

# **Soğutma Teknolojisi**

## **Bahar Y.Y.**

### **Prof. Dr. Ayla Soyer**

**İçerik**

**Soğutma sisteminin elemanları**

**Refrijerantlar (soğutkanlar)**

**Mekaniki soğutma sistemi**

# Refrijerantlar

- Soğutma sisteminde bizzat soğuk üretiminde kullanılan veya üretilmiş soğüğün taşınmasında yararlanan maddelere denir.

Refrijerantlar :

- Primer refrijerantlar (soğuk üretimi)
- Sekonder refrijerantlar (üretilmiş soğüğün taşınması)

# Primer refrijerantların özellikleri

Evaporatörde buharlaşmak suretiyle ısı absorbe eden primer refrijerantlar belirli özelliklere sahip olmalıdırlar:

## 1) Fiziksel özellikler

- \* Kaynama ve yoğunlaşma sıcaklık ve basınçları
- \* Donma sıcaklığı, kritik sıcaklık ve çıkış sıcaklığı
- \* Özgül ısı ve gizli ısı
- \* Sıkıştırma oranı
- \* Yoğunluğu ve viskozitesi

## 2) Kimyasal özellikler

- \* Zehirlilik
- \* Yanma ve patlama
- \* Koku
- \* Yağda ve suda çözünme

# Refrijerant;

- Düşük yoğunlaşma basıncı olmalıdır.
- Buharlaşma gizli ısı yüksek olmalıdır.
- Kimyasal olarak aktif olmamalıdır. Tesisat malzemesini etkilememesi, korozif olmaması, yağlama yağının özelliğini değiştirmemesi gerekir.
- Yanıcı, patlayıcı ve zehirli olmamalıdır.
- Sızıntının kolayca tespitine imkan veren özellikte olmalıdır.
- Ucuz olmalıdır.
- Isı geçirgenliği yüksek olmalıdır.

# Refrijerantların sınıflandırılması

- **Saf Soğutucu Akışkanlar**
  - **CO<sub>2</sub> (Karbondioksit)**
  - **NH<sub>3</sub> (Amonyak)**
  - **Hidrokarbonlar (Propan , Bütan, Üzobütan)**
- **Halokarbonlar**
  - **BFC (Bromoflorokarbonlar)**
  - **CFC (Kloroflorokarbonlar)**
  - **HCFC (Hidrokloroflorokarbonlar)**
  - **HFC (Hidroflorokarbonlar)**
- **Karışım gazlar**
  - **Azeotrop Karışımlar**
  - **Zeotrop karışımlar**

# Başlıca primer refrijerantlar

Kimyasal bileşimlerine göre refrijerantlar:

- ❖ Hidrokarbonlar
- ❖ Halokarbonlar
- ❖ İnorganikler

# Hidrokarbonlar:

H ve C'dan oluşur.

Metan, etan , propan gibi yanıcı gazlardır.

Refrijerant özellikleri iyidir.

Ozon tabakasına zarar vermezler.

Yanabilir özellikleri nedeniyle kullanılamamaktadırlar.

Propan-izobütan ve propan-bütan karışımları ev tipi soğutucularda R12 yerine alternatif olarak kullanılmaktadırlar.

	Numarası	Kimyasal adı	Formülü
Hidrokarbonlar	50	Metan	CH <sub>4</sub>
	170	Etan	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>
	290	Propan	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>

# Halokarbonlar:

C, H, Cl, Br ve F'dan oluşurlar.

Günümüzde en yaygın kullanılan refrijerantlardır.

Metan veya etanın kısmen veya tamamen halojene edilmesiyle üretilmiş maddelerdir.

	Numarası	Kimyasal adı	Formülü
Halokarbonlar	11	Trikloroflorometan	$CCl_3F$
	12	Diklorodiflorometan	$CCl_2F_2$
	13	Klorotriflorometan	$CClF_3$
	22*	Klorodiflorometan	$CHClF_2$
	40	Klormetil	$CH_3Cl$
	113	Triklorotrifloroetan	$CCl_2FCClF_2$
	114	Diklorotetrafloroetan	$CClF_2CClF_2$



# Halokarbonlar;

## Avantajları:

- Yanmaz, patlamaz ve kokusuzdurlar.
- Sızıntı olması halinde gıdada herhangi bir zarara neden olmazlar.
- Mükemmel refrijerant özelliklerine sahiptirler.

## Dezavantajı:

- Atmosferik ozon tabakasına zarar verirler.

1987 Montreal Protokolü ile kademeli olarak kullanımdan kaldırılmışlardır.

# Halokarbon soğutucular:

## ■ **BFC'ler (Bromoflorokarbonlar ):**

Karbon, flor, brom veya klordan oluşan bileşiklerdir. Bu grupta yer alan maddelere örnek olarak Halon1301 (R13B1) verilebilir. Halonlar ozon tahribatına katkıları en fazla olan maddelerdir.

## ■ **CFC'ler (Kloroflorokarbonlar):**

Klor, flor ve karbondan oluşan bileşiklerdir. Ozon tahribatına katkıları halonlardan sonra en fazla olan soğutucu maddelerdir.

Kloroflorokarbonlar, tam halojene olmuş stabil yapılardır. Örnek olarak R11 ve R12 verilebilir.

# Halokarbon soğutucular:

## ■ HCFC (Hidrokloroflorokarbonlar):

Klor, flor, hidrojen ve karbon içeren bileşiklerdir. Ozon tahribatları düşük olmakla birlikte oldukça yüksek sera etkisine sahiptirler. Bu grupta yer alan maddelere örnek olarak R22 verilebilir.

## ■ HFC (Hidroflorokarbonlar):

Hidrojen, flor ve karbon içeren bileşiklerdir. Ozon üzerinde tahrip edici etkileri yoktur. Örnek olarak R134a sayılabilir.

- Hidroflorokarbonlar ve hidrokloroflorokarbonlar tam halojene olmamışlardır ve daha az stabildirler.
- Klor içermeyenler ozon tabakasına zarar vermezler.
- Milletlerarası protokole göre; 2006 yılından sonra bileşiminde Cl içeren refrijerant kullanımı yasaklanmıştır.

# İnorganikler

Soğutma sisteminin ilk geliştirildiği zamanlarda yaygın kullanılmıştır. SO<sub>2</sub> korozif, toksik, yakıcı kokusu, sızıntı halinde gıdalara zarar vermesi olumsuzluklarıdır.

	Numarası	Kimyasal adı	Formülü
İnorganikler	717	Amonyak	NH <sub>3</sub>
	718	Su	H <sub>2</sub> O
	729	Hava	-
	744	Karbondioksit	CO <sub>2</sub>
	764	Kükürtdioksit	SO <sub>2</sub>

NH<sub>3</sub>, hala en yaygın kullanılan inorganik refrijeranttır. Atmosferik basınçta (101.3 kPa) -33°C'de kaynar. 30°C'de yoğunlaşma basıncı 1166.5 kPa'dır. Yağda çözünmez. Sızıntı halinde gıdalarda önemli zarara yol açar. Ozon tabakasına hiçbir zararı yoktur.

# Karışım gazlar

- **Zeotrop karışımlar:**
- Farklı uçuculuğa sahip maddelerden oluşan bir karışım olup, soğutma çevriminde kullanıldığında, sabit basınç altında buharlaşma ve yoğuşma esnasında hacimsel bileşimi ve doyma sıcaklığı değişen karışımdır. Örnek: R404A, R401A ve R-410A
- R404A; R125, R134a ve R143a'dan oluşan (ağırlıkça sırasıyla % 44/4/52 oranında) ve R502 için alternatif olarak kabul edilen zeotropik bir karışımdır.
- Yüksek çalışma basınçlarına rağmen çok verimli bir akışkandır. HCFC içerdiğinden nihai bir alternatif olmayıp 2030 yılına kadar kullanılacaktır. Bu soğutucunun muhafaza tüplerinin rengi turuncu olup DUPONT tarafından SUVA HP62 ve ELF-ATOCHEM tarafından FORANE FX70 adıyla piyasaya sunulmuştur.

- **Azeotrop karışımlar:** İki veya üç farklı halokarbonun belli oranda karıştırılması ile elde edilen refrijerantlardır. Elde edilen yeni karışım, karışım oranlarına göre karışımı oluşturanlardan farklı özelliklerdedir. Bu olaya azeotropi, yeni oluşan sıvıya da azeotrop adı verilir.

Farklı uçuculuğa sahip maddelerden oluşan bir karışım olup, soğutma çevriminde kullanıldığında, sabit basınç altında buharlaşma ve yoğuşma esnasında hacimsel bileşimi ve doyma sıcaklığı değişmeyen karışımdır. **Örnek: R502, R507 gibi.**

## **R502, R507,**

- R502; R22 ve R115'ten oluşan azeotropik bir karışımdır. Karışım oranı ağırlıkça %48.8 R22, %51.2 R115'tir. R-22'nin 1 atm basınçta kaynama sıcaklığı  $-40^{\circ}\text{C}$ , R-115'in 1 atm basınçta kaynama sıcaklığı  $-39.1^{\circ}\text{C}$  'dir. Bunların karışımı olan R-502'nin 1 atm basınçta kaynama sıcaklığı ise  $-45.4^{\circ}\text{C}$  olup, her ikisinden daha düşüktür.

## **Azeotrop karışımlar:**

- R502'nin en çok kullanıldığı alan soğuk taşımacılık ve ticari soğutuculardır.
- CFC içerdiğinden üretimi durmuştur.
- Düşük sıcaklıklarda yüksek hacimsel soğutma kapasitesine sahiptir.

**Zeetropların ve azeetropların da kendilerine özgü basınç-entalpi grafikleri vardır.**

- Kloroflorokarbonlar (CFC) çok stabildirler.
- Ozona zararlı etkileri vardır.

**Diğer kullanıma alanları:**

- ✓ Yalıtım malzemeleri üretimi, ambalaj köpüğü üretiminde poröz bir yapı oluşturmak için şişirme gazı olarak,
- ✓ Aerosollerde uçurucu ve itici gaz olarak,
- ✓ Metal veya elektronik parçaların temizlenmesinde

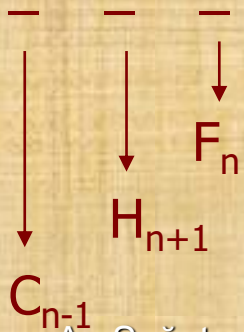
CFC, serbest kalarak atmosferin üst katmanlarına ulaşmakta ve UV ışınların etkisiyle yapılarındaki Cl ayrılmaktadır. Esas zararlı etken Cl'dur.

Cl iyonu, ozonla reaksiyona girerek, ozonu parçalar. Zararlı UV ışınlarından dünyayı koruyan ozon tabakası zayıflar ve delinir.



## Refrijerantların adlandırılmaları

- R numaralandırma sistemi DuPont firması tarafından geliştirilmiştir. Ticari adı «Freon» dur.
- Her refrijerant, kendine özgü bir numarayla anılmaktadır.
- Refrijerantlar, üç rakamlı bir sayı ile numaralanmaktadırlar.
- Hidrokarbon ve halokarbonların numaralandırılması:  
Sağdan sola doğru



## Örnek 1: Klorodiflorometan ( $\text{CHClF}_2$ )'ın adlandırılması

- Flor sayısı : 2
  - H sayısı :  $1+1 = 2$
  - C sayısı :  $1-1 = 0$
- } 0 22 yani R-22 veya Freon-22

İlk rakam sıfır ise genellikle bu yazılmaz ve refrijerant iki rakam olarak anılır.

## Örnek 2: Propan ( $\text{C}_3\text{H}_8$ )'ın adlandırılması

- Flor sayısı : 0
- H sayısı :  $8+1 = 9$                       290
- C sayısı :  $3-1 = 2$

## Soğutucu akışkanların numaralarına eklenen harfler:

Atom sayıları eşit, ancak dizilişleri değiştirilerek soğutucu akışkanların termodinamiksel özellikleri farklılaşır. Bu durum soğutucu akışkanın ismine eklenen bir harfle gösterilir.



# İnorganik refrijerantların numaralandırılmasında başka bir ilke izlenir:

- Son iki rakam refrijerantın molekül ağırlığından oluşurken, bu rakamın başına 7 getirilir.

Örnek: Amonyakın molekül ağırlığı :17, başına 7 getirilerek 717 numarası ile gösterilir.

Karbondioksitin molekül ağırlığı : 44, 744 olarak numaralanır.

# Yeni nesil refrijerantlar

- DuPont firması tarafından SUVA HP refrijerantları ticari ismiyle bazı refrijerantlar geliştirilmiştir.
- SUVA HP80, SUVA HP81

Ticari adı	Refrijerant numarası	Bileşimi oluşturan bireysel refrijerantlar ve oranları, % ağırlık olarak		
		HCFC-22	HFC-125	HC-290
Suva HP80	R-402 A	38	60	2
Suva HP81	R-402 B	60	38	2
		HFC-125	HFC-143 a	HFC-134 a
Suva HP62	R-404 A	44	52	4

## **Primer refrijerant sızıntısının saptanması**

- Soğuk üretiminde kullanılan cihazlar, sürekli basınç altında çalışan sistemlerdir.
- Genişleme valfinden kompresörün emiş ucuna kadar olan düşük basınç bölgesi denen kısımlar bile, atmosferik basıncın üzerindeki basınç altında bulunmaktadır.
- Kompresör çıkışı ile genişleme valfi arasındaki yüksek basınç bölgesinde ise zaten önemli düzeyde bir basınç hakimdir.
- Bu nedenle soğutma sisteminin hemen hemen her yerindeki bağlantılardan daima bir refrijerant sızıntısı olasılığı vardır.
- Sistemde bulunması gereken refrijerant miktarının azalmaması, verimliliğin düşmemesi için bu sızıntı yerlerinin belirlenip, sızıntının giderilmesi gereklidir.

## **Primer refrijerant sızıntısının saptanması**

### **■ Genel metot:**

Kuşkulanın üniteye hava veya azot gazı verilir ve suya daldırılır. Sızıntı varsa bu noktada kabarcık oluşur.

Kuşkulanın ünitenin suya daldırılması uygun değilse, kuşku duyulan yere sabun veya deterjan çözeltisi bir fırça veya süngerle uygulanır ve kabarcık oluşup oluşmadığı izlenir. Eski ve güvenilir bir yöntemdir.

### **■ Halokarbon sızıntısının saptanması:**

Halid kandil metodu: Çok duyarlı olmayan hızlı ve basit bir yöntemdir. Kuşku duyulan yerdeki hava, metil alkol veya bir hidrokarbon yakılarak oluşan alevle ısıtılan bir bakır eleman üzerine çekilir. Sızıntı varsa, alevin normal rengi mavimsi-yeşile dönüşür.

## **Elektronik dedektörler:**

Zıt yüklü iki platin elektrot arasında parçalanmış refrijerantın iyonizasyonu nedeniyle, elektrotlar arasında akan elektrik akımının değişmesi ilkesine dayanmaktadır.

- ✓ Atmosferinde yanıcı ve patlayıcı maddelerin buharı bulunan ortamlarda, bu dedektörlerin kullanılması sakıncalıdır.
- ✓ Sızıntı aranan ortamda alkol buharı ve CO<sub>2</sub> bulunması, dedektörün duyarlılığını etkilemektedir.



## **Amonyak sızıntısının saptanması**

**Kükürt kandili:** Kükürdün yanmasıyla oluşan  $SO_2$ , ortamdaki Amonyakla birleşerek, beyaz bir duman görüntüsü veren amonyum sülfid ortaya çıkar. Beyaz duman, amonyak sızıntısının kanıtıdır.

**Hidroklorik asit testi:** Sızıntı kuşkusu olan yere hidroklorik asit çözeltisi yaklaştırılarak, amonyum klorür oluşumu sonucu beyaz duman oluşur.

**Test şeridi yöntemi:** Sızıntı noktasına yaklaştırılan ıslak test kağıt şerit, bazik reaksiyon veren amonyak nedeniyle renk değiştirir.

## Sekonder refrijerantlar

- Düşük sıcaklığı bir yerden başka bir yere taşımak amacıyla kullanılan, donma noktası düşük sıvılardır.
- Sekonder refrijerantların hissedilir ısısından yararlanılır.

### Başlıca sekonder refrijerantlar

- Etilen glikol
  - Propilen glikol
  - Kalsiyum klorür (%29.5, -51.1°C)
  - Sodyum klorür (%23, -21.6°C) çözeltileri
- Antifiriz, yaklaşık -60°C

Kimyasal bileşimlerine bakılmaksızın tümüne "salamura" adı verilir.

# Sekonder refrijerantlar

- Sekonder refrijerant, primer refrijerantın yer aldığı bir soğutma sisteminde (salamura soğutucu) soğutulduktan sonra, soğuğun kullanılacağı mekana pompalanır.
- Sekonder refrijerant bir ısı değiştirici yardımıyla bir sıvı gıdayı soğutmada, dondurmada veya havayı soğutmada kullanılır.
- Soğuğunu aktaran sekonder refrijerant ısınınca tekrar soğutulmak amacıyla salamura soğutucu üniteye aktarılır.

# Mekaniki Soğutma devresinin çalışma düzeni

- Sıvı refrijerant deposundan refrijerant, genişleme valfine gelir (1).
- Genişleme (genleşme) valfini geçerken kısmen buharlaşarak "sıvı-buhar" karışımı halinde düşük basıncın hakim olduğu evaporatöre (2) ulaşır. Refrijerant, genişleme valfinde  $P1$  basıncı ve  $T1$  sıcaklığındadır.
- Düşük basıncın hakim olduğu ( $P2$ ) evaporatörde refrijerant tamamen buharlaşır ( $T2$  sıcaklığı). Bu buharlaşma sırasında buharlaşma gizli ısısını çevreden alarak entalpisi yükselir.
- Tümünüyle gaz fazına dönüşen refrijerant, kompresör (3) tarafından emilir ve sıkıştırılır.
- Kompresöre buhar halinde gelen refrijerant sıkıştırılarak basıncı ( $P1$ ) ve sıcaklığı (kızgın buhar- $T3$ ) yükseltilir.

# Soğutma devresinin çalışma düzeni (devam)

- Kompresörü P1 basıncında ve kızgın buhar halinde terk eden refrijerant kondensere gelir ve burada yoğunlaşarak P1 basıncında T1 sıcaklığına düşer. Evaporatörde yüklenen ısı, kondenserde atılır.
- Sıvı hale geçen refrijerant buradan refrijerant deposuna (5) ve sonra genişleme valfine (1) ulaşır.
- Bir soğutma devresi bu şekilde sonlanır ve yenisi başlar.
- Soğutma devreleri belirli bir süre aralıksız çalışarak kesiksiz bir soğutma sistemi ortaya çıkar.

# Buzdolabı nasıl çalışır?

1. Kompresör refrijerant buharını sıkıştırır ve basıncını yükseltir. Yükselen basınç ile refrijerant buzdolabının dışındaki borulara itilir.
2. Basıncı ve sıcaklığı yükselmiş gaz , buzdolabının bulunduğu ortamın soğuk havası ile karşılaşır ve yoğunlaşmaya başlar.
3. Yüksek basınçta ve sıvılaşmış hale gelen refrijerant, genişleme valfini aşarken soğumaya başlar.
4. Refrijerant, düşük basıncın hakim olduğu evaporatörde dondurucu bölmedeki ısıyı absorbe ederek buharlaşır ve ortam sıcaklığı düşer.
5. Son olarak, refrijerant evaporatörde tamamen gaz haline evapore olur ve tekrar kompresöre gelir. Bir sirkülasyon bu şekilde sona ererken bir diğeri başlar.

