

# Eftermontering och köldmedier med hög glide

Uttalande från Danfoss

**Av Norbert Blatz, Global Application Excellence Manager,  
John Broughton, Global Application Expert, Kommersiell kylning,  
Rasmus Damgaard Poulsen, specialist, Global Laboratory Technology, Ph.D.  
Kemi, Thierry Legay, Application Excellence Manager.  
Danfoss Cooling, september 2016**

Denna dokumentsamling informerar och vägleder med både allmän och detaljerad information om eftermontering och köldmedier med hög glide i anknötning till olika tillämpningar.

Denna dokumentsamling har gjorts så allmän som möjligt, eftersom denna fråga kommer att vara aktuell i kylnings- och luftkonditioneringsbranschen i flera år. Alla exemplen som visas ska därför endast ses som exempel för att diskutera de tekniska aspekterna.

Danfoss erbjuder en bred produktportfölj för köldmedier med låg global uppvärmningspotential (GWP). Kontakta din Danfoss-representant för att få den senaste informationen.

Eftermontering är endast för befintliga system som ska utrustas med ett alternativt köldmedium. Skäl för eftermontering kan vara:

1. Typen av köldmedium är inte längre tillåten.
2. Typen av köldmedium finns inte längre att tillgå.
3. Utbyte av hela installationen är för dyrt.

Man ska alltid beakta att ett nytt system med ett toppmodernt köldmedium med låg GWP är effektivare och därmed har lägre driftskostnad än ett system med ett eftermonterat köldmedium.

## **1. Snabbkontroll innan eftermontering (Norbert Blatz)**

Innan du börjar eftermontera ett system måste du verifiera att systemet kan utrustas med köldmediet i fråga. Eventuellt måste vissa ytterligare ändringar göras.

## **2. Eftermontering av köldmedium – komponenternas kemiska kompatibilitet (Rasmus Damgaard Poulsen)**

Detta är ett tillägg till snabbkontrollen med mer information om vilka varianter som är möjliga för eftermontering av ett system och vad det innebär för komponenter och material.

## **3. Procedur för eftermontering av ett system (Norbert Blatz, Thierry Legay)**

Riktlinjer steg för steg om hur du utför en eftermontering av ett system. Ett exempel med ett litet system som kan skalas upp och appliceras på mer komplexa system.

## **4. Eftermontering av system med glideköldmedier (Norbert Blatz, John Broughton)**

De flesta köldmedier som används vid eftermontering, men också vid konstruktion av nya system, är blandningar av köldmedier med relativt hög temperaturglide. Vad det är och vad det innebär för systemet och tillämpningen kommer att beskrivas i detalj. Dessutom kommer den praktiska tillämpningen att beskrivas utförligt.

# 1. Snabbkontroll innan eftermontering

Av Norbert Blatz, Global Application Excellence Manager

## Kompressor:

- Kan kompressorn köras med det nya köldmediet?
- Kontroll av hur mycket kylningskapaciteten kommer att förändras.
- Passar användningsområdet fortfarande? Kontrollera temperatur- och tryckgränserna.
- I de flesta fall måste oljefyllningen bytas ut.

## Kondensator:

- Kontrollera om kapaciteten passar den nya kompressorkapaciteten. Köldmedier med glide kräver större yta på grund av lägre genomsnittlig temperaturskillnad. Detta kan leda till en ökning av kondensationstemperaturen.

## Förångare:

- Kontrollera om kapacitet och prestanda fortfarande passar lagringskraven vad gäller luftfuktighet. Köldmedier med glide kan ge högre avfuktningstakt.

## Ventiler:

- Magnetventiler och andra typer av ventiler med gummipackningar måste få nya packningar monterade. Orsaken är att vanligtvis kommer olja/köldmedium att komma in i materialet, vilket kan orsaka uppsvullnad. Med ny olja/nytt köldmedium kommer det gamla innehållet att spoljas ut och packningen kommer inte längre att hålla tätt, vilket medför läckage till omgivningen efter en tid.

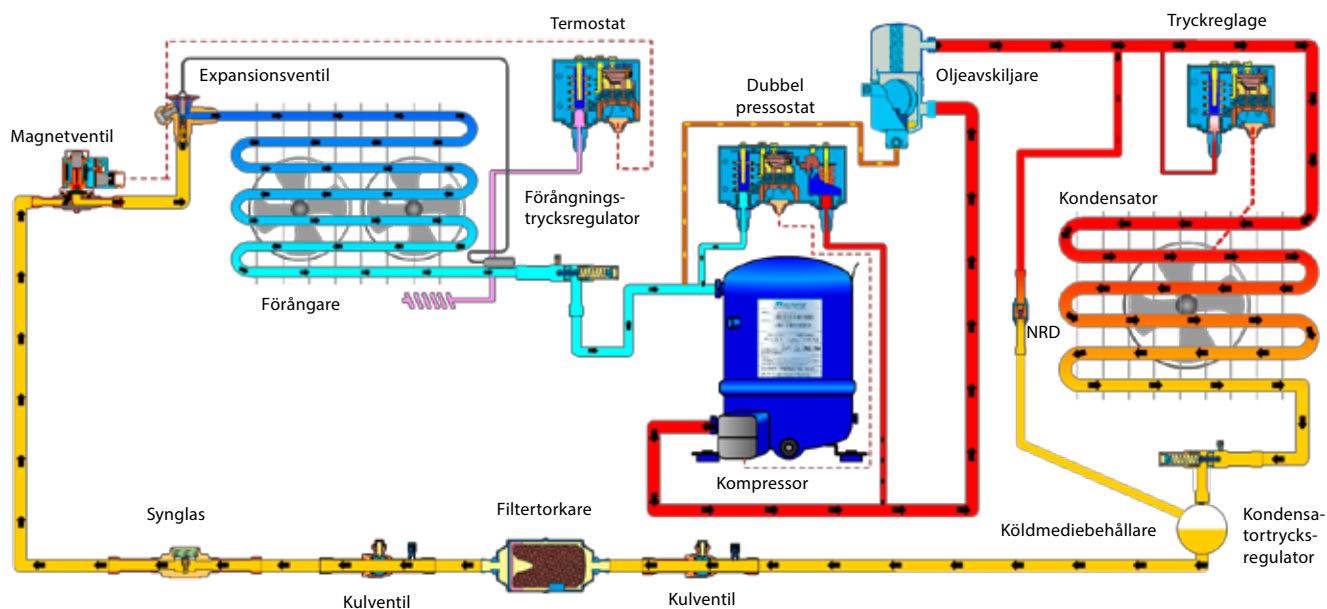
- Termostatiska expansionsventiler eller ventiler som har ett termostatiskt element som är laddat för ett visst köldmedium kan inte användas med en annan köldmedietyper utan vidare. Som ett första steg kan tryck-temperaturkurvan för både det nya och det gamla köldmediet jämföras. Om ventilen kan justeras och skillnaden på den önskade systemtemperaturen inte är mer än 3 K, kan en omjustering till det nya förhållandet vara möjlig. Dubbelkolla med Danfoss personal om du är tveksam.
- Andra styrventiler, som tryckreglerventiler, kan kräva omjustering. Kontrollera att ventilens inställningsområde och systemets maximala arbetstryck fortfarande är godkända med det nya köldmediet.

## Rörledningar:

- Kontrollera dimensioneringen av rörledningarna. Det nya köldmediet kan ha en annan densitet och entalpi (värden för värmetransport). I befintliga rörledningar medför detta andra hastigheter och tryckfall. Kritiska punkter kan vara sugledning och oljeretur!

## Regulator:

- Kontrollera om regulatorn måste justeras. Överhettningregulatorns inställning måste bibehållas med den nya typen av köldmedium. Eventuellt måste andra temperatur- eller tryckinställningar användas.



## 2. Eftermontering av köldmedium – komponenternas kemiska kompatibilitet

Av Rasmus Damgaard Poulsen, specialist, Global Laboratory Technology, Ph.D. Kemi

Eftermontering av kylsystem definieras i detta sammanhang som ett byte av köldmedium och/eller olja i ett system som för närvarande är i drift. Det är välkänt att konsekvenserna främst berör kompatibiliteten för tätningar, vilket kan leda till läckage eller andra fel i systemet, samt inställning av de individuella systemen (t.ex. expansionsenheter och andra nominella storlekar för komponenter som används i systemet). Denna artikel fokuserar på problem som kan uppstå med materialkompatibilitet vid eftermontering av komponenter i kylsystem. Kompressorrelaterade frågor, kapacitets- och effektivitetsförändringar på grund av nya termodynamiska data, funktioner som överhettningstilljusteringar vid expansionsenheter och blandbarhet med fuktighet hanteras inte.

Farhågan för kompatibiliteten är att ändringen i kemin vid övergång från en typ av köldmedium/oljeblandning till en annan kan orsaka stora förändringar i tätningarnas egenskaper, vilket leder till läckage eller andra fel i Danfoss-

komponenternas funktion. Ur teknisk synvinkel gäller risken främst volymförändringar och kompressionsproblem för vanliga icke-dynamiska tätningar, men även andra egenskaper kan utgöra problem, däribland hårdhet, klubbighet, töjbarhet och förmåga att arbeta vid maximal och minimal temperatur.

Risken är välkänd och tillverkare av både tätningar och köldmedier för eftermontering säger för närvarande att alla tätningar måste bytas ut vid eftermontering. Det är också väl känt att för många av tätningarna som används i kylsystem kan de olika typerna av olja ändra egenskaperna för tätningmaterialet på olika sätt. En allmän farhåga vid eftermontering är att förändringen kan leda till att partiklar och rester som innan eftermonteringen satt fast i systemet lossnar under de nya förhållandena. Dessa kan blockera eller ge oönskade mekaniska problem i det eftermonterade systemet.

**Det finns tre huvudvarianter för eftermontering, typ 1, 2 och 3, för vilka olika kompatibilitetsfrågor uppstår:**

Typ av eftermontering	Typ av köldmedium	Oljetyp	Ändringar av egenskaper	Riskbedömning
1	HFC till HFC/HFO	POE till POE PVE till PVE	Både ursprungligt och eftermonterat köldmedium har liknande kemiska egenskaper	Mycket liten
2	HCFC till HFC/HFO	MO till MO AB till AB	Ursprungligt och eftermonterat köldmedium har olika kemiska egenskaper	Liten
2	HCFC till HFC/HFO	MO till POE/PVE AB till POE/PVE	Ursprungligt och eftermonterat köldmedium har olika egenskaper vad gäller den kemiska kompatibiliteten för tätningarna. Oljebytet kan ge nya egenskaper.	Stor

Obs! Riskbedömningen ovan gäller bara om alla tätningar har bytts ut. En detaljerad bedömning ges nedan.

Obs! Namngivning: Hydroklorfluorkolväte (HCFC), hydrofluorkolväte (HFC), hydrofluoroolefin (HFO), polyolesterolja (POE), polyvinyleterolja (PVE), mineralolja (MO), alkylbensen (AB)

# Eftermontering av köldmedium – komponenternas kemiska kompatibilitet (forts.)

## Eftermontering, typ 1

Utbyte med köldmedium med liknande kompatibilitetsegenskaper. Oljetypen förblir densamma.

- Utbytet av köldmedium kommer inte att förändra egenskaperna för tätningmaterialet, vilket annars skulle medfört stora risker.
- Typen av eftermontering kan vara från HFC till HFC/HFO, samtidigt som POE-oljan behålls. Riskerna är mycket små om temperatur- och tryckspecifikationerna liknar varandra.
- Om tätningarna byts ut är risken låg eftersom allt köldmedium tas bort. Eventuell olja som fortfarande finns kvar i systemet kommer att reagera på liknande sätt som den nya eftermonterade oljan om oljan inte är krackad eller skadad i det gamla systemet.
- Risken för komplikationer är mycket låg, vilket historiska data också har visat.

## Eftermontering, typ 2

Utbyte med köldmedium med andra kompatibilitetsegenskaper. Oljetypen förblir densamma.

- Utbytet av köldmedium kan orsaka problem med avgasning (veck) eller kraftig uppsvullnad vid eftermontering.
- Typen av eftermontering kan vara från HCFC till HFC/HFO, men med samma typ av MO-olja. Riskerna är små om temperatur- och tryckspecifikationerna liknar varandra.
- Den största farhågan för närvarande är användningen av tätningar med en stor mängd mjukmedel som kan ha tvättats ut av det initiala köldmediet, eller den omvända situationen med det eftermonterade köldmediet. Risken för fel eller läckage beror på det eftermonterade köldmediets förmåga att uppträda på ungefär samma sätt som det ursprungliga köldmediet för att bibehålla systemets allmänna kemi.
- Om tätningarna byts ut är risken låg eftersom allt köldmedium tas bort. Eventuell olja som fortfarande finns kvar i systemet kommer att reagera på liknande sätt som den nya eftermonterade oljan om oljan inte är krackad eller skadad i det gamla systemet.
- Risken för komplikationer är låg, vilket historiska data också har visat.

## Eftermontering, typ 3

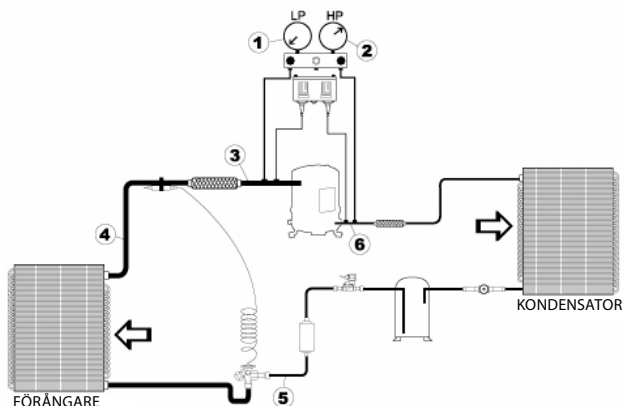
Utbyte av köldmedium och utbyte av olja, båda med andra egenskaper.

- Utbytet kommer att ändra tätningmaterialets egenskaper, vilket medför stora risker.
- Typen av eftermontering kan vara från HCFC till HFC/HFO och byte av MO- till POE-olja. Riskerna är stora, och ännu högre om temperatur- och tryckspecifikationerna inte liknar varandra.
- Om tätningarna byts ut är risken låg vad gäller köldmediet, men endast om allt köldmedium tas bort.
- Problemet är inkompatibiliteten när två oljor förekommer i systemet med olika kompatibilitet mot tätningmaterialet. Det innebär att även om systemets kemi kan valideras för användning med ett HFC/HFO-köldmedium och POE-olja, kan förekomsten av en MO-olja leda till andra förändringar i tätningmaterialets kompatibilitet, vilket leder till läckage eller andra fel. I detta fall måste även TXV-expansionsventilen samt fuktindikatorn och eliminatorm beaktas, eftersom icke blandbar olja kan komma att ändra de mekaniska och kemiska egenskaperna.
- Om tätningarna och köldmediet byts ut enligt ovan, är utbytet av oljetyp den stora risken. Om 100 % av oljan kan bytas ut blir risken lika låg som för eftermontering, typ 2. Men i praktiken är det oftast inte möjligt att byta ut hela oljepaketet. Säkerhetsåtgärder som bättre oljeretur kan minska risken för att en oljeblandning cirkulerar genom hela systemet, men en försäkran om detta beror på det specifika systemet och är därmed inte känd.
- Dessutom innehåller vissa köldmedier för eftermontering vissa kolväten i vilka MO är blandbar. Teoretiskt sett kan detta möjliggöra transport av olja av MO-typ i systemet.
- Risken för komplikationer är stor eftersom det finns många olika scenarier relaterade till hur många procent av oljan som byts ut samt typen av köldmedium för eftermontering. Kända historiska data saknas. Dessutom kan ändringar i systemspecifikationerna såsom temperatur och tryck öka risken.

### 3. Procedur för eftermontering av ett system

Av Norbert Blatz, Global Application Excellence Manager och Thierry Legay, Application Excellence Manager

#### Steg 1 – Kontroll av driftsparametrar



#### Mät:

1. Sugtrycket vid kompressorn
2. Utsläppstrycket vid kompressorn

#### Mät:

3. Sugtemperaturen vid kompressorn (d.v.s. total överhettning)
4. Sugtemperaturen vid förångarens utlopp (d.v.s. förångarens överhettning)
5. Vätsketemperaturen vid expansionsventilens inlopp (d.v.s. vätskeunderkylning)
6. Utsläppstemperaturen vid kompressorn

#### Mät:

7. Strömtilförselns spänning och ström
8. Kontrollera flödet av köldmedium till förångaren i varje fördelarrör (kontrollera noga om rören är igentäppta av smuts eller slam).

#### Steg 2 – Borttagning av köldmediefyllningen

Återvinningsutrustning för köldmedium måste användas.



- Stäng vätskebehållarens avstängningsventil eller någon annan komponent i vätskeledningen som är lämplig att använda för en nedpumpning.
- Låt systemet köra tills lågtrycksbrytaren stänger av kompressorn.
- Slå av huvudkrets-brytaren.
- Isolera (om möjligt) kompressorns högtryckssida från systemet genom att stänga rotolock-utsläppsventilen.
- Ta bort köldmediet från systemets högtryckssida via någon anslutning eller ventil placerad på vätskeledningen.
- När högtryckssidans köldmedium har överfört till återvinningsflaskan öppnar du isoleringsanordningen på lågtryckssidan.
- Notera vikten på det återvunna köldmediet.

#### Viktiga noteringar:

- System fyllda med brännbara köldmedier (säkerhetsklass A2, A2L, A3) skall servas och underhållas av utbildad tekniker med kunskaper inom brännbara köldmedier.  
Vissa verktyg är specifika för brännbara köldmedier.
- Verktygen skall vara klassade för Zon 2 eller ha ett annat godkännande för brännbara medier.
- Arbetsplatsen måste ha god ventilation utan någon antändningskälla inom 3 meter från aggregatet.  
Brandsläckare med Co2 eller pulver skall alltid finnas tillhands.
- Innan man skall göra ett ingrepp i systemet skall alltid köldmediet avlägsnas för att senare spolas med nitrogen.

# Procedur för eftermontering av ett system (fortsättning)

## Steg 3 – Avtappning av kompressoroljan



Danfoss Maneurop®  
kolvkompressorer



Danfoss stora  
scrollkompressorer

Oljedraineringsanslutning

- Öppna sugporten eller synglasporten (i förekommande fall).
- Flytta långsamt kompressorn till vågrätt läge och återvinn oljan från kompressorns suganslutning eller oljesynglasets öppning.
- Obs! Den stora scrollkompressorn är utrustad med en oljedraineringsanslutning och kan därför tömmas på sitt smörjmedel i vertikalt läge. I detta fall trycksätter du kompressorns lågtryckssida (med torrt kväve).
- Ta vid behov ett prov av oljan för analys (d.v.s. vid operativ installation).
- Innan du återmonterar kompressorn eller byter ut synglas ska du byta ut packningarna mot nya (packningar för sug- och utsläppsportar samt synglas). Kontrollera om det gamla smörjmedlet innehåller syra med testutrustning för syra.
- Installera en ny filtertorkare. Ett burnout-filter, som "DAS" eller "DCR-DA", måste användas om provet för syra är positivt. Burnout-filtret måste tas bort efter några dagar när systemet är syrafritt.

### Viktigt:

Eftersom en liten mängd olja kan finnas kvar i systemet (i rör, värmeväxlare o.s.v.), kan den inte avlägsnas med denna process. För att minska mängden gammal olja rekommenderas du att byta oljefyllningen en gång till efter några dagars körtid.

## Steg 4 – Smörjmedel: anvisningar för påfyllning

Följande procedur beskriver hur du fyller på smörjmedel till kompressorer som är installerade i ett system.

### 1. Första stegen och nödvändig utrustning



- Pumpa ned kompressorns lågtryckssida till atmosfärstryck. Se till att inte gå över i vakuum för att förhindra att luft och fuktighet träder in i kompressorn under fyllningsproceduren.
- Använd en ny försluten smörjmedelsbehållare och en manuell oljepump. Pumpslangen ska dimensioneras för ¼ tums flänskoppling och inkludera en ventilnedtryckare i änden som öppnar ventilen på kompressorns Schrader-serviceport.
- Godkänd smörjmedelstyp står stämplad på kompressorns märkskylt. Kontrollera att oljebehållarens beskrivning matchar smörjmedelstypen på kompressorns märkskylt.

### 2. Avluftning av pump och slang



- Handpumpen (som liknar den på bilden) ska sättas in i oljebehållaren (kontrollera att pumpen är ren) i allra sista stund så att behållaren är öppen mot omgivningen så kort tid som möjligt (använd i förekommande fall en pluggadaptersats för att ytterligare minska smörjmedlets exponering för omgivningen).

## Procedur för eftermontering av ett system (fortsättning)

- Avlufta pumpen och slangen genom att trycka några gånger på pumpen. Avluftningen av pumpen är nödvändig för att skölja bort fuktigt smörjmedel som är kvar inuti från tidigare användning.
- Anslut slangen till kompressorns Schrader-port omedelbart efter avluftning för att undvika fuktföreningar.

### 3. Pumpa in smörjmedlet i kompressorn



- Pumpa in den uppskattade mängden smörjmedel eller tills synglasets visar korrekt nivå.

**Obs!** Om en stor mängd smörjmedel har förlorats från en kompressor utan synglas, kan oljenivån inte mätas eller iakttas. Det enda sättet att säkerställa korrekt fyllning är att dränera kompressorn och ladda den med nytt smörjmedel. I sådana fall måste kompressorn avlägsnas från installationen.

### Ytterligare rekommendationer

- När du har fyllt på med olja ska du köra kompressorn fullt belastad i 20 minuter och kontrollera nivån i synglasets igen. Nivån ska vara mellan  $\frac{1}{4}$  och  $\frac{3}{4}$ .
- Var försiktig så att du inte fyller på mer olja än nödvändigt. Följande negativa förhållanden kan uppstå om mängden olja är för stor:
  - fel på ventiler och kolvar eller spiralens spets på grund av vätskeslag i oljan
  - stort oljespill
  - förångarens prestanda sjunker på grund av uppbyggnad av olja i den nedre delen av systemet.

## Steg 5 – Nedpumpning till vakuum och torkningsprocedur

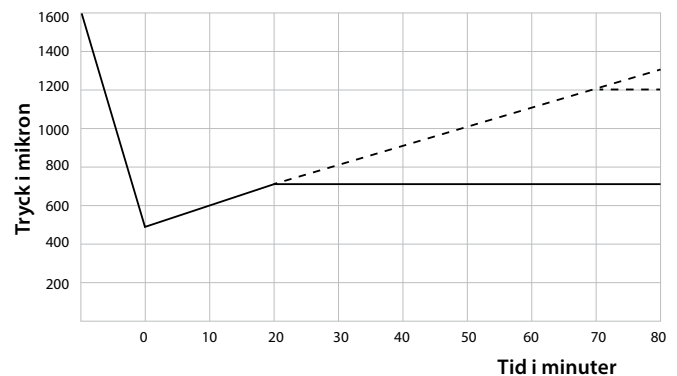
Vid eftermontering måste kylkretsen evakueras ordentligt efter utbyte av systemkomponenter (t.ex. filtertorkare, expansionsventil o.s.v.) och återmontering av kompressorn.

Detta avsnitt beskriver bästa arbetspraxis när du utför en vakuumpumpning av ett system. Kylkretsens fukttinnehåll är ganska svårt att mäta. Därför är det bäst att följa detta förfarande för att uppnå en säker och godtagbar fuktnivå före idriftsättning av en installation.

Fukt stör kompressorns och kylsystemets funktion. Luft och fuktighet minskar livslängden och ökar kondenseringstrycket. De kan också orsaka alltför högt utsläppstryck och för hög temperatur, vilket kan förstöra oljans smörjande egenskaper. Luft och fuktighet ökar också risken för syrabildning, vilket ger upphov till skador på kopparplätering och motorns isolering. Alla dessa fenomen kan orsaka mekaniska och elektriska kompressorfel. För att undanröja dessa faktorer rekommenderas en nedpumpning till vakuum enligt nedanstående procedur.

### Procedur

Om det är möjligt (om det finns avstängningsventiler) måste kompressorn isoleras från systemet. Det är viktigt att du ansluter vakuumpumpen till både lågtrycks- och högtryckssidan för att undvika återvändsgränder i systemet.



1. Efter ett läckttest ska du
2. pumpa ned kylkretsen under ett vakuum på 500  $\mu\text{m Hg}$  (0,67 mbar).
3. När en vakuumnivå på 500  $\mu\text{m Hg}$  nås måste kretsen isoleras från pumpen.
4. Vänta i 30 minuter.
5. Om trycket ökar snabbt har kretsen läckor. Lokalisera och reparera läckorna. Starta om från steg 1.
6. Om trycket ökar långsamt innehåller kretsen fukt. Bryt vakuomet med kvävgas och upprepa steg 2–4.

## Procedur för eftermontering av ett system (fortsättning)

### Kompressor försedd med avstängningsventiler

7. Anslut kompressorn till systemet genom att öppna ventilerna.
8. Upprepa steg 2–4 (och 5 eller 6, vid behov).
9. Bryt vakuomet med kvävgas.
10. Upprepa steg 2–4 på hela kretsen.

### Kompressor utan avstängningsventiler

7. Bryt vakuomet med kvävgas.
8. Upprepa steg 2–4 (och 5 eller 6, vid behov).

Ett vakuum på 500  $\mu\text{m Hg}$  (0,67 mbar) måste uppnås och upprätthållas i 4 timmar. Det garanterar att kretsen är både tät och helt vattenfri. Detta tryck ska mätas vid kylsystemet och inte på vakuumpumpens mätare.

### Vakuumpump

En tvåstegs vakuumpump med gasballast (0,04 mbar ständigt vakuum) ska användas med en kapacitet som passar systemets volym. Vi rekommenderar att du använder anslutningsledningarna med stor diameter och ansluter dessa till avstängningsventilerna och inte till kompressorns Schrader-anslutning. Detta görs för att undvika stora tryckförluster.

### Fuktnivå

Vid idriftsättning kan systemets fuktnivå vara upp till 100 ppm. Under drift måste filtertorkaren sänka detta till en nivå på mellan 20 och 50 ppm.

### Punkter att komma ihåg

- Om trycket sjunker under 500  $\mu\text{m Hg}$  under den initiala system-/kretsevakueringen finns det en risk att fukten i systemet fryser (flytande fukt instängd i små fickor omvandlas till is och förångas inte). Det låga vakuum som uppnås kan misstolkas som ett fuktfritt system, när det i själva verket fortfarande finns is i systemet. Denna risk är stor när en relativt stor vakuumpump används för en krets med liten volym. En enda nedpumpning till ett vakuum på 0,33 mbar (250  $\mu\text{m Hg}$ ) garanterar inte en tillräckligt låg fuktnivå.
- En låg omgivningstemperatur (under 10 °C) runt utrustningen försvårar borttagning av fukten.
- Vidta motåtgärder och spänningssätt kompressorns vevhusvärmare.
- Det är ännu viktigare att följa ovanstående procedur med HFC och polyolesterolja än det tidigare varit med HCFC (R22) eller CFC och mineralolja.

### Varning

Använd inte en megohmmeter och anslut inte kompressorn till strömtillförseln när den står under vakuum. Detta kan orsaka skador på motorlindningen. Kör aldrig kompressorn under vakuum eftersom kompressorns motor kan brinna upp.

### Steg 6 – Fyllning av köldmedium

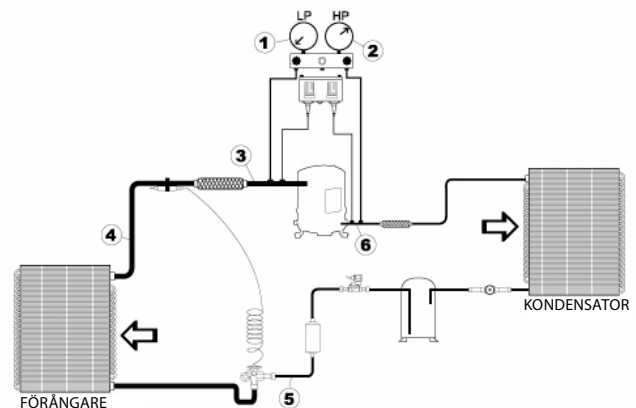
Zeotropiska och "nästan azeotropiska" köldmedieblandningar, såsom R407C och R404A, måste alltid tillföras i flytande fas. Vid den initiala fyllningen måste kompressorn stoppas och serviceventilerna stängas.

Fyll på med köldmedium så nära systemets nominella fyllningsmängd som möjligt innan kompressorn startas. Fyll sedan sakta på med köldmedium i flytande fas på lågtryckssidan så långt bort som möjligt från kompressorn i drift.

### Varning

- När en magnetventil används på en vätskeledning måste vakuomet på lågtryckssidan brytas innan systemet strömsätts.
- Mängden köldmedium måste vara lämplig för både vinter- och sommar drift. Se avsnittet "Liquid refrigerant control and charge limits" (Kontroll av flytande köldmedium och fyllningsgränser) i kompressorns tillämpningshandböcker för information om fyllningsgränser för köldmedium.

### Steg 7 – Kontroll efter start



Mät och anteckna:

1. Sugtrycket vid kompressorn
2. Utsläppstrycket vid kompressorn
3. Sugtemperaturen vid kompressorn (d.v.s. total överhettning)
4. Sugtemperaturen vid förångarens utlopp (d.v.s. förångarens överhettning)
5. Vätsketemperaturen vid expansionsventilens inlopp (d.v.s. vätskeunderkylning)
6. Utsläppstemperaturen vid kompressorns utlopp

Kontrollera om uppmätta data är inom förväntat/acceptabelt intervall och inom användningsområdet för komponenterna i systemet.

Det finns vissa särskilda aspekter vid användning av köldmedier med hög temperaturlide. Effekterna och hur du tar itu med dem är temat för nästa kapitel:



## 4. Eftermontering av system med glidekölmedier

Av Norbert Blatz, Global Application Excellence Manager och John Broughton, Global Application Expert, Kommersiell kylning

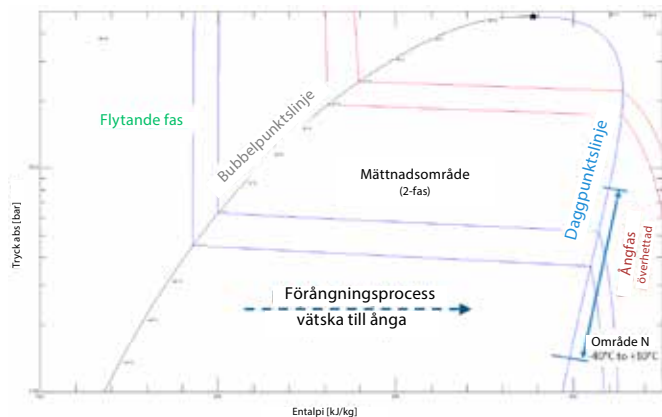
Ett antal nya syntetiska köldmedier finns eller kommer att finnas på marknaden som en följd av F-gasförordningen om sänkta GWP-värden för köldmedier. De flesta av dem är zeotropiska blandningar med en betydande temperaturglide.

För att visualisera skillnaderna med azeotropiska köldmedier (utan glide) har ett log (p)/h-diagram och ett p/t-diagram valts.

Alla olika typer av tillstånd vid olika förhållanden kan hittas i ett log (p)/h-diagram. X-axeln visar specifik entalpi och Y-axeln visar tryck, vanligtvis med logaritmisk skala. Från vänster till höger sida går det från rent flytande, korsar bubbelpunkten, där förångningsprocessen startar, och går in i mättnadsområdet. I mättnadsfasen är båda tillstånden, vätska och ånga, närvarande. När mer energi adderas leder det till mer entalpi, vilket i sin tur gör att mer vätska förångas upp till daggpunkten där all vätska har ändrat sitt tillstånd till ånga. När daggpunkten passeras blir ångan överhettad.

Värdet på överhettningen mäts som temperaturskillnaden mellan daggpunkten och den överhettade ångtemperaturen vid samma tryck, t.ex. vid utloppet i en torr expansionsförångare. Som exempel har tillämpningsområdet för TXV "Område N" från Danfoss lagts till.

Diagram 1

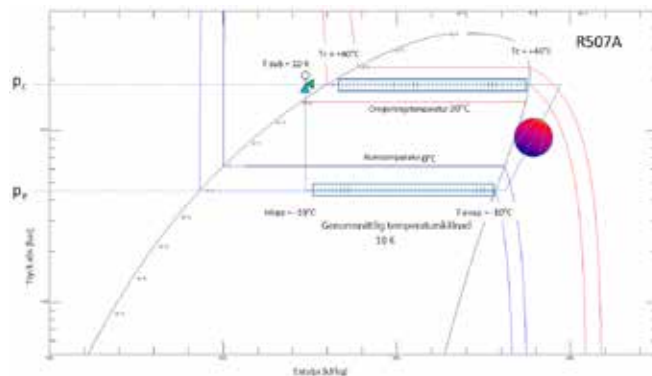


Inom mättnadsområdet beror temperaturen direkt på trycket. För rena köldmedier (inga blandningar som t.ex. R134a) och azeotropiska blandningar är temperaturen densamma genom hela förångningsprocessen. För blandningar med glide = zeotropiska blandningar: Temperaturen ändras betydligt under förångnings- eller kondenseringsprocessen, men trycket förblir konstant.

Förenklat sagt beror denna temperaturglide på att köldmediet med den lägsta förångningstemperaturen kommer att förångas först medan köldmediet med den högsta förångningstemperaturen kommer att avdunsta sist. För att visualisera effekten av glide har en vanlig torr expansionskrets ritats in i ett förenklat log (p)/h-diagram. Temperaturskillnaden vid värmeväxlaren ska vara 10 K både till omgivningstemperaturen och kylrumstemperaturen.

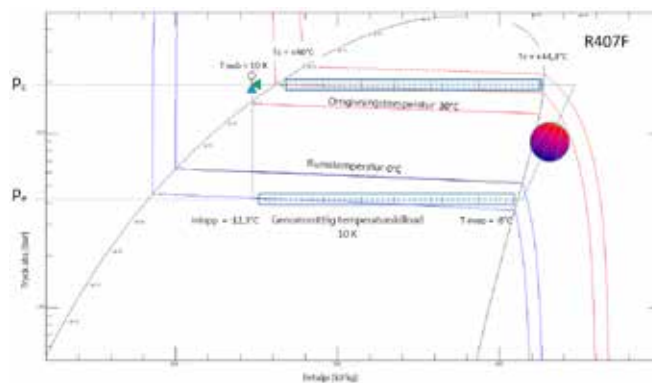
Exempel med köldmedium utan glide, azeotropisk blandning, R507A: Kondensations- och förångningstemperaturerna är desamma vid samma tryck.  $p_c$  = kondensationstryck och  $p_e$  = förångningstryck.

Diagram 2



Samma system, men nu med zeotropiskt köldmedium R407F: För att uppnå 10 K temperaturskillnad ändras förångningstemperaturen från -12,3 °C vid inloppet till -8 °C daggpunkt.

Diagram 3



Förändringen av förångningstemperaturen och dess konsekvenser för värmeväxlaren och expansionsenheten diskuteras i nästa kapitel.

## Eftermontering av system med glideköldmedier (fortsättning)

### Påverkan på tillämpningen vid användning av köldmedium med hög glide.

På grund av temperaturändringen ändrar sig även temperaturskillnaden mellan luft och värmeväxlare, och detta måste beaktas vid dimensionering av värmeväxlaren.

#### Kondensator:

Den genomsnittliga temperaturdifferensen mellan luft och kondensator blir lägre och kräver en större kondensator. Vid eftermontering kan det leda till en högre kondenserings temperatur om kompressorn har samma kapacitet som tidigare.

#### Förångare:

Medeltemperaturen ökar och påverkar kapaciteten positivt. Men det finns två kritiska aspekter att ta hand om – expansionsenheten och förändringen av avfuktningstakten.

Först ska vi förklara lite om förhållandet mellan överhettning och värmeväxlarens kapacitet.

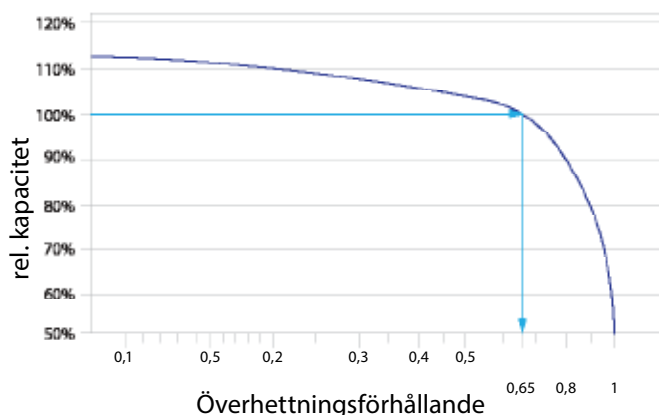
#### Överhettningsreglering:

Kapaciteten för en förångare med flänsar och rör definieras utifrån luftinloppstemperaturen, DT1 och överhettningsvärdet.

DT1 har specificerats som temperaturskillnaden mellan luftinlopp och daggpunktens förångningstemperatur.

Exempel: Luftinlopp = 0 °C, daggpunktens förångningstemperatur = -10 °C → DT1 = 10 K.

#### Diagram 4



För att uppnå 100 % förångarkapacitet definieras målvärdet för överhettning som DT1 x överhettningsförhållandet: 10 K x 0,65 = 6,5 K.

Sett ur regleringsperspektiv är ett värde på 0,65 nästan optimalt och specificeras i EN 328-standardens som målvärdet för luftkylare. Diagram 4 visar att bara en liten ökning (högre SH) av detta värde orsakar enorma förluster i användningen av förångarens yta.

Å andra sidan orsakar en minskning av överhettningen en relativt liten ökning av kapaciteten.

En jämförelse av förångarens överhettningvärden i diagram 2 och 3 visar olika värden. Förångarens genomsnittliga temperaturskillnad i diagram 2 och 3 är densamma. Men på grund av glide med R407F i diagram 3 är det erforderliga överhettningvärdet lägre. Anledningen till detta är att daggpunktens förångningstemperatur på -8,1 °C är 2 K högre än för R507A i diagram 2.  $DT1 = 0\text{ °C} - (-8,1\text{ °C}) = 8,1\text{ K}$ . Därför är målvärdet för överhettning =  $8,1\text{ K} \times 0,65 = 5,3\text{ K}$ .

### Köldmedier med hög glide och expansionsventiler

Expansionsenheter använder tryck och temperatur för att reglera överhettningnivån vid förångarens utlopp.

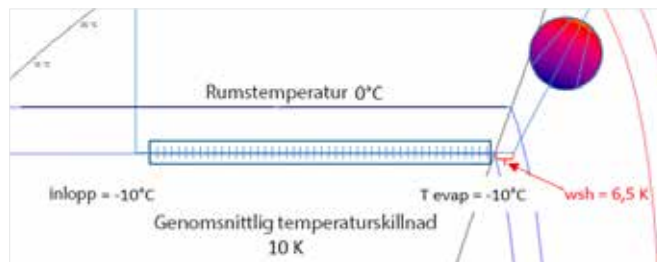
Den enda giltiga referensen för reglering av överhettningen är daggpunktlinjen (100 % förångat).

Expansionsventilens termostatiske element fylls med ett medium som ger nästan samma temperaturskillnad över ett brett område (t.ex. fyllning enligt Danfoss område N: -40 °C till +10 °C).

Därför kan överhettningen fastställas med hänvisning till daggpunkten.

Till exempel behöver R507A i diagram 2 ett överhettningvärde på 6,5 K för att utnyttja förångaren till 100 %. Detta är baserat på 10 K genomsnittlig temperaturskillnad.

#### Diagram 2, närbild



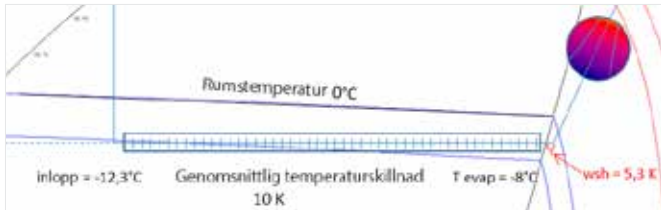
# Eftermontering av system med glideköldmedier (fortsättning)

## Varför kan överhettningen på en TXV behöva justeras?

### 1. På grund av glide:

I diagram 3 syns det att på grund av glide är daggpunktstemperaturen för R407F ungefär -8,1 °C och samma förångare kräver även vid 10 K genomsnittlig temperaturskillnad en överhettningsinställning på 5,3 K för att utnyttja kapaciteten till 100 %.

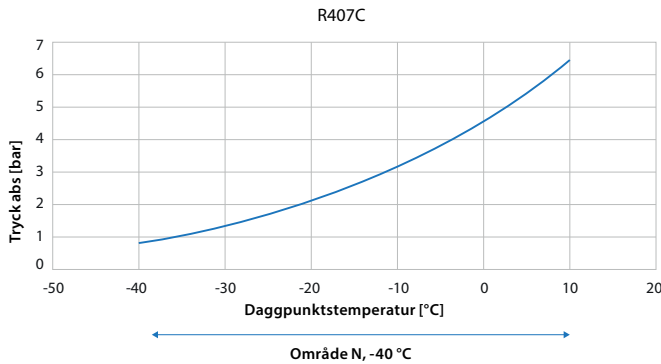
Diagram 3, närbild



### 2. Vid eftermontering finns ingen TXV med korrekt laddning tillgänglig:

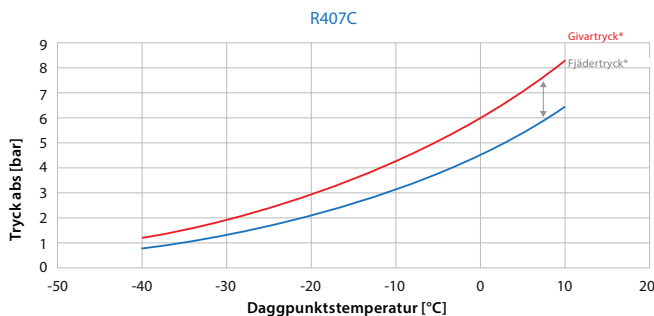
Här syns en daggkurva på samma sätt som i diagram 1, men konverterad till välkända tryck över temperatur.

Diagram 5



En fjäder som verkar mot givartrycket tillförs för att öka erforderlig bulbtemperatur (överhettad) för att öppna ventilen:  $\text{Givartryck} + \text{Fjädertryck} = \text{Överhettning}$

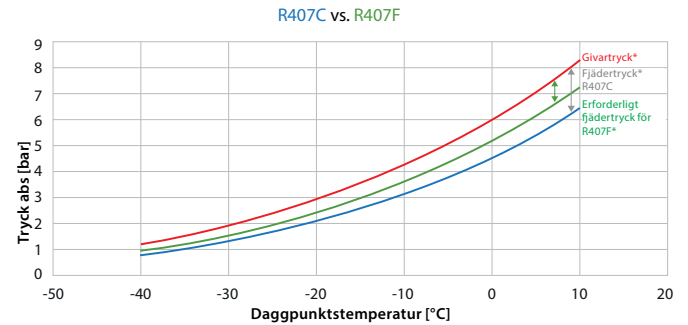
Diagram 6



\*Förenklat för att visa principen

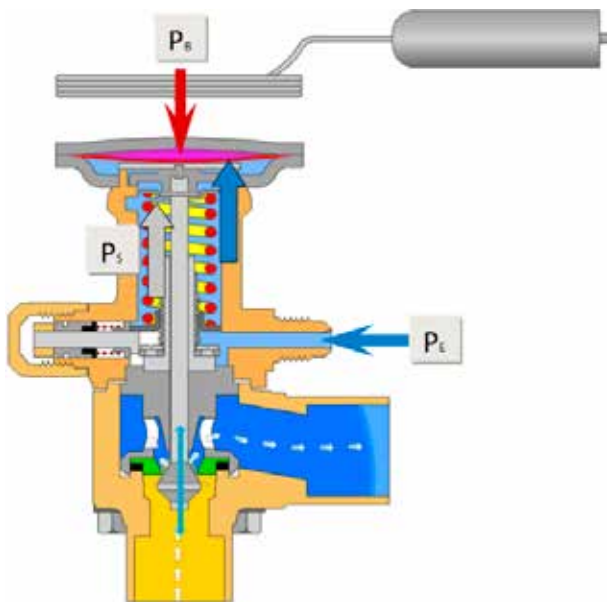
Vid eftermontering med R407F kommer R407C-fyllning + fjäderkraft/-tryck att orsaka en alltför hög överhettning. Därför måste fjäderkraften minskas. Detta görs genom att vrida på SH-inställningsskruven moturs.

Diagram 7

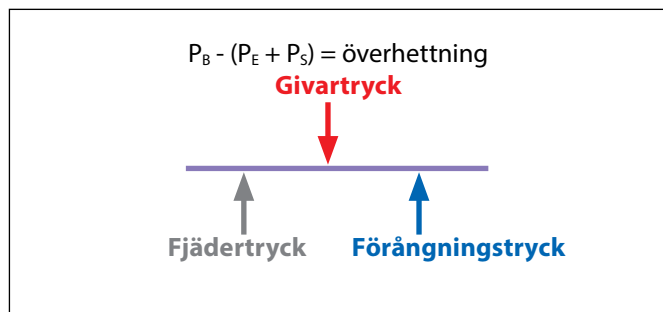


\*Förenklat för att visa principen

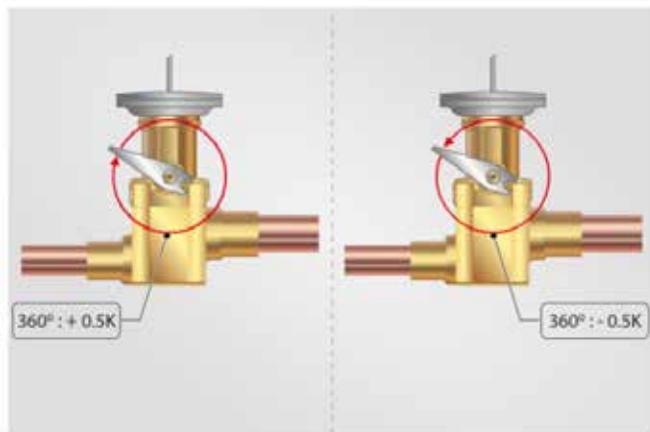
## Krafter vid en ventil och hur du återställer statisk överhettning



Givartrycket  $P_B$  måste övervinna förångningstrycket  $P_E$  + fjädertrycket  $P_S$ .  
Genom att minska fjädertrycket med SH-inställningen kan du anpassa ventilen för ett köldmedium den egentligen inte är konstruerad för.



### TE 5~55 superheat



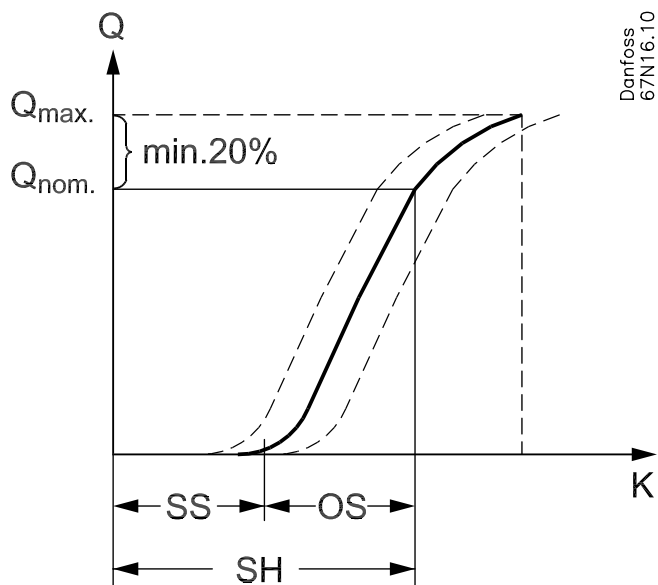
**Obs!** Om korrigeringen är mer än kanske 3 K kan kvaliteten på regleringen bli sämre. Du rekommenderas att välja en annan typ av fyllning som är närmare målvärdet.

### Exempel:

Statisk överhettning  $SS = 4 \text{ K}/7,2 \text{ °F}$  (fabriksinställning)  
Öppningsöverhettning  $OS = 4 \text{ K}/7,2 \text{ °F}$   
Öppningsöverhettningen är 4 K, d.v.s. från den punkt där ventilen börjar öppna sig till den nominella kapaciteten. Öppningsöverhettningen bestäms av utformningen och kan inte ändras.

Total överhettning  $SH = SS + OS$   
 $SH = 4 + 4 = 8 \text{ K}/14,4 \text{ °F}$

Total överhettning SH kan ändras genom att du ändrar SS (med hjälp av inställningsspindelns).



## Förångarens prestanda med köldmedier med glide och påverkan på tillämpningen

På grund av glide kommer temperaturen på delar av förångarens yta att vara låg och kan eventuellt öka avfuktningstakten.

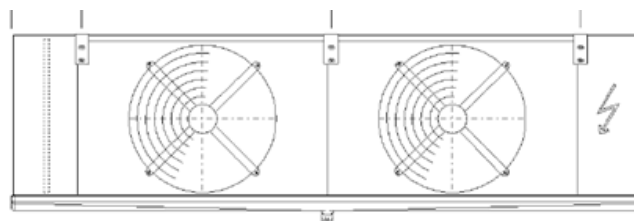
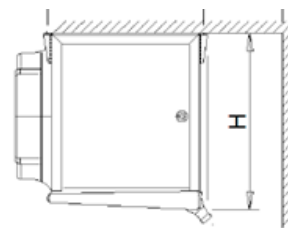
### Låt oss titta på värdena från det första exemplet:

(se diagram 2)

Kylrum, R507A, rumsförhållanden 0 °C, 80 % rel. fukt.,  
genomsnittlig temperaturskillnad 10 K.

Kylningskapacitet kan vara 10 kW.

En takmonterad typ med 32,7 m<sup>2</sup> yta och 2 fläktar med  
6 280 m<sup>3</sup>/h har valts.



### Detaljerade resultat

R507A	Kapacitet	$\Delta t_m$	DT1	T evap dew	Wsh	Körtid
	10,1 kW	10 K	10 K	-10 °C	6,5 K	18 h/d
<b>Förångare:</b>	2 fläktar / 32,7 m <sup>2</sup>					
<b>Luft in:</b>	0 °C	80 % rel. fukt.				
<b>Luft ut:</b>	-3,8 °C	95 % rel. fukt.				
<b>Luftflöde:</b>	6 280 m <sup>3</sup> /h					
<b>Avfuktning:</b>	47,75 kg/d					

### Eftermontering med R407F

#### Första steget: Överhettningstillståndet kommer att vara densamma som förut: 6,5 K

En genomsnittlig temperaturskillnad på 12 K leder till 12,5 kW ökad kapacitet och kortare körtid. En negativ effekt är att avfuktningstakten stiger markant. Detta kan vara dåligt för färska varor utan förpackning.

R407F	Kapacitet	$\Delta t_m$	DT1	T evap dew	Wsh	Körtid
	12,5 kW	12 K	10 K	-10 °C	6,5 K	14,3 h/d
<b>Förångare:</b>	2 fläktar / 32,7 m <sup>2</sup>					
<b>Luft in:</b>	0 °C	80 % rel. fukt.				
<b>Luft ut:</b>	-4,7 °C	95 % rel. fukt.				
<b>Luftflöde:</b>	6 280 m <sup>3</sup> /h					
<b>Avfuktning:</b>	60,96 kg/d					

#### Andra steget: Justera om expansionsventilen till ett överhettningvärde på 5,3 K.

Överhettningen har sänkts till 5,3 K och dagpunktens förångningstemperatur har höjts till -8,1 °C för att få en temperaturskillnad på 10 K (se även diagram 3).

R407F	Kapacitet	$\Delta t_m$	DT1	T evap dew	Wsh	Körtid
	10,8 kW	10 K	8,1 K	-8,1 °C	5,3 K	16,6 h/d
<b>Förångare:</b>	2 fläktar / 32,7 m <sup>2</sup>					
<b>Luft in:</b>	0 °C	80 % rel. fukt.				
<b>Luft ut:</b>	-4,1 °C	95 % rel. fukt.				
<b>Luftflöde:</b>	6 280 m <sup>3</sup> /h					
<b>Avfuktning:</b>	53,32 kg/d					

**Viktig anmärkning:**

Dessa resultat visar att för en tillämpning där avfuktning är en kritisk parameter ska den genomsnittliga temperaturskillnaden vara lägre än med en enskild vätska eller azeotropiska blandade köldmedier.

**Speciella effekter:**

Det har visat sig att i vissa större lågtemperaturlämpningar med köldmedium med hög glide har flytande köldmedium förlorats till kompressorn. Då måste du göra tvärtemot ovanstående beskrivning. Överhettningstillämpningen måste ökas för att skydda kompressorn. Köldmedier med liten eller ingen glide uppvisar inte denna typ av effekter i lågtemperaturlämpningar.

**Sammanfattning:**

Komponenter för köldmedier med hög glide måste dimensioneras och väljas utifrån genomsnittlig temperaturskillnad. Redan på grund av glide kan det vara nödvändigt att justera om SH-inställningen.

Även om ett köldmedium fungerar för en viss temperaturnivå, fungerar det inte nödvändigtvis för en annan temperaturnivå på samma sätt (t.ex. luftkonditionering jämfört med låg temperatur).

Prestandan för varje mekanisk expansionsventil är optimerad för användning med ett speciellt köldmedium. När ett annat köldmedium används kommer ventilen inte att fungera på exakt samma sätt eller med samma reglernivå.

Om du vill minska risken för problem med systemet och bibehålla en stabil systemreglering kan en anpassad ny termostatisk expansionsventil eller en EEV vara ett bra alternativ. En EEV erbjuder också större flexibilitet i den fortsatta utformningen om överhettningregulatorn kan hantera det valda köldmediet. Danfoss uppgraderar alltid regulatorerna till marknadens bästa köldmedier med låg GWP.

**Anmärkning:**

Köldmedier och förhållanden som anges i detta dokument förespråkar inte något särskilt köldmedium eller särskilda förhållanden! Syftet med detta dokument är att diskutera de fysiska aspekterna och påverkan på komponenter och systemutformning på ett neutralt sätt.

Du kan ta reda på om en expansionsventil från Danfoss är lämplig med nedanstående verktyg för låg GWP.

<http://refrigerationandairconditioning.danfoss.com/support-center/apps-and-software/low-gwp-tool/> Se även: ASERCOM, Refrigerant Glide and Effect on Performances Declaration (Deklaration om glide för köldmedier och effekt på prestanda) (<http://asercom.org/guides>)