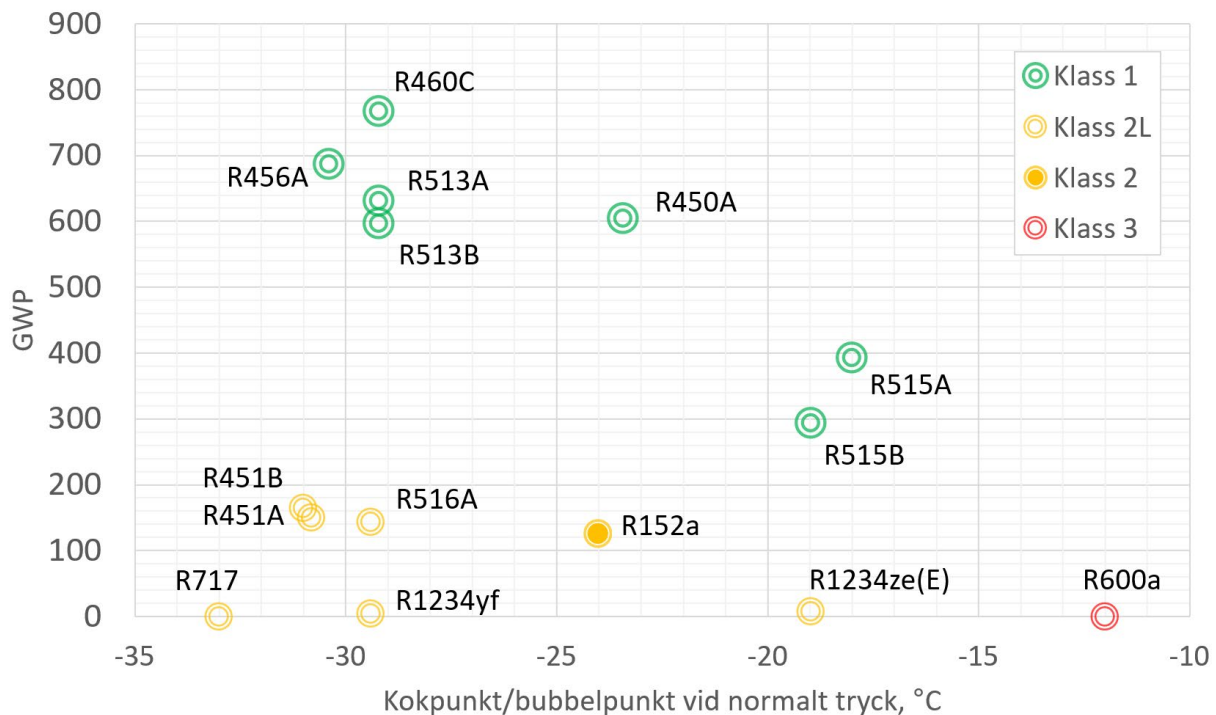


Nya köldmedier för kyl- och värmepumpsystem: nya alternativ till R134a

I denna artikel fortsätter vi att undersöka alternativ till våra mest populära HFC-köldmedier. Den här gången är alternativet till R134a i fokus för analysen. Tidigare i år har vi diskuterat flera icke-brännbara alternativ till R134a. Denna artikel utvidgar omfattningen till att inkludera analyser av alla nyligen utvecklade alternativ, och flera konventionella medier, med låg GWP.

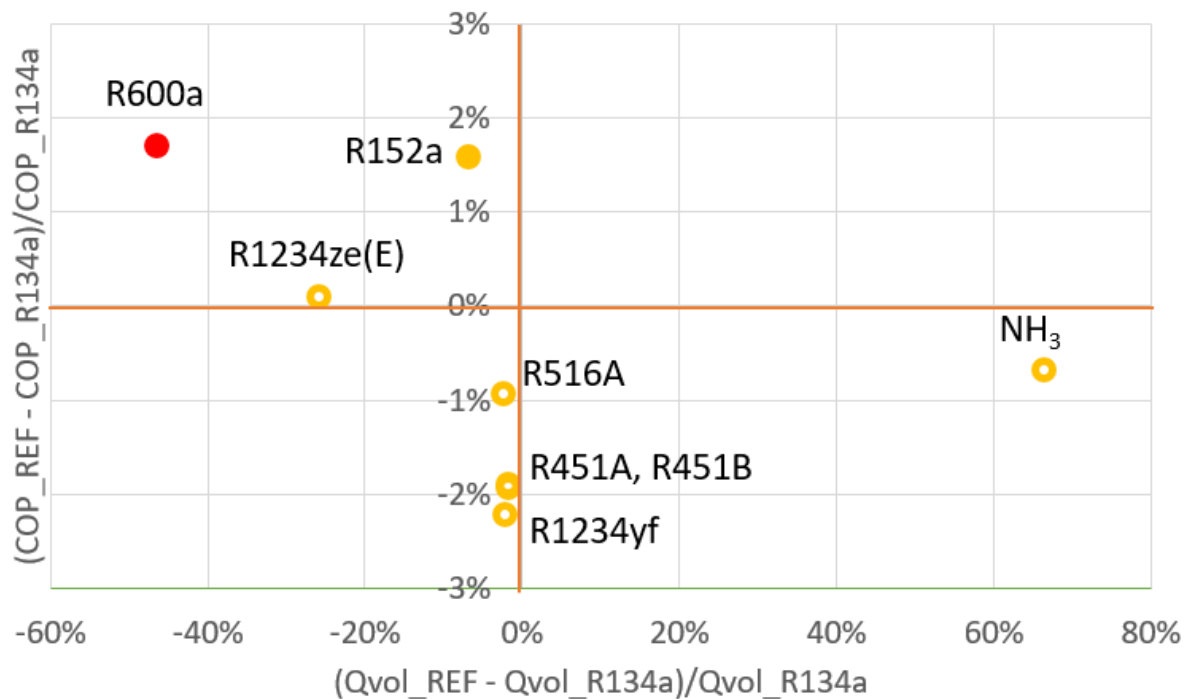
R134a är ett vanligt köldmedium som används i många kyl- och luftkonditioneringstillämpningar. När köldmediet väl infördes var det som ersättning för R12, nu måste det dock i sin tur bytas ut på grund av den höga globala uppvärmningspotentialen (GWP). Många lämpliga alternativ till R134a kan hittas bland brännbara enkomponentmedier. Om brännbarhet inte önskas finns det även flera icke-brännbara köldmedieblandningar att överväga. Undersökningar har visat på 15 alternativ med lägre GWP och olika flyktighet (indikerat med deras normala kokpunkt, NBP) som möjliga köldmedier i applikationer där R134a traditionellt används. Alla alternativ illustreras i figur 1, där varje prick representerar ett köldmedium med kokpunkt (x-axel, NBP för R134a är $-26,1\text{ °C}$) och GWP (y-axel), samt ASHRAE brännbarhetsklass (färgkod). Dessa alternativ diskuteras kortfattat i denna artikel.



Figur 1. Alternativ till R134a med lägre GWP.

R134a: brännbara alternativ

Prestandaegenskaperna i den teoretiska ångkompressionscykelanalysen har modellerats för 7 brännbara alternativ. I denna jämförelse, som presenteras i figur 2, antas jämförbara temperaturer för köldmedierna i förångare (-5 °C) och kondensor (30 °C), en konstant volymetrisk (100%) och isentropisk (70%) verkningsgrad och 5 K överhettning och underkyllning.



Figur 2. Modellerad köldfaktor (COP) och volymetrisk köldalstring (Q_{vol}) för brännbara alternativ till R134a, relativt R134a.

R152a är ett alternativ med låg GWP (124) som är mer energieffektivt än R134a. Det har betraktats som ersättare till R12 och som ett alternativ till R134a, men misslyckades med att vinna popularitet bland kyl- och värmepumpssystemtillverkarna. Detta troligen på grund av dess brännbarhetsegenskaper som resulterar i säkerhetsklass A2 enligt ASHRAE Standard 34 [1]. Som HFC-köldmedium, är R152a också reglerat av F-gasförordningen. På grund av dess låga GWP-värde kan vi utgå ifrån att dess framtida tillgänglighet emellertid inte kommer att vara begränsad som en följd av kraven i F-gasförordningen.

Isobutan (R600a) är ett annat alternativ som ger förbättringar av energieffektiviteten under modellerade förhållanden. Detta medium förekommer naturligt och medför därför inte någon okänd påverkan ur ett miljöperspektiv. Därför kan det vara ett köldmedium för mer miljövänliga kyl- och värmepumpssystem om dess höga brännbarhet beaktas så att det inte medför säkerhetsrisker.

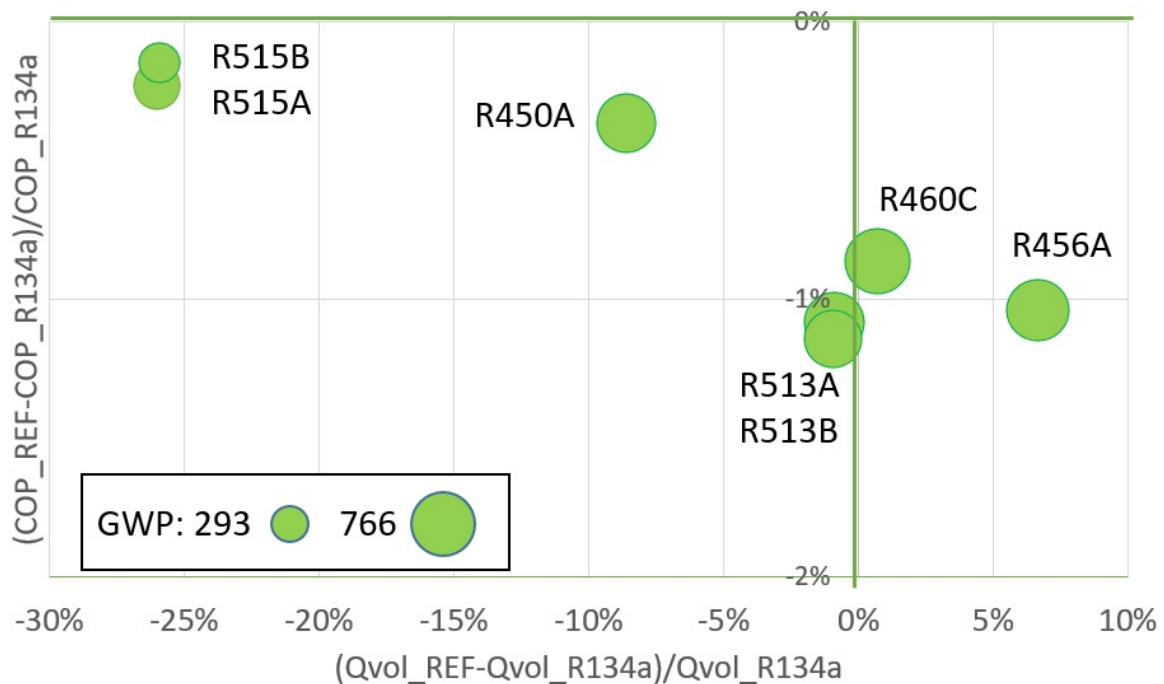
Ammoniak (R717) är ett naturligt köldmedium som har använts i ångkompressionssystem sedan 1870-talet. Det återfinns ofta i storskaliga kommersiella kylanläggningar. Jämfört med R134a har det högre tryck och ger därför en betydligt högre volymetrisk köldalstring vilket möjliggör mer kompakta system. Även om det kan användas i små system så används det sällan i sådana, delvis på grund av att det klassas som giftigt och brännbart, klass 2L). Det är inte heller kompatibelt med koppar och mässing vilket innebär att komponenter som vanligtvis används för små system inte kan användas.

R1234yf och R1234ze(E) är HFO:er som föreslagits som alternativ till R134a. R1234yf utvecklades främst som R134a-alternativ för mobila luftkonditioneringsapplikationer då det har nästan samma ångtryck och därmed samma volymetriska köldalstring som R134a. Komponenter och system designade för användning med R134a är därför kompatibla med R1234yf. När systemkonstruktionen kan modifieras (t.ex. i ny utrustning) är R1234ze(E) ofta ett föredraget alternativ på grund av högre energieffektivitet och lägre brännbarhet (även om båda HFO:erna klassificeras som A2L). R1234ze(E) har dock lägre ångtryck än R134a och bör inte användas vid förångningstemperatur under $-19\text{ }^{\circ}\text{C}$ för att undvika undertryck i systemet.

Flera köldmedieblandningar med brännbarhet i A2L-klassen har också utvecklats för att ge nära matchning till R134a i volymetrisk köldalstring samtidigt som de reducerar GWP till strax under 150 (t.ex. R451A och R516A). Dessa kan användas som alternativ till R134a i system där matchning i köldalstring med R134a krävs (t.ex. eftermontering av R134a-system), men där också lägre brännbarhet (R451A) eller bättre energieffektivitet (R516A) jämfört med R1234yf önskas. Som R451A är R451B en blandning av R134a och R1234yf, men med 1% mer R134a i kompositionen, vilket resulterar i något högre GWP på 164.

R134a: Icke brännbara alternativ

Flera icke brännbara köldmedieblandningar med reducerad GWP har också föreslagits. Här låg fokus på att minska GWP-värdet, men bibehålla brännbarhetsegenskaper så att blandningen kan certifieras som brännbarhetsklass 1 enligt ASHRAE. Prestandaegenskaperna i den teoretiska ångkompressionscykelanalysen har modellerats för 7 icke-brännbara alternativ vid liknande förhållanden som för de brännbara köldmedierna. Modelleringsresultaten presenteras i figur 3 och diskuteras vidare nedan.



Figur 3. Modellerad köldfaktor (COP) och volymetrisk köldalstring (Q_{vol}) för icke-brännbara R134a-alternativ, relativt R134a.

Flera alternativ har utformats för att bibehålla köldalstringen likvärdig eller större än R134a (R513A, R513B, R460C och R456A). Deras förväntade energieffektivitet är nära R134a (1% reduktion) och GWP ligger inom intervallet 596-766. Om lägre GWP önskas är R515A och R515B alternativ med ytterligare reducerad GWP till 293 (R515B) och 393 (R515A). Dessa alternativ är blandningar av R1234ze(E) och små mängder R227ea och ger lägre volymetrisk köldalstring än andra alternativ till R134a. R450A är det alternativ som utvecklades tidigast och därför varit kommersiellt tillgängligt under längst tid. Det bör noteras att blandningar som börjar med siffran 5 (t.ex. R515a) är azeotropiska, dvs de saknar glide och kan därför förväntas ge bättre prestanda i värmeväxlarna.

I denna artikel granskade vi tillgängliga köldmedier som ses som lägre GWP-alternativ till R134a utan ozonnedbrytningspotential som, klassificerats, i ASHRAE 34 Standarden. Ytterligare icke-brännbara alternativ identifierades i en studie som analyserade 100387 köldmedieblandningar i jämförelse med R134a [2]. Som ett resultat identifierades 22 icke- brännbara och "nära brännbara" blandningar som R134a-alternativ. Den modellerade köldfaktorn för alla de identifierade blandningarna var nära eller något lägre än den för R134a. Volymetrisk köldalstringen låg i intervallet från -10% till +3,1% och GWP för icke-brännbara blandningar ungefär 33-51% lägre än för R134a.

Sammanfattning

Bland medier med låg GWP finns alternativ med olika brännbarhetsegenskaper, där det minst brännbara enkomponentköldmediet R1234ze(E) klassificeras som A2L. Om brännbarhet måste undvikas har många icke-brännbara köldmedieblandningar föreslagits. Även om de inte är helt designkompatibla med R134a-system, ger de en bra matchning med sina egenskaper och kan leda till mer energieffektiv drift.

Inget alternativ matchar dock helt R134a med avseende på alla egenskaper. Användningen av ett alternativ i ett specifikt system bör därför verifieras, företrädesvis genom experimentell validering av modellerade prestanda. Till exempel har R513A och R450A testats i kylvheter med liten kapacitet, där det visades att de kan ersätta R134a utan systemmodifieringar och, i fallet med R513A, även ger en liten ökning av energieffektiviteten hos det analyserade systemet. För en mer detaljerad diskussion av R134a-alternativen och resultaten av experimentella undersökningar kan jag hänvisa till min doktorsavhandling [3] som enkelt kan laddas ned från bit.ly/köldmedier.

Källor

- [1] ASHRAE, "ANSI/ASHRAE Standard 34-2019. Design and safety classification of refrigerants," American National Standards Institute, Atlanta, GA, 2019.
- [2] P. A. Domanski, M. O. McLinden, I. H. Bell och G. T. Linteris, "NIST technical note 2014. Low-GWP alternative refrigerant blends for HFC-134a," 2018.
- [3] P. Makhnatch, "New refrigerants for vapour compression refrigeration and heat pump systems: evaluation in a context of the requirements set by the F-gas Regulation and the Paris Agreement goals.," Stockholm, 2019.