



TÜRKİYE CUMHURİYETİ
ÇEVRE, ŞEHİRCİLİK VE
İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ BAKANLIĞI



TOBB
İKLİMLENDİRME MECLİSİ

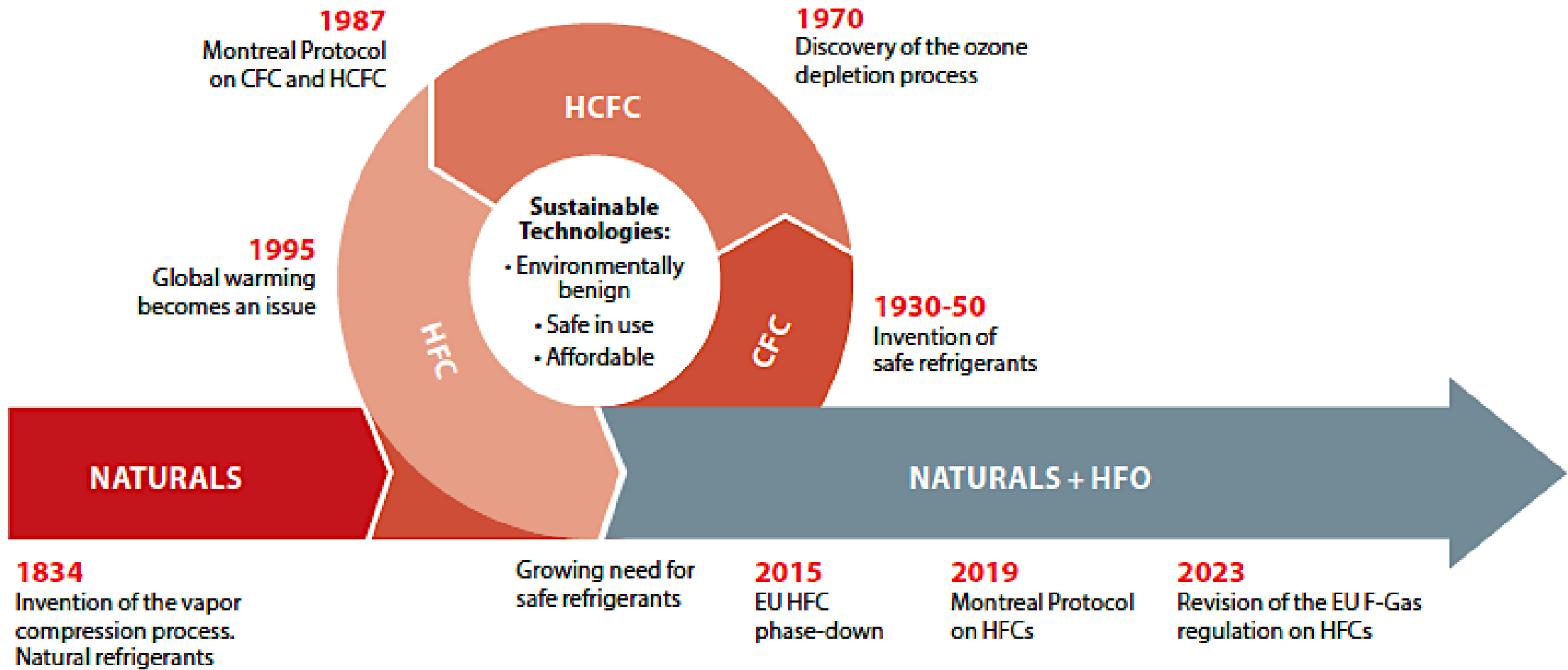


Alternatif Soğutkanların Emisyon Azaltımı ve Enerji Verimliliğine Etkisi

Kadir İSA

TOBB İklimlendirme Meclisi / İSİB

23. Ozon Paneli – İstanbul, 28 Şubat 2024



Soğutkan Seçim Kriterleri

- Çevre açısından kabul edilebilirlik
- Kimyasal kararlılık
- Diğer malzemelerle uyumluluk
- Soğutma çevrim performansı
- Tutuşma ve zehirlilik sınıfı
- Buharlaşma sıcaklığı



HCFCs



HFCs



Soğutucu Akışkan	T (kritik) (°C)	P (kritik) (bar)	Sıvı Faz Yoğunluk (kg/m ³) [a]	Gaz Faz Yoğunluk (kg/m ³) [b]	Isıl Kapasite (kJ/kg) [a]	Hacimsel Kapasite (kJ/m ³) [a]	Isı İletim Katsayısı (W/m.K) [a]
R 134a	101,1	40,6	1298,9	13,9	1,3	2774	0,09
R 410a	72,1	49,3	1174,4	28,8	1,5	6566	0,10
R 404a	72,1	37,3	1154,8	29,9	1,3	4954	0,07
R744 (CO2)	31,0	73,7	934,3	94,2	2,5	22089	0,11
R717 (NH3)	132,3	113,3	640,3	3,3	4,4	4193	0,56

Açıklamalar: [a] -1,1 °C'deki doymuş sıvı; [b] -1,1 °C'deki doymuş buhar

Bazı Soğutkanların Termofiziksel Özellikleri

Alternatif Soğutkan Kaynaklı Riskler

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

- **Tutuşuculuk**
- **Zehirlilik**
- **Yüksek basınçlar**

Yandaki tabloda, alternatif soğutucu akışkanların riskleri özetlenmektedir. Renkler R404A ile kıyaslanan tehlikenin büyüklüğüne işaret etmektedir.

Soğ. Akışkan	Soluk Alma	Tutuşuculuk	Basınç	Diğer
R744	Düşük Zehirlilik	Tutuşucu değil	Çok yüksek	Hapsolan sıvının/soğuk sıvının basıncının yükselmesi riski yüksek. R744'ün katılaşma ihtimali var.
R717	Yüksek zehirlilik	Düşük tutuşuculuk	Düşük	
R32	Boğucu	Düşük tutuşuculuk	Yüksek	Ayrışma ürünleri hayli toksik.
R1234ze	Boğucu	Düşük tutuşuculuk	Düşük	Ayrışma ürünleri hayli toksik.
R600a	Boğucu	Yüksek tutuşuculuk	Çok düşük	
R290	Boğucu	Yüksek tutuşuculuk	Benzer	
R1270	Boğucu	Yüksek tutuşuculuk	Benzer	

GWP – Ton Eşdeğer CO₂

Measure for refrigerant charge

TCO₂eq = tonne CO₂ equivalent = kg of charge x GWP / 1000



Refrigerant	GWP	Kg	T CO ₂ eq
R23	14800	10	148.0
R404A	3922	10	39.2
R410	2088	10	20.9
R134a	1430	10	14.3
R32	675	10	6.8

Emniyet Sınıflandırması

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

A veya B zehirlilik derecesini temsil eder

- **A** düşük zehirlilik (birçok soğutucu akışkan **A** sınıfıdır)
- **B** yüksek zehirlilik (R717, B sınıfıdır)

•

1, **2L**, **2** veya **3** tutuşma derecesini ifade eder.

- **1** - tutuşucu değil
- **2L** - düşük tutuşucu
- **2** - tutuşucu
- **3** - yüksek tutuşucu

Yandaki tablo, yaygın alternatif soğutkanların emniyet sınıflandırmalarını listelemektedir.

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

¹ ISO817:2014 Soğutucu Akışkanlar – Tanımlar ve emniyet sınıflandırması.

¹ EN378-1:2016, Soğutma sistemleri ve ısı pompaları – Emniyet ve çevresel gereksinimler, Bölüm 1 – Temel gereksinimler, tanımlar, sınıflandırma ve seçim kriteri.

HFC Alternatifleri

- Hidroflorokarbonların (HFC) kullanımını ve emisyonlarını önlemek için, çeşitli iklim dostu, enerji verimli, emniyetli alternatifler mevcuttur.
- Alternatiflerin farklı termodinamik ve emniyet özellikleri nedeniyle, her uygulamaya çözüm olması beklenmemelidir. Belirli bir alternatif soğutkanın uygunluğu, her ürün ve ekipman kategorisi için ayrı olarak düşünülmelidir ve bazı durumlarda, ürün ve ekipmanın kullanıldığı coğrafi konum da dikkate alınmalıdır.




	Substance	GWP	Composition	Safety group	Replacement for
Natural refrigerants	R290 (propane)	3	-	A3	R134a, R404A, R407A
	R717 (ammonia)	-	-	B2L	R134a, R404A, R407A
	R744 (CO ₂)	1	-	A1	R134a, R404A, R407A
HFC-HFO blends	R448A	1387	R32/125/1234yf/1234ze(E)/134a	A1	R404A
	R449A	1397	R32/125/1234yf/134a	A1	R404A



Danfoss, 2023

Merkezi Soğutma Sistemleri

Endüstriyel Soğutma

	Substance	GWP	Composition	Safety group	Replacement for
Natural refrigerants	R290 (propane)	3		A3	R134a, R404A, R407A
	R717 (ammonia)	-		B2L	R134a, R404A, R407A
	R744 (CO ₂)	1		A1	R134a, R404A, R407A
	R1270 (propene)	2		A3	R134a, R404A, R407A
HFC-HFO blends	R449A	1397	R32/125/1234yf/134a	A1	R404A
	R450A	605	R1234ze(E)/134a	A1	R134a
	R513A	631	R1234yf/134a	A1	R134a
HFOs	R1233zd	4,5	-	A1	R134a, R404A
	R1234ze	7		A2L	R134a, R404A

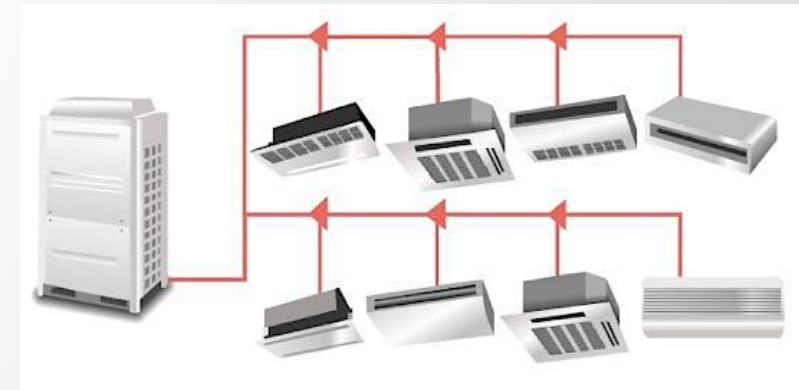
Single split

	Substance	GWP	Composition	Safety group	Replacement for
Natural refrigerants	R290 (propane)	3	-	A3	R407A, R410A
HFCs	R32	675	-	A2L	R407A, R410A



Multi split/Variable refrigerant flow (VRF)

	Substance	GWP	Composition	Safety group	Replacement for
Natural refrigerants	R290 (propane)	3	-	A3	R407A, R410A
HFOs	R1234yf R1234ze	4 7	- -	A2L A2L	R407A, R410A R407A, R410A
HFCs	R32	675	-	A2L	R407A, R410A



Chiller



	Substance	GWP	Composition	Safety group	Replacement for
Natural refrigerants	R290 (propane)	3	-	A3	R134a, R407A, R410A
	R717 (ammonia)	-	-	2BL	R134a, R407A, R410A
	R718(H ₂ O)	-	-	A1	R134a, R407A, R410A
	R744 (CO ₂)	1	-	A1	R134a, R407A, R410A
	R1270 (propene)	2	-	A3	R134a, R407A, R410A
HFC-HFO blends	R452B	698	R32/125/1234yf	A2L	R410A
	R454B	466	R32/1234yf	A2L	R410A
	R455A	148	R32/1234yf/CO ₂	A2L	R404A
	R513A	631	R1234yf/134a	A1	R134a
HFOs	R1233zd	4,5	-	A1	R134a, R410A
	R1234ze	7	-	A2L	R134a, R407A, R410A
HFCs	R32	675	-	A2L	R134a, R407A, R410A

Heat pumps

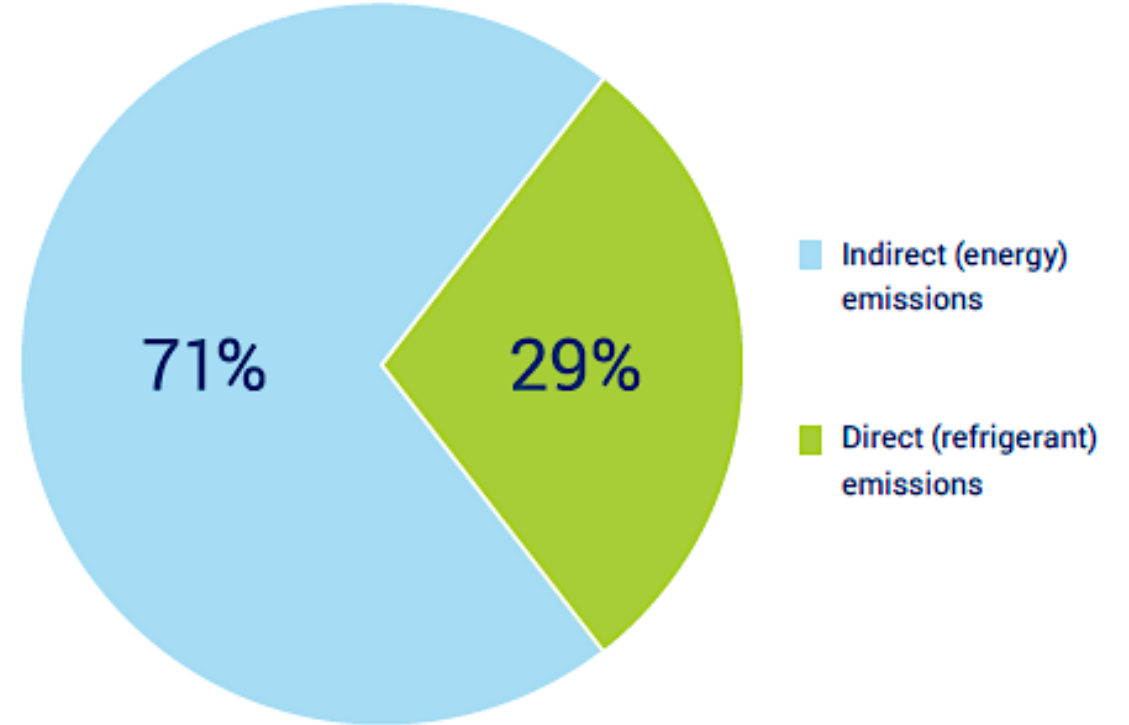
	Substance	GWP	Composition	Safety group	Replacement for
Natural refrigerants	R290 (propane)	3	-	A3	R134a, R407A, R410A
	R718 (H ₂ O)	-	-	A1	R134a, R407A, R410A
	R744 (CO ₂)	1	-	A1	R134a, R407A, R410A
HFC-HFO blends	R454C	148	R32/1234yf	A2L	R410A
	R513A	631	R1234yf/134a	A1	R134a
HFCs	R32	675	-	A2L	R134a, R407A, R410A



Alternatif Soğutkanlar ve Enerji Verimliliği

Sera Gazı Emisyonları

İklimlendirme-soğutma ekipmanıyla ilgili sera gazı emisyonlarının çoğunluğu dolaylı emisyonlardır. *Green Cooling Initiative* göre, soğutma sistemlerinden kaynaklanan sera gazı emisyonlarının **%70**'inden fazlası elektrik üretiminden kaynaklanan dolaylı emisyonlardır.



Doğrudan ve Dolaylı Sera Gazı Emisyonu

Sera gazı emisyonları çeşitli faktörlere bağlıdır;

- ❑ Kullanılan soğutkanın GWP'si,
- ❑ *Ekipmanın yaşam döngüsünün farklı aşamalarında yapılan soğutkan şarjı ve soğutkan sızıntısı miktarı, kullanım ömrü sonundaki operasyonel sızıntı ve emisyonlar),*
- ❑ İKS sisteminin enerji talebi ve kullanım saatleri,
- ❑ *Enerji sağlayan elektrik santralini/santrallerinin CO₂ emisyon faktörü TCO₂/MWh).*

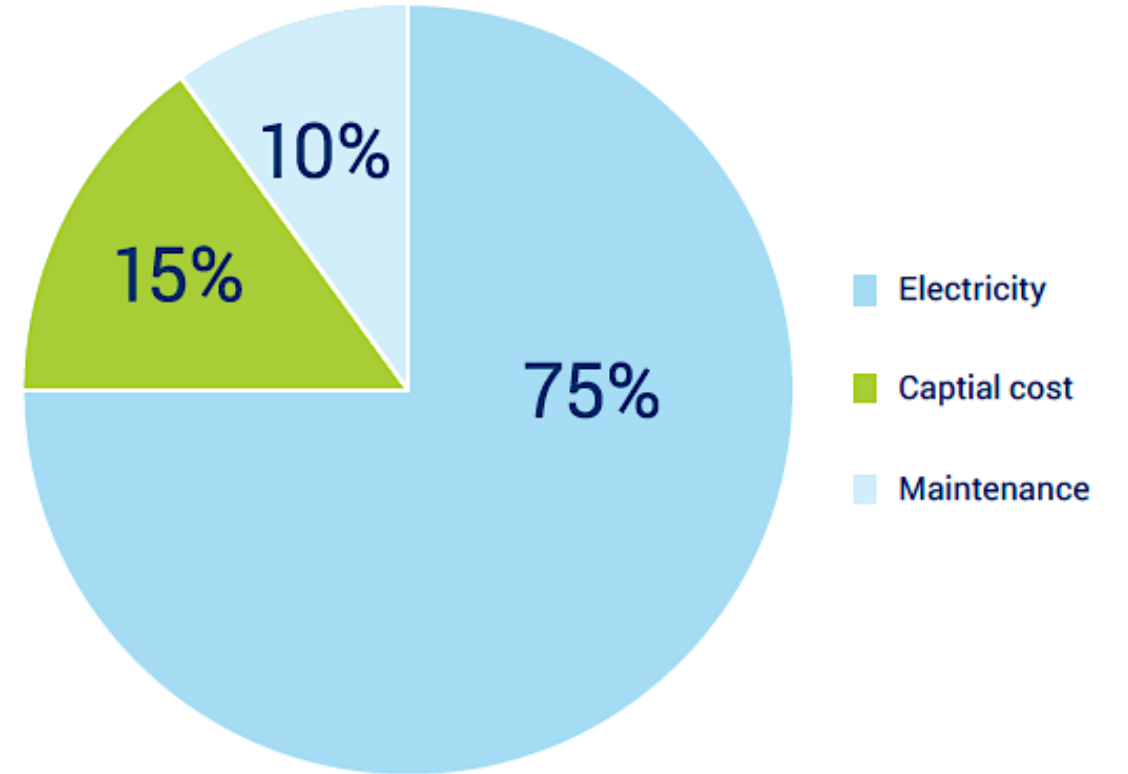


Enerji-İlk Yatırım Maliyeti

Çoğu İKS ekipmanının yaşam döngüsü maliyeti (LCC) içinde enerji maliyeti ilk sıradadır.

Ekipmanın ömrü boyunca enerji maliyeti, ilk yatırım maliyetinin yaklaşık **5 katı** olabilir. Son kullanıcılar, enerji açısından daha verimli alternatifleri tercih ederek, ekipmanlarının kullanım ömrü boyunca önemli miktarda finansal geri dönüş elde edebilirler.

İKS ekipman verimliliğindeki artış, elektrik talebini ve dolayısıyla ek elektrik santralleri ile elektrik iletim ve dağıtım ağlarının tesisi ile ilgili maliyetleri düşürebilir.



İKS Sistemlerinin Enerji Verimliliğine Etki Eden Faktörler

MINIMIZING COOLING LOAD (30–60%)

Building design
Shading
Insulation
Doors on retail displays

EQUIPMENT AND CONTROL (30–70%)

High efficiency heat exchangers
High efficiency compressors
Optimized refrigeration cycle
Good controls (e.g. variable speed drives)

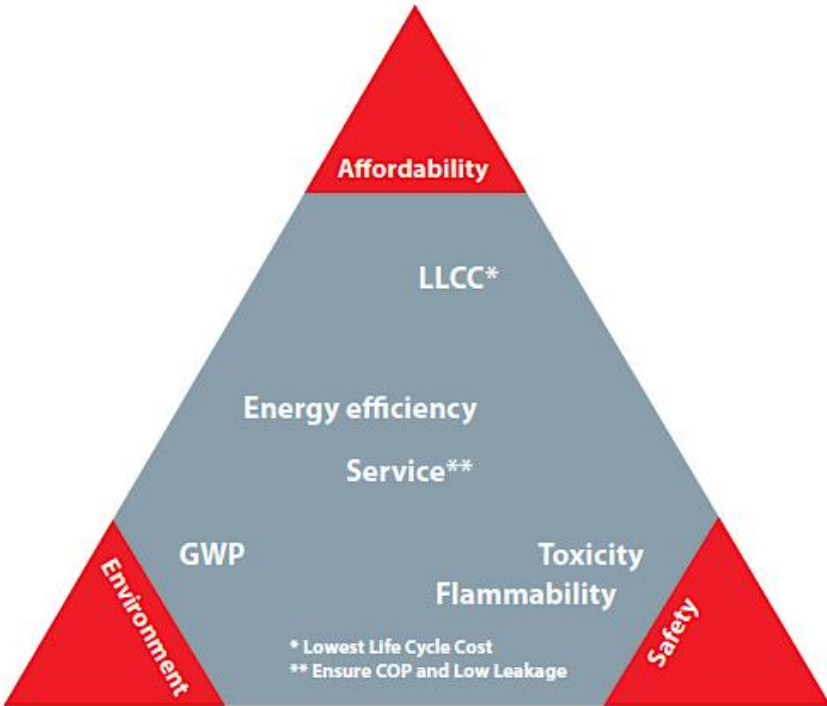
OPERATION AND SERVICING (15–30%)

Managing existing stock
Timely servicing
Performance measurement /
fault diagnosis

REFRIGERANT SELECTION (5–10%)

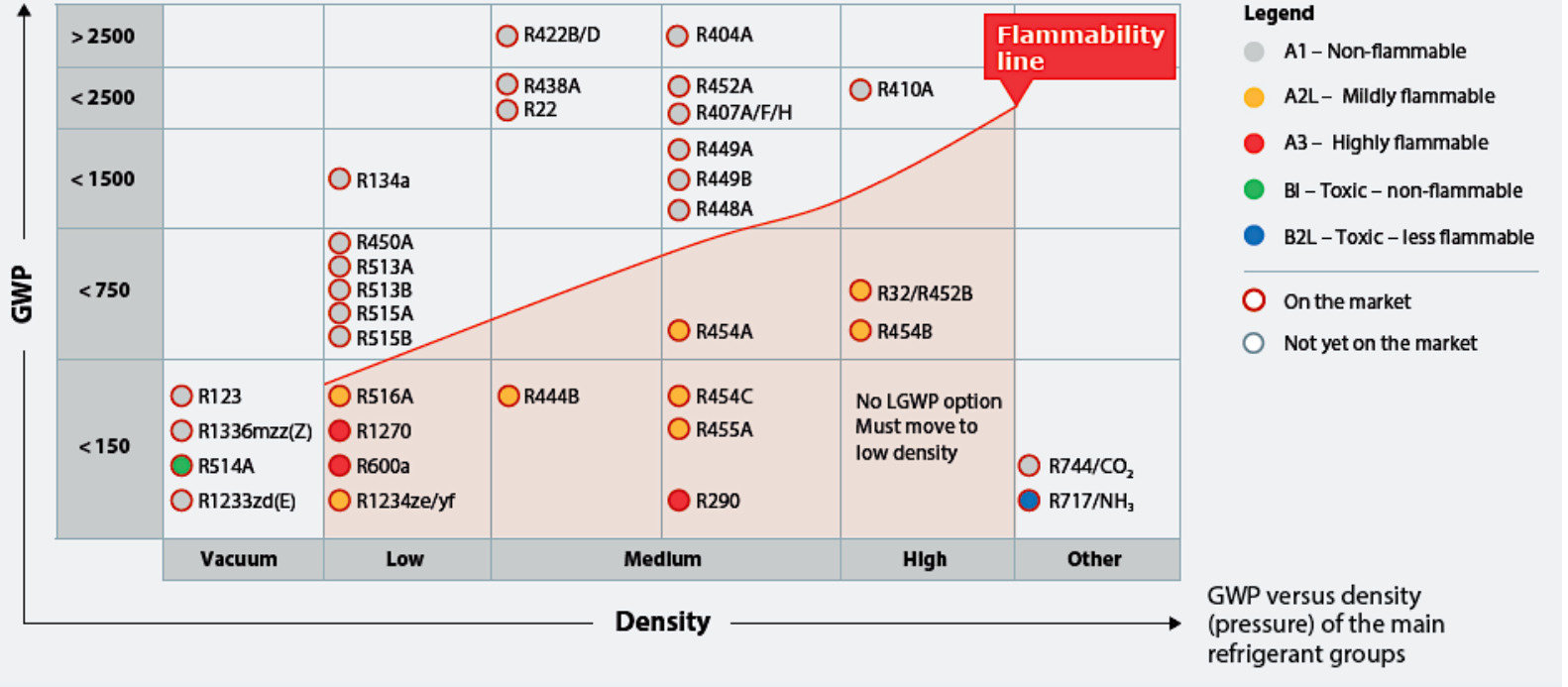
Choice of most appropriate refrigerant

Alternatif Soğutkanlar ve Enerji Verimliliği



Danfoss, 2023

Main refrigerants at play A complex picture in continuous evolution



Danfoss, 2023

Daha düşük küresel ısınma potansiyeline (GWP) sahip alternatif soğutkanlar, GWP'si yüksek soğutkanların enerji verimliliğine eşit veya daha yüksek bir enerji verimliliğine sahiplerse, ancak bu durumda toplam sera gazı emisyonlarında azalma yaratacaklardır.

Sonuç

Soğutkanların yer aldığı buhar sıkıştırmalı soğutma çevrimi, soğutma ve ısıtma ihtiyaçlarının arttığı bir dünyada her zamankinden daha fazla kullanım alanına sahiptir.

Doğru soğutkan seçiminin çeşitli sürdürülebilirlik parametreleri üzerinde büyük etkisi vardır.

Dünün çözümlerinden bazıları günümüz için bazı olumsuz sonuçlar doğursa da sektörün mevcut zorlukları karşılamak üzere geleceğe dönük çözümler üreterek ileriye bakması zorunludur.



?