

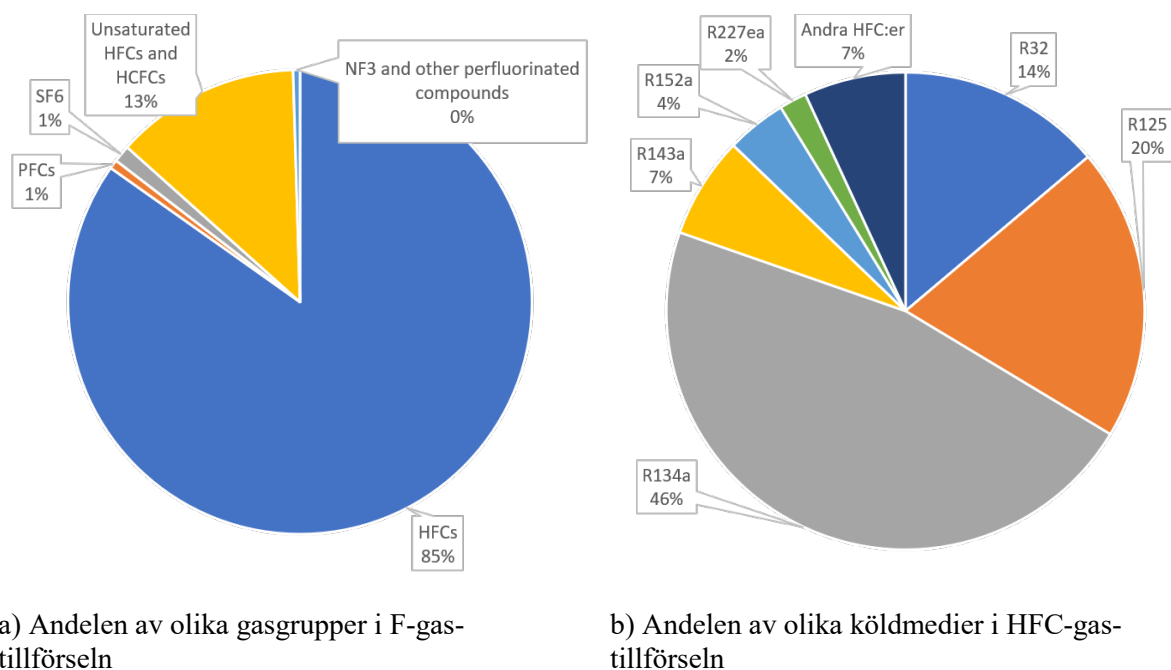
## Icke-brännbara alternativ till R134a

R134a är ett av de hög-GWP köldmedium som är på väg att ersättas. Även om det finns flera tänkbara alternativ är många låg-GWP-köldmedier något brännbara. I den här artikeln tittar vi på icke-brännbara köldmedier med lägre GWP vilka kan fungera som alternativ till R134a.

### R134a som en rådande HFC

R134a är ett köldmedium som har använts som en icke ozonnedbrytande ersättare till R12 (ett syntetiskt CFC-köldmedium vilket introducerats 1931 och som använts i bl a små hushållskylskåp och i luftkonditioneringsanläggningar under många år). När utfasningen av R12 skedde var R134a inte det enda alternativet som övervägdes. I en utvärdering av alternativ till R12 visade sig exempelvis R152a ha högre COP- och kylkapacitet [1]. I den artikeln, som har publicerats i International Journal of Refrigeration år 1993, anger författarna också att: "enligt många jämförande analyser, inklusive den av de nuvarande författarna, anses HFC134a vara det bästa tänkbara substitutet för CFC12, men problemet med att ett alternativ tycks inte ha lösts helt mot bakgrund av den eventuella internationella konventionen om ämnen som bidrar till den globala uppvärmningen". Nu, 25 år efter publiceringen av den nämnda artikeln, finns ett globalt internationellt avtal för att minska användningen av R134a och andra fluorerade gaser (Kigalitillägget till Montreal-protokollet). Detta eftersom R134a, av alla hydrofluorkolvätena (HFC:er), blev en av de största bidragarna till den globala uppvärmningen [2].

R134a är fortfarande ett populärt köldmedium i olika tillämpningar. Enligt den nyligen offentliggjorda statistiken var HFC (85%) en stor del av EU:s totala tillförsel av fluorerade gaser år 2017, varav R134a är det dominerande köldmedium (40,8 tusen ton levererat), se figur 1[3]. På global nivå domineras produktionen av HFC-ämnen av R134a (223 tusen ton), varav 123 tusen ton produceras i utvecklingsländer [4].



Figur 1. EU:s totala utbud av fluorerade gaser (ton) [3].

### Översikt över icke-brännbara R134a alternativ

Bland de olika gångbara kandidaterna för att ersätta R134a är naturliga köldmedier antingen brännbara (t.ex. isobutan) eller medför höga tryck (CO<sub>2</sub>). Av de rena syntetiska köldmedierna används R1234yf,

R1234ze(E) och R152a som alternativ till R134a. Deras tillämplighet är dock begränsad på grund av deras brännbarhetsegenskaper.

Dessutom ses HFC/HFO-blandningar som tekniskt möjliga substitut. De föreslagna blandningarna innehåller brännbart HFO (R1234yf eller R1234ze) och R134a i proportioner som tillåter blandningen att definieras som ASHRAE-brännbarhetsklass 1 (ett), dvs utan flamspridning när det testas vid 60 °C och 101,3 kPa [5]. Även små mängder R32 används i blandningar. Det har också förekommit blandningar som innehåller R152a (R512A och R516A) men de är klassificerade som brännbara och kommer inte att inkluderas här.

R450A, R456A, R513A och R513B är icke brännbara alternativ till R134a som nyligen har kommersialiserats som köldmedier för att ersätta R134a. R450A är en blandning av R134a med R1234ze(E), medan de andra alternativen är blandningar av R134a och R1234yf, i olika kompositioner. Dessutom innehåller R456A en liten del av R32 som märkbart påverkar dess temperaturglide. Sålunda är temperaturgliden för R456A vid 1 atm 4,8 K, jämfört med 0,6 K för R450A och avsaknad av glide för R513A/B.

Med hänvisning till sammansättningen av analyserade köldmedier, tabell 1, kan man notera att de flesta alternativen har mycket olika sammansättning, med undantag för R513A/B. Med hänsyn till sammansättningstoleranser enligt standarden [5] är sammansättningarna av R513A och R513B mycket lika.

Alla diskuterade köldmedieblandningar har lägre GWP än R134a. GWP-värdena för köldmedier anges i tabell 1 som GWP AR4-värden (motsvarar värdena som används i F-gasförordningen) och GWP AR5-värden (som är nyare värden [2]). Bland alternativen ger R513B den största minskningen i GWP-värde jämfört med R134a (58%). Ytterligare GWP-minskning är alltså för närvarande bara möjligt vid användning av de brännbara R134a alternativen.

Tabell 1. Data- och säkerhetsklassificeringar för köldmediumblandningar

Köldmedium	Sammansättning, vikt%	Sammansättningstoleranser, vikt%	Kokpunkt vid 1 atm, °C	GWP AR4	GWP AR5
R134a	Ren		-26.3	1430	1300
R450A	R134a/1234ze(E) (42.0/58.0)	±2.0/±2.0	-23.4 till - 22.8	605	547
R456A	R32/134a/1234ze(E) (6.0/45.0/49.0)	±1.0/±1.0/±1.0	-30.4 till - 24.6	687	626
R513A	R1234yf/134a (56.0/44.0)	±1.0/±1.0	-29.2	631	572
R513B	R1234yf/134a (58.5/41.5)	±0.5/±0.5	-29.2	596	540

### Alternativens teoretiska prestanda

Teoretiska ångkompressionscykelsimuleringar har utförts för alla köldmedierna i Tabell 1 med användning av data för köldmediets egenskaper från REFPROP 9.1 [6]. Resultaten som presenteras i tabell 2 har beräknas enligt följande antaganden: köldmedier jämförs för -5 °C medelförångningstemperatur och 30 °C medelkondenseringsstemperatur; 70% kompressorverkningsgrad vid kompression; inga volymetriska kompressionsförluster; 7 °C underkyllning och 10.5 °C överhettning.

Tabell 2. Teoretisk jämförelse av R134a med dess icke-brännbara alternativ.

	R134a	R450A	R456A	R513A	R513B
Hetgastemperatur, °C	55.4	51.9	56.1	49.9	49.7
Volymetrisk köldalstring, kJ m <sup>-3</sup>	1977	1720	2128	1967	1967
Köldfaktor, -	4,80	4,81	4,79	4,78	4,78

Beräkningsresultaten, som visas i tabell 2, visar att R450A teoretiskt kan vara lite energieffektivare än R134a, medan resten har obetydligt lägre energieffektivitet. Volymetriskt köldalstringsvärde ger indikationer på den förväntade kylkapacitetsändringen vid användning av alternativa köldmedier. Sålunda reduceras kylkapaciteten hos ett system som använder R450A, jämfört med samma system med R134a, medan för R513A/B kan endast en mindre minskning förväntas. En märkbar 7,1% kapacitetsförbättring kan förväntas vid R456A. Slutligen innebär de undersökta alternativen inga begränsningar i samband med variation hetgastemperatur.

## Sammanfattning

R134a är en av de stora bidragsgivarna till den globala uppvärmningen sett till alla HFC-köldmedier och den används fortfarande i hög utsträckning. För att uppfylla kraven för HFC-avveckling i F-gasförordningen är det nödvändigt att minska dess användning. Medan de låga GWP-alternativen redan implementeras i tillämpningar där användning av brännbara köldmedier accepteras, finns det en efterfrågan på icke brännbara alternativ till R134a med reducerade GWP-värden. Sådana alternativ representeras av en uppsättning av köldmedieblandningar med varierande egenskaper.

Av de föreslagna alternativen motsvarar R513A och R513B närmare R134a med hänsyn till deras förväntade prestanda och egenskaper. R450A kan ge en liten teoretisk förbättring av COP, medan R456A tillåter större köldalstring per volymsenhet och därmed ökas den förväntade kylkapaciteten vid byte från R134a till R450A i ett givet system.

I en av de följande artiklarna ska vi återkomma till detta ämne och ge en mer djupgående analys av några icke-brännbara köldmedieblandningar, liksom de experimentella resultaten av deras implementeringar som ”drop-in” ersättning till R134a i ett litet kylsystem.

Följ gärna våra publikationer och få vårt digitala nyhetsbrev. Anmäl dig genom att följa länken [bit.ly/kth\\_ett](https://bit.ly/kth_ett).

## Referenser

- [1] S. Devotta, S. Gopichand och V. Pendyala, ”Assessment of HFCs, fluorinated ethers and amine as alternatives to CFC12,” *International journal of refrigeration*, pp. 84-90, 1993.
- [2] G. Myhre, D. Shindell och F.-M. Bréon, ”Anthropogenic and natural radiative forcing. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.,” Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA., 2013.
- [3] European Environment Agency, ”Data reported by companies on the production, import, export and destruction of fluorinated greenhouse gases in the European Union, 2007-2017,” 2018.
- [4] UNEP Technology and Economic Assessment Panel, ”Update XXVI/9 Task Force Report. Additional information on alternatives to ozone-depleting substances.,” 2015.
- [5] ASHRAE, ”ANSI/ASHRAE Standard 34-2016 Designation and Safety Classification of Refrigerants,” 2016.
- [6] E. Lemmon, M. Huber och M. McLinden, ”NIST standard reference database 23: reference fluid thermodynamic and transport properties (REFPROP).,” *Phys. Chem. Prop*, 2013.