 1990'da düzeltilmiş federal Temiz Hava Yasası yürürlüğe girdi. Bu düzenleme ile "Stratosferik Ozon Koruma" olarak adlandırılan bölüm (Başlık IV) yasaya eklendi. Bu bölümle, Çevresel Koruma Ajansı'na (EPA) 1. ve 2. sınıf halokarbon kullanan endüstrileri etkileyecek düzenlemeler yazma görevi verildi. Bileşikler, ozon aşındırma etkisine göre 1. ya da 2. sınıfa dahil edilir. Yasada 1.sınıf bileşiklerin kullanımının 2000 yılına kadar aşamalı olarak bırakılmasını için öngörülen US programı açıklandı ve 2.sınıf bileşiklerin geri kazanım ve dökümantasyonu ile ilgili düzenlemeler de daha sıkı hale getirildi.

Buna ek olarak 1989, 1990 Çok Maddeli Uzlaşma Yasası ve 1990 Taban Stok Vergisi Kongreleri ile listelenmiş CFC ve halonların ithalatı, stoklanması ve kullanılması ile ilgili ek vergiler getirildi. Değişik Yasalar Vergisi, kullanılan maddenin miktarı ve içerdiği ozon aşındırma etkisine göre belirlendi. Böylece üreticiler ozon tabakasına daha az zararlı halokarbon kullanmaya özendirildiler.

SOĞUTUCU AKIŞKAN PERFORMANSI

Tek Bileşenli Soğutucu Akışkanlar

Bir soğutucu akışkanın termodinamik özelliklerinin analiz edilmesi ile teorik performansını önceden tahmin etmek mümkündür. Her soğutucu akışkanın sayısal özellik değerlerinin diğerlerinden farklı olmasına rağmen, hepsi basınç-entalpi diyagramında benzer karakterde doyma eğrisine sahiptir. Böyle tipik bir basınç-entalpi (p-h) diyagramı Şekil 1.'de gösterilmiştir.

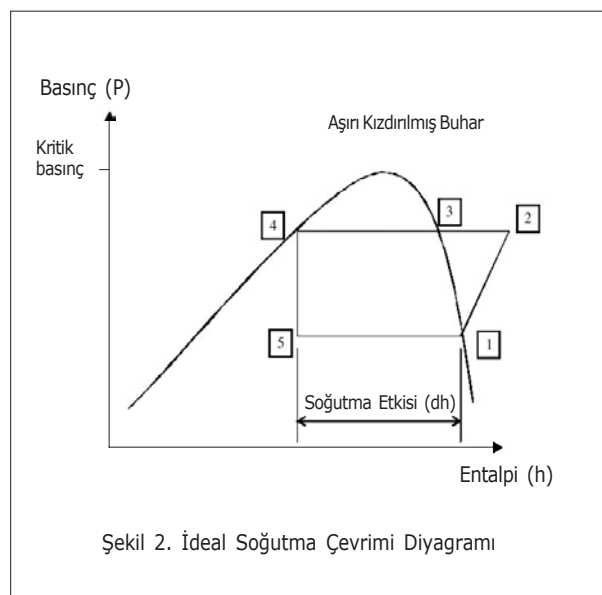
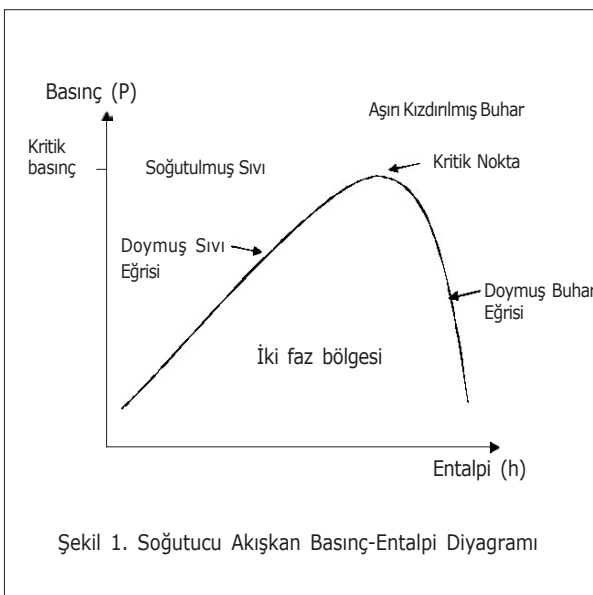
Soldaki doymuş sıvı eğrisi ile sağdaki doymuş buhar eğrisi "kritik nokta"da çakışır. Bu noktada sıcaklık ve basınç sabittir. Temel ve ideal soğutma çevrimi p-h diyagramında Şekil 2'de gösterildiği gibi üst üste getirilebilir.

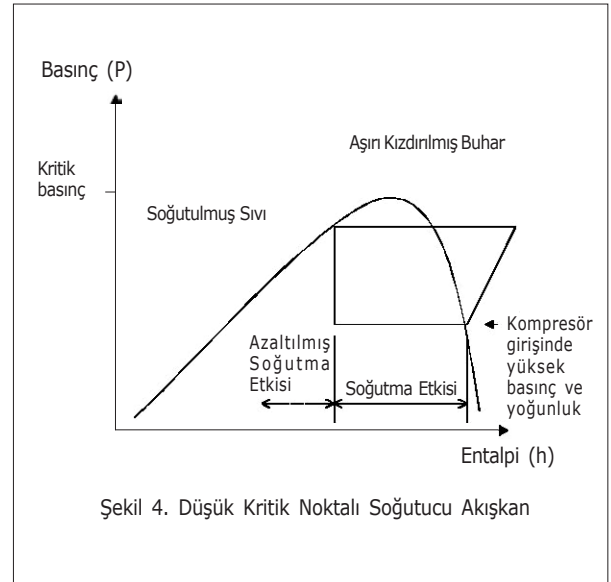
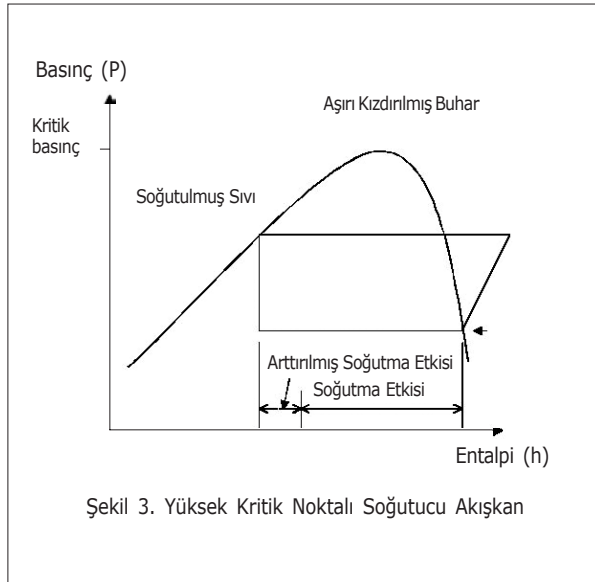
Doymuş buhar kompresör emişine 1. noktadan çekilir. Bu buhar sıkıştırılır, basınç ve sıcaklığı artırılır ve 2. noktadan yoğunlaştırıcıya gönderilir. Buharın aşırı sıcaklığı alınır (3. noktaya kadar) ve doymuş buhardan doymuş sıvıya dönüştürülür (4. nokta).

Akışkan sabit entalpide yoğunlaştırıcı basıncından buharlaştırıcı basıncına doğru bir genişlemeye maruz kalır. Buharlaştırıcıya doymuş buhar ve doymuş sıvı karışımı olarak ulaşır (5. nokta). Çevrimi tekrarlamak için kompresöre geri dönen doymuş sıvı buharlaştırmak için ısı ilavesi gerekir.

İdeal çevrimin çalışma sıcaklıkları sabit tutulurken, soğutucu akışkanın kritik noktası yükseltirse, doyma eğrisi p-h diyagramını çevrime oranla daha yukarıya çıkarır. Emme basıncı kritik noktadan daha uzağa kayacağı için bu durum soğutucu akışkan buharının kompresöre girdiği noktada daha düşük bir yoğunluğa neden olur.

Soğutucu kompresörlerin çoğu pistonlu, vidalı, spiral, döner kompresörler gibi sabit hacimlidir. Bu nedenle, azaltılmış yoğunluk kütleli akışın azalmasına ve buna bağlı olarak soğutma kapasitesinin azalmasına neden olur. Bunun tersine, daha düşük kritik noktaya sahip bir soğutucu akışkan seçilmesi durumunda yoğunluk artacağından, kütleli akış ve buna bağlı olarak soğutma kapasitesi de artar.





Kritik noktadan uzaklaştıkça akışkan doyma eğrisinin eğimi artar. Çevrimin kritik noktadan uzakta devam ettirilmesi, yoğunlaştırıcı basıncından buharlaştırıcı basıncına izentalpik genişleme sırasında ani basınç düşümü nedeniyle (flash) daha az miktarda gaz oluşumuna neden olur. Bu durum, kütesel akışın her birimi için soğutma etkisini artırır. Böylece çevrimin verimi artar.

Kritik noktaya yakın bir mesafede çalışma ise ters bir etki yaparak verimin azalmasına neden olur. Bu etki Şekil 3 ve Şekil 4'de grafik olarak gösterilmiştir.

Sonuç olarak, soğutucu akışkan verimi ile kapasitesi arasında bir ilişki olduğu genelleme yapılabilir. Bunlardan birincisi akışkanın kritik basıncı (ve sıcaklığı) ile orantılıken diğeri ters orantılıdır. Dolayısıyla, bütün uygulamalar için uygun olan tek bir akışkan yoktur (Didion 1999, McLinden 1988).

Tablo 1'de gösterilen özellikler çizelgesini göz önüne alınırsa, bu basit tahminlerin gerçeğe oldukça yakın olduklarını görürüz. R410A en düşük kritik noktaya, en düşük teorik çevrim verimine, ancak en yüksek soğutma kapasitesine sahiptir. R134a en yüksek kritik noktaya, en yüksek teorik verime ancak en düşük soğutma etkisine sahiptir.

	R22	R134a	R407c	R410A
Kritik Sıcaklık	96°C	101.1°C	86°C	72.5°C
Kapasite (R22'ye göre)	100	63	104	144
COP (R22'ye göre)	100	101	97	93.7

Tablo 1 - Soğutucu Akışkan Verimi ve Kritik Sıcaklık

Bu bulgu yeni değildir. Geçmişte de genellikle farklı işlemsel gereksinimler için uygun soğutucu akışkan, tek bileşen alternatifleri arasından seçilebiliyordu (R11, R12, R22 vs).

Ne yazık ki artık elimizdeki uygun akışkan seçenekleri ile bu pek mümkün olmadığından soğutucu akışkan karışımlarının kullanımı söz konusudur.

Soğutucu Akışkan Karışımları

Soğutucu akışkan karışımları kesinlikle yeni değildir. Bir çoğu, R502 örneği gibi, yıllardan beri sanayide kullanılmaktadır. Ancak R502 her bakımdan tek bileşen özelliklerine sahip oldukça az rastlanan bir karışım örneğidir. Bu özelliği gösteren karışımlar için "azeotrop" terimi kullanılır.

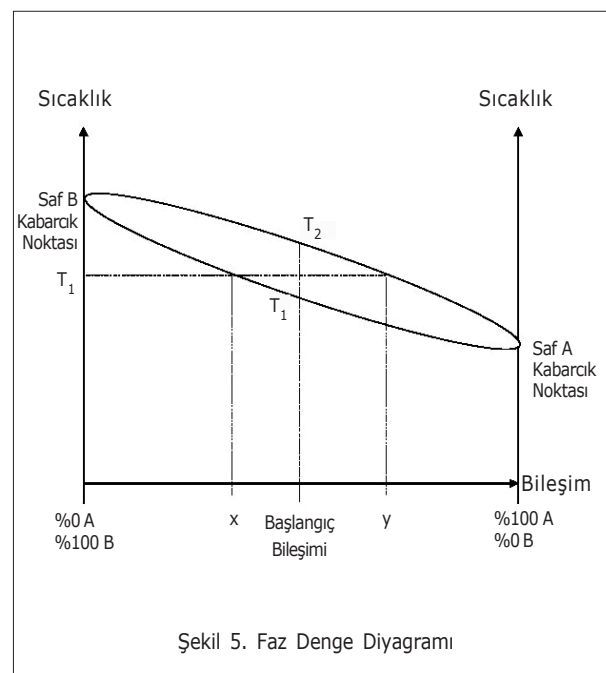
Buna karşılık, karışımların büyük çoğunluğu tek bileşene benzerlik göstermez. Bunlar için de "zeotrop" terimi kullanılır.

Verilen bir basınçtaki sabit sıcaklıkta faz değiştiren saf bileşimlerin ve azeotropların tersine bütün zeotroplar bir sıcaklık aralığı boyunca faz değiştirirler. Yani, zeotroplar çığ noktası sıcaklığı (yoğunlaşma sırasında ilk sıvı damlasının oluştuğu sıcaklık) ile kabarcık noktası sıcaklığı (kaynama sırasında ilk gaz kabarcığının oluştuğu sıcaklık) arasında bir fark gösterirler. Bu sıcaklık farkına "sıcaklık kayması" denilir.

Sıcaklık kayması, zeotropik karışımdaki bileşenlerin kaynama noktalarının farklı olmasının bir sonucudur. Bu sonuç zeotropik karışım faz değiştirdiğinde bileşim oranının da değişeceği anlamına gelir.

Bu eğilim en iyi şekilde bileşim faz çizelgesi üzerinde gösterilebilir.

Şekil 5'de karışımın ilk bileşimi ile bağlantılı olarak T1 sıcaklığı kabarcık noktası, T2 sıcaklığı ise çığ noktasıdır. T1 ve T2 noktası arasındaki fark ise kaymadır.



Faz değişimi sırasında, herhangi bir T1 ara sıcaklık değerinde faz denge çizelgesine bakılırsa, kalan sıvı içindeki en uçucu bileşenin oranı x değerine inerken, en az uçucu bileşenin oranının y değerine çıktığı görülecektir.

Bileşim oranındaki bu değişim nedeni ile hem sıvı hem de buhar içeren bir sistemin herhangi bir yerindeki bir sızıntı, karışımın işlemel bileşimini ve dolayısı ile sistemin performansını kalıcı olarak değiştirir. Zeotropların bileşim oranı değişme özelliği, çalışma sırasında akışkanın büyük kısmının sıvı halde kaldığı uygulamalarda da zorluklara neden olur. Yani, belli bir zaman içinde yükün sadece küçük bir kısmı sistemde dolaşıyorsa, dolaşan akışkanın bileşiminin ve dolayısıyla sistem performansının tahmin edilmesi zor olur.

Bu sorun, böyle bir sistemin değişken bir yükte çalışmasının beklendiği ve işlem sırasında sıvı havuzunun bir değişken haline geldiği durumlarda daha da büyür. Bu nedenle zeotroplar taşmalı buharlaştırıcı kullanan üniteler (santrifuj soğutma grupları gibi) için uygun değildir.

Karışımlarda İki Fazlı Isı İletimi

Temel fiziksel özelliklerden ısı iletim performansının tahmin edilmesi yanlış bir yöntemdir. Ancak ısı iletim katsayısının işlevsel şeklinin özelliklere bağlı olarak ifade edildiği Dittus-Boelter eşitliğinden genel sonuçlar elde edilebilir.

Dittus-Boelter Eşitliği

$$h \sim k^{0.6} \left(\frac{c_p}{\mu} \right)^{0.4} \rho^{0.8}$$

Bu formülde:

- h = Isı iletim katsayısı (W/m²-K)
- k = Sıvının ısıl iletkenliği (W/m-K)
- Cp = Sabit basınçta özgül ısı (kJ/kg-K)
- μ = Akışkanlık (uPa-s)
- ρ = Yoğunluk (kg/m³)

Tablo 2'de bir grup soğutucu akışkan için hesaplanmış ısı iletim katsayıları gösterilmiştir. Bu tabloda R410A'nın özellikle yüksek özgül ısı kapasitesi ve düşük akışkanlığı ile en uygun performansı gösterdiği açıkça bellidir.

Şekil 6'da gösterildiği gibi, bağıl tahmini randıman değerleri, R407C dışında ölçülen değerlere mantıksal bir uygunluk gösterir.

Bütün zeotropik karışımların faz değiştirirken bileşenlerin oranları da değişeceği için fazların her birinde, özellikle sıvı-buhar ara fazında, bileşenler düzgün olmayan bir dağılım gösterir. Daha önce de işaret edildiği gibi, buharlaşma sırasında buhar ara fazına yaklaşıldığında sıvı içindeki en uçucu bileşenin oranında bir azalma olur. Daha uçucu olan akışkan buharlaşmadan önce daha az uçucu olan bileşenin içinden yayılmak zorunda kalır ve bu da buharlaşma işlemi yavaşlatır (Ross, et.al. 1987).

Zeotropik karışımların bu temel dezavantajı, ısı değiştirici (eşanjör) yapısının seçimi ile giderilebilir. Buharlaşma sırasında sıcaklık kayması, soğutucu akışkanın ortalama sıcaklığını, ısı değiştirici içindeki basınç kaybından doğan sıcaklık düşmesini dengeleyerek yükselmeye yönelir. Yoğuşturucuda sıcaklık kayması, ortalama sıcaklığın basınç kaybı nedeni ile düşmesine katkıda bulunur ve soğutucu akışkanın ortalama sıcaklığını belirgin bir şekilde azaltır.

Isı değiştiricinin geometrisine (dış akışkanın sıcaklık değişimine göre karşı akışlı ya da paralel akışlı) bağlı olarak ilave iç sıcaklık kaymaları sistem performansına zararlı ya da faydalı olabilir. Şekil 7'de su soğutmalı soğutucu akışkan yoğuşturucusu için bu etki açıklanmıştır.

Bu olay, R407C için uygun bir şekilde optimize edilen bir cihaz için neden paralel akışlı plakalı ısı değiştiricilerin kullanımının uygun olduğunu açıklar.

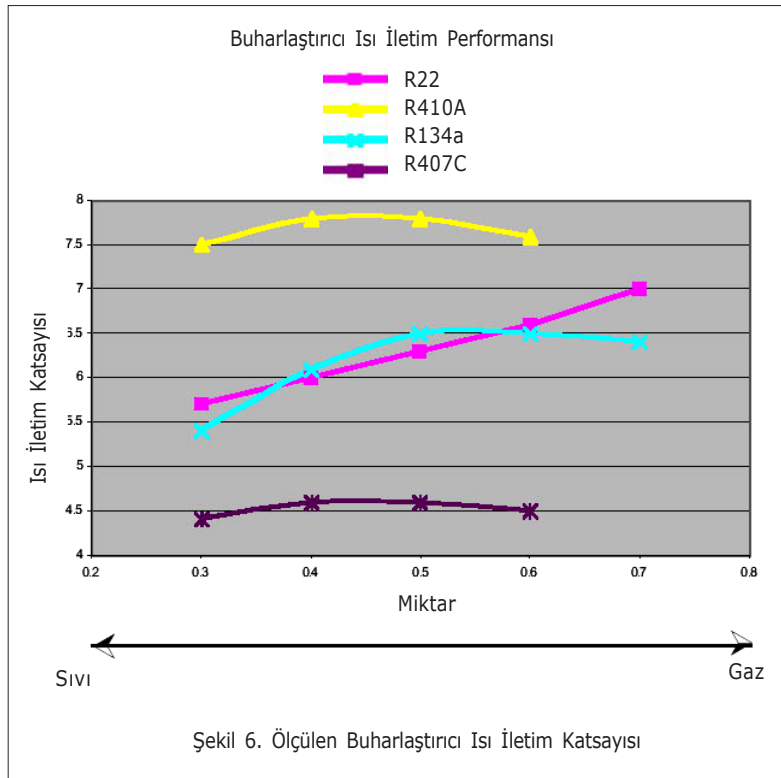
R22'nin Alternatifleri

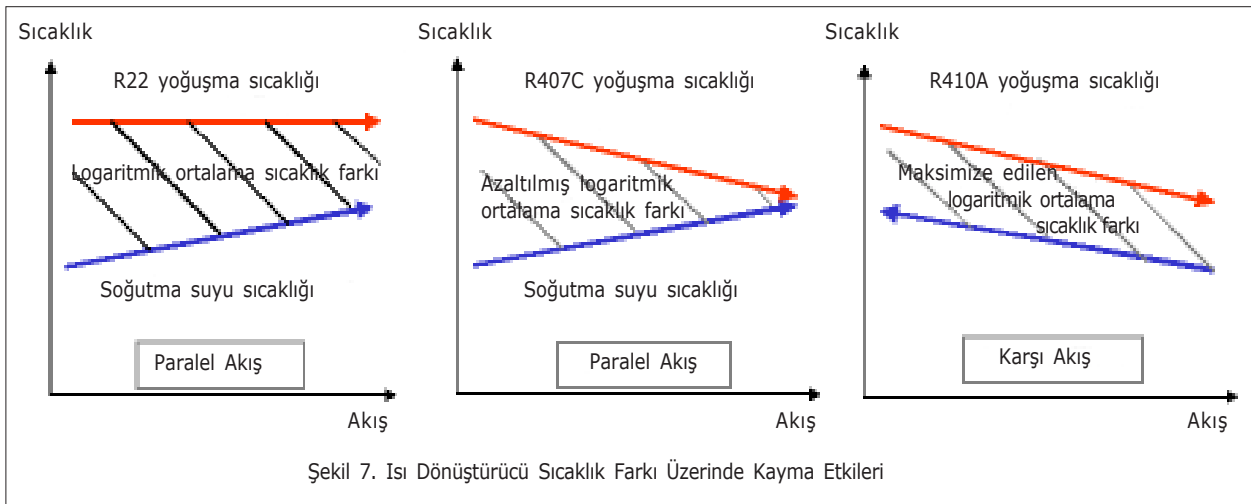
Paket tip hava koşullandırma cihazları ve soğutma gruplarında R22'nin yerine kullanılabilecek ideal bir akışkan olmadığını kabul ederek, seçim R134a, R407c ve R410a potansiyel seçenekleri arasından yapılmalıdır.

R134a basit bir madde olma avantajına sahiptir ve yüksek kritik sıcaklığı sayesinde iyi verim sağlar. Dezavantajı ise verilen bir soğutma kapasitesi için R22 ye göre oldukça büyük kompresör gerektirmesidir. Bu ilave kompresör kapasitesi ancak yaklaşık 500 kW üzerindeki soğutma kapasiteli bir soğutma grubu sistemi için ekonomik olarak karşılanabilir. 500 kW'ın altında bu ekonomik değildir ve başka alternatifler aranmalıdır.

Soğutucu Akışkan	R410A	R407C	R22	R134A
K (W/m-K)	0,100	0,102	0,100	0,093
Cp (kJ/kg-K)	1,472	1,371	1,152	1,337
μ (uPa-s)	166	230	234	270
ρ (kg/m ³)	1170	1235	1285	1295
h(W/m²-K)	10,80	9,74	9,17	8,87

Tablo 2 - Tahmini Isı İletim Performansı





R407c; R32, R125 ve R134a dan oluşan üçlü bir karışımdır (% 23,% 25,% 52). Buhar basıncı eğrisi R22'nin eğrisine çok yakındır. Ancak, 5 - 70C gibi göreceli olarak daha yüksek kaymaya sahiptir. Bu, temel ısı iletim performansı ile uyusur ve eğer performans doğru bir şekilde optimize edilirse ısı dönüştürücü tasarım zorlaşır. Faz değiştirme sırasında bileşim yapısındaki anlamlı bir değişiklik, yani soğutma sisteminde iki fazlı bölgeden bir sızıntının olması geri kalan soğutucu akışkan bileşiminin önemli miktarda değişeceği anlamına gelir.

R410A, R32 ve R125 den oluşan ikili bir karışımdır (% 50, % 50). Buhar basınçları R22'nin oldukça yüksektir ve bu nedenle "drop in" olarak kullanılamaz.

R410A'nın bileşenlerinin kaynama noktaları arasında sadece 3,6 °C fark olduğundan pratikte tek bileşenli bir soğutucu akışkan gibi davranır. Kullanımda R410A'nın kayması 0,1 °C'dan küçük olarak ölçüldüğü için ihmal edilebilir. Faz değişimi sırasında belirgin bir bileşim değişimi olmaması nedeni ile R410A mükemmel temel ısı iletim karakteristiği gösterir.

R410A, R407C'ye göre belirgin avantajlar sağlar. Ancak geçmişte uygun nitelikte kompresör ve soğutma çevrim elemanları olmadığı için yeni R410A sistemlerinin geliştirilmesine ihtiyaç duyulmuştur. Şimdi bu engel ortadan kalktığına göre, R410A'nın bir tasarım yarışına yol açması beklenmelidir.

R410A için Su Soğutma Grubu Tasarımı

R410A'nın avantajı yüksek kapasite ve iyi ısı iletimine dayandığı için sistemler bu faydaları çoğaltacak şekilde tasarlanacaktır.

R410A'nın yüksek kapasitesi, daha büyük bir R22 ünitesi ile aynı kapasiteye sahip daha küçük (dolayısı ile potansiyel olarak daha ucuz) kompresör kullanılmasını mümkün kılar. Tipik bir R22 ve R410A spiral (scroll) kompresör arasındaki fiziksel fark oldukça küçüktür ve aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- Daha kalın kompresör kasası
- Farklı iç basınç tahliye vanası
- Daha küçük spiral çark seti
- Daha küçük karşı denge ağırlıkları

Kompresörün izantropik verimi, R410A kullanan bir ünite için, daha küçük spiral çark seti, azaltılmış gaz sürtünme kayıpları ve daha düşük basınç oranı nedeni ile yaklaşık % 2 - 3 daha yüksektir (Tablo 3'e bakınız).

Soğutucu Akışkan	Basınç Oranı (tipik koşullarda)
R22	2,79
R407C	3,17
R410A	2,65

Tablo 3 - Tipik Soğutucu Akışkan Basınç Oranları

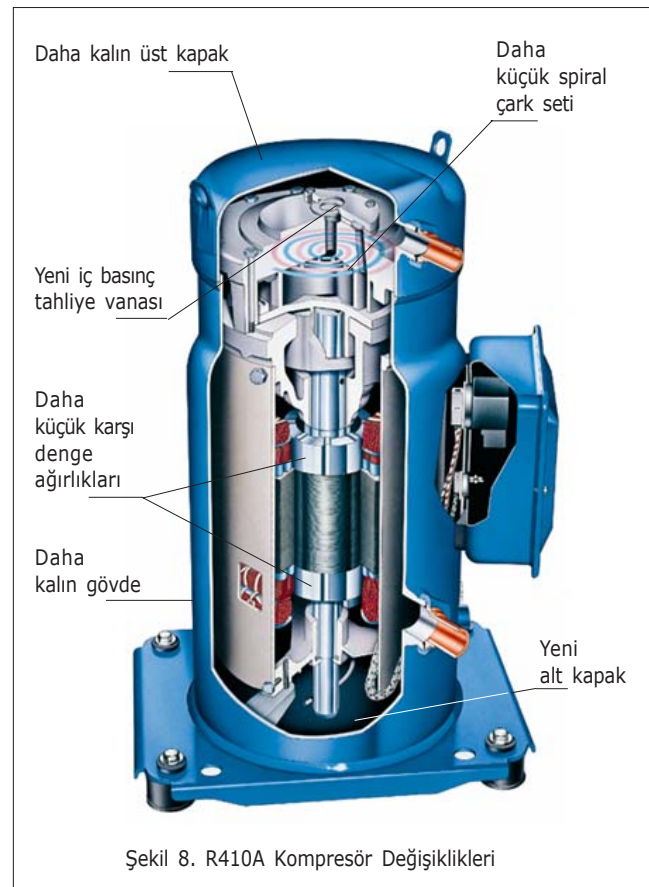
Isı değiştiricilerdeki değişikliklerden daha çok söz edilebilir.

R410A'nın geliştirilmiş ısı iletim katsayısı, ısı değiştiricilerin fiziksel olarak daha küçük olabilmelerine karşın yine de daha üstün performans gösterecekleri anlamına gelir.

R410A'nın daha düşük gaz akışı, ısı değiştiricilerin boru çaplarını 3/8"den 5/16"e düşürülmesini sağlar.

Hava soğutmalı bir yoğuşurucu bataryada bu küçülme, azaltılmış hava tarafı basınç kaybı ile daha küçük batarya bloğu ve soğutucu akışkan hacminde önemli bir azalma sağlar.

Doğal olarak ısı dönüştürücü tasarımı, boru geometrisinin ve soğutucu akışkan dolaşımının, aşırı basınç düşmesine yol açmadan, akışkanın Reynold sayısını maksimum yapacak şe-



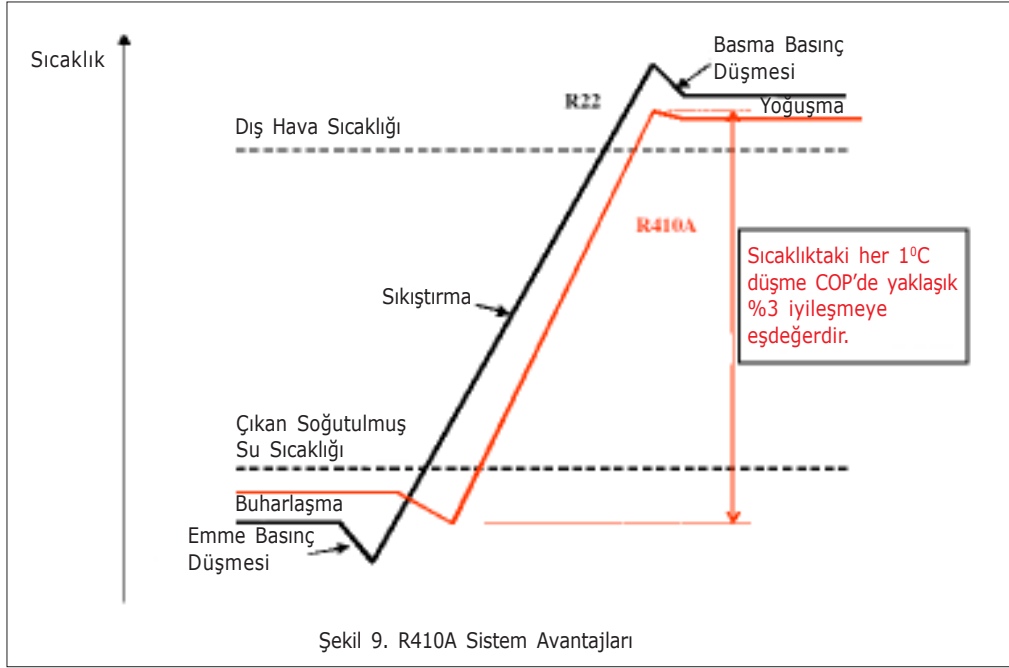
kilde (ısı iletim performansını korumak için) dikkatle optimizasyonunu gerektirir. Bunlar, emme ve yoğunlaşma basınçları üzerindeki ters etkileri nedeniyle çevrim doyum sıcaklığını etkileyerek sistem performansına katkıda bulunurlar.

Tablo 4'de gösterildiği gibi, daha yüksek buhar basıncına sahip soğutucu akışkanlar her bir birim basınç düşmesine karşın daha küçük doyma sıcaklık değişimine sahip olduklarından, R410A elverişli bir karakteristik sergiler (Kim et al. 1997).

Soğutucu Akışkan	Doyma Sıcaklığı Değişimi
R22	0.55 °C / 0.1 bar
R134A	0.77 °C / 0.1 bar
R410A	0.35 °C / 0.1 bar

Tablo 4 - Doyma Sıcaklığı / Basınç Duyarlılığı

R410A'nın avantajları en iyi Şekil 9'da gösterildiği gibi grafiksel olarak özetlenebilir. Geliştirilmiş ısı iletim performansı, daha yüksek buharlaşma sıcaklığı ve daha düşük yoğunlaşma sıcaklığı sonucunu doğurur. Daha düşük emme ve basma hat kayıpları, kompresör emme ve basma koşulları arasındaki sıcaklık farkını daha da azaltır. Geliştirilmiş kompresör verimi ile birlikte azaltılmış sıcaklık yükselmesi kompresör için daha küçük bir enerji girişi ve daha iyi ünite verimi sağlar.



ISI POMPALARI

Bir su soğutma grubu tasarımı için söz konusu olan bütün genel kriterler bir ısı pompası tasarımı için de geçerlidir.

R410A'nın iyi teorik performansı, mükemmel ısı transferi, düşük akış hacmi ve düşük basınç kaybı gibi avantajları birleşerek onu ısı pompalarında kullanım için de çok uygun hale getirirler.

Ancak, en büyük yararı sağlayan, ısı dönüştürücü tasarımının basitliğidir. Ticari olarak üretilen ısı pompalarının çoğunda, ünite ısıtma konumunda ters çevrimle çalışır. Bu durum buharlaştırıcının yoğunlaştırıcı olarak çalışmasını (ve tersini) gerektirir. Eğer bu dönüştürücüler daha önceden uygun bir kaymaya sahip bir soğutucu akışkan (bir zeotrop) ile asıl işlevi için kullanılmak üzere optimize edilmişse, ters çevrim işleminde iyi bir performans sağlamak imkansız olmasa bile çok zordur.

Önemli bir kayma, havadan suya çalışmalı ısı pompaları için başka işlemsel zorluk oluşturur. Isıtma konumunda ısı havadan elde edilir, sıcaklık yükseltilir ve su çevrimine iletilir. Çalışma süresinin pek çoğunda buharlaştırıcının bir kısmı donma noktası veya altında çalışır ve bu yüzden batarya yüzeyinde buzlanma olur. Genellikle çevrimi tersine çalıştırıp ısı değiştirici üzerinden sıcak hava üflenerek veya ek elektrikli ısıtıcılar kullanarak, periyodik olarak bu buzlanma giderilmelidir. Bu işlem, ısıtma çıkışındaki düşüş ve enerji girişindeki artış nedeni ile efektif ısı pompa verimini tehlikeye sokar.

Zeotropik bir soğutucu akışkan ile kayma buharlaşma sıcaklığını azaltır. Bu da buzlanma oluşumunu artırır ve üniteyi buz çözme işlemine (defrost) daha sık ve daha uzun süreler için girmeye zorlar. R410A etkili bir zeotrop olarak buz çözme işlemi için daha seyrek ve daha az zaman gerektirir ve ısı pompasının birleştirilmiş COP değerini anlamlı bir şekilde iyileştirir.

GÜVENLİK

Hava koşullandırma endüstrisinde 1920'de Thomas Midgley'in CFC'leri bulmasından bu yana zehirli olmayan ve kolay tutuşmayan soğutucu akışkanlar kullanılıyor.

Bu durum, ürün ve sistem tasarımcılarının bir kaza durumunda sonuçlarının kesinlikle sınırlı kalacağını bilmesinin sağladığı rahatlıkla, özgürce yeni ve etkili çözümler geliştirmelerine olanak sağladı.

Hava koşullandırma ve soğutucu akışkanların çevresel etkilerine karşı giderek artan duyarlılıkla bazı çevreler, insan yapımı, değişmeyen aynı yapıda kalan soğutucu akışkanlarının (HFC'lerin) kullanımına sınırlamalar veya yasaklar konulmasını savunmaya başladılar.

HFC'lerin doğrudan global ısıtma etkisine karşı bütün diğer yararları göz ardı edilerek çok sert önlemler alınması yolundaki tartışmalar gibi, çok gerçekçi değildir. Yasaklamaları savunanlar, çevresel olarak daha kabul edilebilir akışkanların çokca mevcut olduğunu ve HFC'lerin kullanılmasının gereksiz olduğunu belirtiyorlar.

Midgley ve daha sonrakilerin çalışmalarının gösterdiği gibi, soğutucu akışkan seçimi doğal olarak kesin bir şekilde sınırlanmıştır. Buhar sıkıştırma sistemleri için alternatifler sadece amonyak veya propan gibi hidrokarbonlardır. Bunların her ikisi de mükemmel soğutucu akışkanlardır. Ancak bazı belirgin dezavantajları vardır. Amonyak zehirleyici ve kolay tutuşan bir maddedir. Propan ise patlayıcıdır (1 kg propan, 1 kg TNT ile aynı patlama etkisine sahiptir).

Bu özellikler tasarımcılara ciddi sınırlamalar getirir. Bir Amerikalı dava avukatının sözleriyle:

"Söylemeliyim ki binanızın içine daha az tehlikeli bir alternatifi varken başka bir madde getiriyorsanız, bir sorun olduğunda ciddi bir şekilde sorgulanmanız gerekir".

Gerçekte çevresel ve güvenlik sorunlarının çözümü tek ve ayındır. Soğutucu akışkanı serbest bırakmamak. HFC'ler serbest bırakılmadığı durumda doğrudan küresel ısınmaya neden olmazlar. Amonyak sızıntı yapmazsa kimseyi zehirlemez. Hidrokarbonlar da yine serbest kalmazlarsa patlamaya yol açmazlar.

Bununla birlikte değişik opsiyonlarla bağlantılı olarak risk değerlendirmesi için tasarımcılara destek olmak amacıyla soğutucu akışkanlar ASHRAE tarafından tutuşabilirlik ve zehirleyici olma derecelerine göre sınıflandırılmışlardır.

Tutuşabilirlik

ASHRAE şeması üç sınıf tutuşabilirlik derecesi tanımlar; tutuşucu olmayan, tutuşucu ve yüksek derecede tutuşucu. Bu gruplar sırası ile 1, 2 ve 3 olarak numaralandırılmıştır. Her kategorinin sınırlarını tanımlamak için kullanılan tarifler ASHRAE tarafından değiştirilen ASTM E681 - 85 test prosedürüne dayandırılmıştır.

ASHRAE standardı 34, R410A'yı 1.grup, yani tutuşucu olmayan olarak sınıflandırır. Bu, maddenin 1 atmosfer basınç altında 17,80C'da herhangi bir konsantrasyonda tutuşucu olmadığı anlamına gelir.

Soğutucu akışkan R410A bir parlama noktasına sahip değildir ve bu nedenle parlama noktası ile ilgili US nakliye düzenlemeleri uygulanmaz. R410A'nın tutuşma sınırı yoktur ve DOT bunu tutuşucu olmayan madde olarak kabul eder. Underwriters Laboratory (UL) de R410A'yı pratikte tutuşucu olmayan olarak kabul eder.

Zehirlilik

ASHRAE standart 34 iki tip zehirlilik tanımlar. Birincisi (akut), bağıl olarak yüksek konsantrasyonlu bir soğutucu akışkana kısa süreli ve bir kez maruz kalma ile ortaya çıkan muhtemel kısa dönem zararlı etkilerle ilgilidir. Bu durum tipik olarak bir kaza sonucu serbest kalan soğutucu akışkana maruz kalma senaryosudur. İkincisi ise (kronik) bağıl olarak küçük konsantrasyonlu akışkana sık sık ve tekrar eden bir şekilde uzun süreli, maruz kalınması durumundaki muhtemel uzun dönemli sağlık etkilerini ele alır.

Soğutucu akışkanlar A (az zehirli) yada B (çok zehirli) olarak sınıflandırılır. Bu sınıflamalar, havadaki, zamana göre ortalama 400 ppm'lik bir konsantrasyona sahip soğutucu akışkanla, sırası ile 'zehirli olmadığı kanıtı' ve 'biraz zehirli olduğu kanıtı' olarak tanımlanır.

410A zehirli olmadığı kanıtı yani grup A olarak sınıflandırılır.

Solumaya Maruz Kalma

Tablo 5'te solumaya maruz kalma durumunda öneriler özetlenmiştir.

Kaçak

R410A'nın buhar yoğunluğu havadan yaklaşık 3 kat daha fazladır.

Kapalı bir alanda serbest bırakılırsa soğutucu akışkan gaz tabana yakın alçak yerlerde toplanır ve mevcut oksijenle yer değiştirir.

Dolayısıyla büyük bir soğutucu akışkan sızıntısı ile ilgili en önemli risk boğulmadır.

Herhangi bir başka soğutucu akışkan gibi R410A kapalı bir hacimde serbest kaldığı zaman orası derhal boşaltılıp fanlarla havalandırılmalıdır. Korunmasız personel, bölgenin güvenli olduğu belirlenmeden geri dönmemelidir.

Isıl Kararlılık

R410A bütün normal çalışma koşullarında kararlıdır. Açık alevdeki gibi çok yüksek sıcaklığa maruz kaldığında bütün halokarbon soğutucu akışkanlarda olduğu gibi zehirli ve/veya aşındırıcı bir yapıya dönüşebilir.

Standartlar

R410A ile çalışan bütün hava koşullandırma cihazlarının tasarım, kullanım ve bakım çalışmaları ANSI / ASHRAE standart 15 ve BS EN 378'in uygulama şartlarına uygun olmalıdır.

SERVİSLE İLGİLİ KONULAR

Servis teknisyeni için R410A kullanılan bir sistemle herhangi bir diğer HFC soğutucu akışkan kullanılan bir sistem arasında ayırt edilebilen tek fark çalışma basıncıdır. Dolayısıyla R410A sistemleri için servis tekniklerinin diğer bilinen soğutucu akışkanlı sistemlerle benzerdir.

Basıncı gazların bulunduğu bütün çalışma ortamlarında olduğu gibi gösterilen uygun personel koruyucu ekipmanının kullanılması gereklidir. Bunlar, özel güvenlik gözlükleri, eldivenler, koruyucu ayakkabılar, iş elbisesi ve kulaklıklardır.

Teknisyenler gereğince eğitilip nitelikli hale getirilmelidir.

Kesin gereksinimler, yerel düzenlemelere göre değişebilir ama eğitim minimum şunları içermelidir:

- Sağlık ve güvenlik konularında yeterli ve uygun eğitim
- Servis teknikleri ve alet kullanımında gerekli yetenek geliştirici eğitim
- Soğutucu akışkanlarla ilgili güvenli çalışma konusunda sertifikalandırma

Madde	ACGIH TLV* (Not 2)	OSHA PEL (Not 3)	Diğer Limitler (Not 1)
Diflorometan(R32)	Yok	Yok	1,000 ppm
Pentaflorometan (R125)	Yok	Yok	1,000 ppm
*Biyolojik maruz kalma indeksi			
Notlar:			
1 - Honeywell tarafından yayınlanan 8 saatlik zamana göre ortalama limit			
2 - ACGIH TLV : Amerikan Endüstriyel Hijyenistler Konferansı sınır değeri			
3 - OSHA PEL : İş Sağlığı ve Güvenlik Yönetimi izin verilen maruz kalma sınırı			
4 - Kaynak Honeywell 2003			

Tablo 5 - Tipik Soğutucu Akışkan Basınç Oranları

Diğer yaygın HFC soğutucu akışkanları için kullanılan ölçme cihazları ve dağıtıcılar, daha yüksek çalışma basınçları nedeniyle R410A sistemlerinde kullanılmaya uygun değildir. Mutlaka uygun sertifikalı bir set kullanılmalıdır. İngiltere’de böyle setlerde manifold pembe rengine boyanmıştır. Ağır yüke dayanıklı ölçme cihazı hortumları tercih edilmelidir. Bütün R410A sistemlerinde diğer sistemlerde bulunan ¼" lik yerine 5/16" lik bağlantı elemanları kullanılır. Bu farklılık, uygun olmayan hortum/ölçme cihazlarının yanlışlıkla R410A sistemlerine bağlanmasını önlemek için özellikle alınan bir önlemdir.

Bir R410A sisteminden akışkan yük geri kazanılacaksa, bu amaç için doğru bir şekilde test edilen ve etiketlenen geri kazanma silindirlerinin kullanılması zorunludur.

Bütün HFC soğutucu akışkanları için uygun üniteler ortaya çıkmaya başlamasına rağmen daha yüksek çalışma basıncı nedeniyle bu iş için geliştirilmiş özel soğutucu akışkan toplama makinası kullanılması gerekebilir. Teknisyenler ellerindeki ekipmanın uygunluğunun teyit edilmesini üreticiden talep etmelidirler.

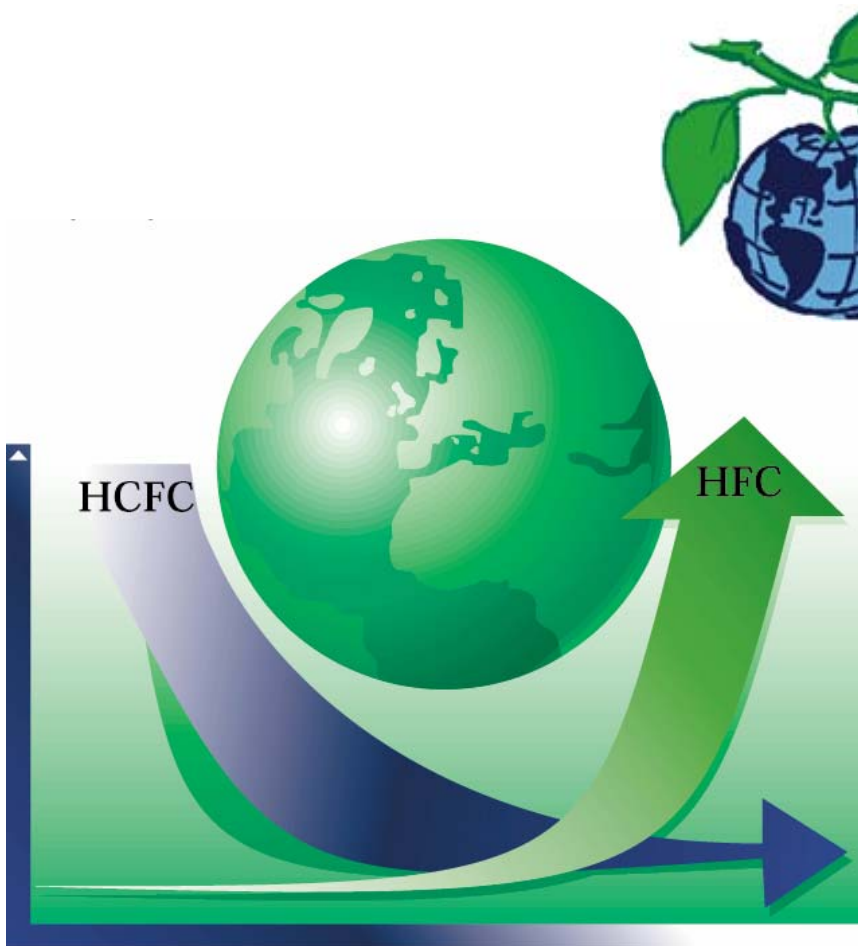
Vakum pompaları, sızıntı dedektörleri, ek yapma aparatları gibi soğutma ve hava koşullandırma işlerinde kullanılan diğer genel aletler R410A ve diğer HFC soğutucu akışkanlar için aynıdır.

REFERANSLAR

David A. Didion, The Influence of the Thermophysical Fluid Properties of the New Ozone-Safe Refrigerants on Performance, *International Journal of Applied Thermodynamics*, March 1999.

M. O. McLinden, Thermodynamic Evaluation of Refrigerants in the vapour Compression Cycle using Reduced Properties, *International Journal of Refrigeration*, Vol.11, 1988.

H. Ross et al., Horizontal Flow Boiling of Pure and Mixed Refrigerants, *International Journal of Heat and Mass Transfer*, Vol.30, 1987.



İÇERİDE VE DIŞARIDA DAHA İYİ BİR DÜNYA İÇİN...