

Effekt av underkylning med olika köldmedier

I förra spalten tog vi upp vilka kolväten som kan användas som köldmedier. I samband med detta visade vi effekten av att använda en intern värmeväxlare mellan vätskeledningen och sugledningen för olika köldmedier. Förbättringen i COP var mellan 2 och 5% med 5K underkylning av vätskan. Efter publiceringen fick jag frågan om hur stor förbättringen skulle bli om underkylningen var större. I den här spalten ska vi titta lite närmare på detta, och inte bara inskränka oss till kolväten. Generellt kan man säga att förbättringen (1 % ökning av värmefaktorn) per grad är ungefär densamma, oavsett om underkylningen är liten eller stor. Effekten per grad minskar dock något lite.

I vår lärobok i kylteknik, som använts i olika omarbetade former de senaste 50 åren, finns vad vi kallar y-faktorer tabellerade för flera köldmedier. Med dessa faktorer kan man beräkna hur underkylning, överhettning och intern värmeväxling påverkar kyl/värmeeffekten och värmefaktorn/köldfaktorn. Principen för övningen här är densamma som i vår lärobok, men här finns bara utrymme för några exempel. Vi behöver skilja på två olika fall, underkylning med någon "extern" värmesänka och intern värmeväxling:

- Underkylning av köldmediet efter kondensorn innebär att entalpiändringen i kondensorn (kondensorvärmes) (q_1) ökar. Samtidigt ökar också entalpiändringen i förångaren (q_2). Om underkylningen skapas "externt" genom kontakt med omgivningen kommer kompressorarbetet (ϵ) inte att ändras (idealt). Detta innebär att värmefaktorn ($COP_1=q_1/\epsilon$) och köldfaktorn ($COP_2=q_2/\epsilon$) ökar. Hur mycket dessa ökar beror på hur mycket vi underkyler (antal grader) och vilket köldmedium det gäller. En förutsättning för att få högre värmefaktor är givetvis att underkylningen kan nyttjas för att värma.
- Underkylningen kan också skapas genom att värmeväxla mellan vätskeledningen och sugledningen med en intern värmeväxlare. I detta fall ändras tillståndet vid inloppet till kompressorn, temperaturen där ökar, vilket alltid innebär att kompressorarbetet ökar. I detta fall får vi två motsatta effekter för värmefaktorn och köldfaktorn: Värmeöverföringen i förångaren q_2 och kondensorn q_1 ökar båda, men kompressorarbetet ϵ ökar också. Hur mycket kvoterna q_1/ϵ och q_2/ϵ ökar eller minskar beror på vilket köldmedium vi använder. För vissa köldmedier är intern värmeväxlare positivt men inte för andra. En ytterligare effekt av att använda intern värmeväxlare är att hetgastemperaturen stiger, vilket blir begränsande för vissa köldmedier

För att något visa effekten av underkylning och intern värmeväxlare kan vi räkna på ett enkelt fall med 50°C kondenseringstemperatur och 0°C i förångning. Vi antar vidare att kompressorn är ideal, dvs har 100% isentropverkningsgrad. För denna idealiserade process visas i diagrammen nedan resultat för 0 till 20K underkylning, dels som "extern" underkylning, dels genom intern värmeväxlare. Vi jämför här sex olika, vanliga köldmedier, R32, R134a, R410A, propan (R290), isobutan (R600a) samt ammoniak (NH₃).

Figur 1 visar att värmefaktorn ökar tydligt för alla köldmedierna med ökande underkylning. Lutningen på kurvorna är lite olika, där NH₃ och R32 tjänar något mindre på underkylningen.

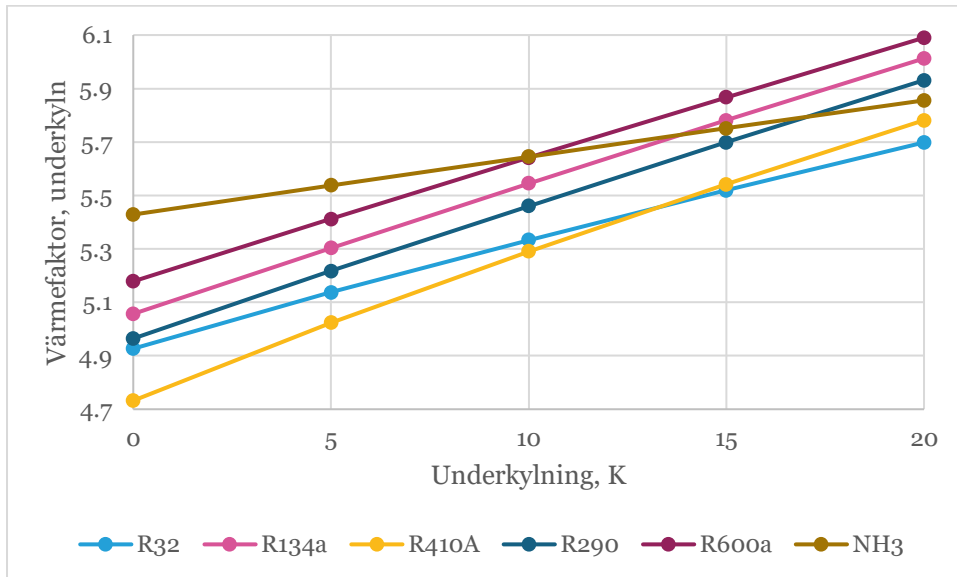
Figur 2 visar värmefaktorn med intern värmeväxlare. Här är det tydligt att NH₃ och R32 avviker från de övriga, med tydligt sjunkande värmefaktor med ökande underkylning.

Som vanligt gäller att köldfaktorn är ett mindre än värmefaktorn, varför kurvorna för köldfaktorn skulle se likadana ut, men förskjutna.

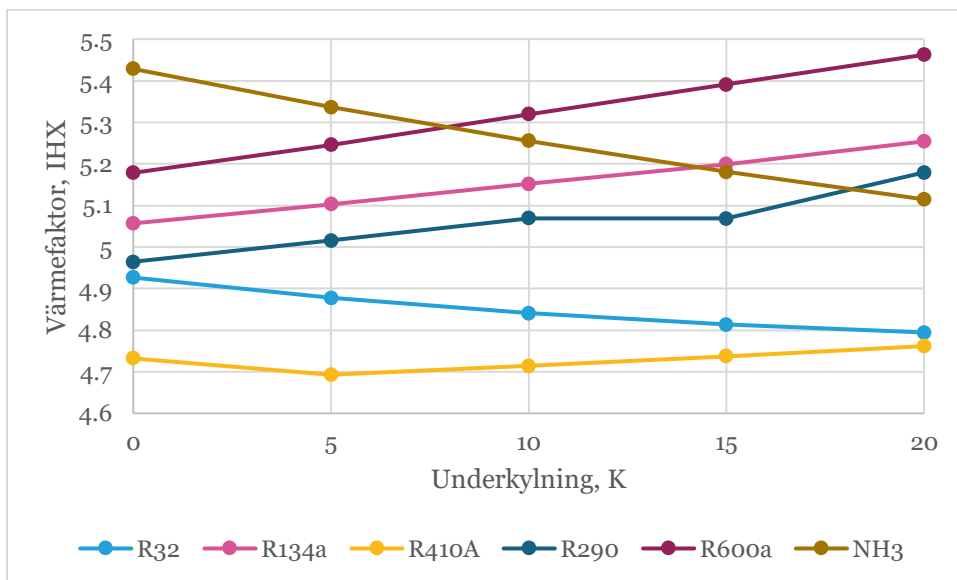
I Figur 3, slutligen, visas hetgastemperaturen (förutsatt isentropisk kompression). Som framgår är det stor skillnad mellan hetgastemperaturerna även utan underkylning. Med underkylning blir

skillnaderna ännu större. Återigen är det NH₃ och R32 som avviker genom att ge högre temperaturer än övriga medier.

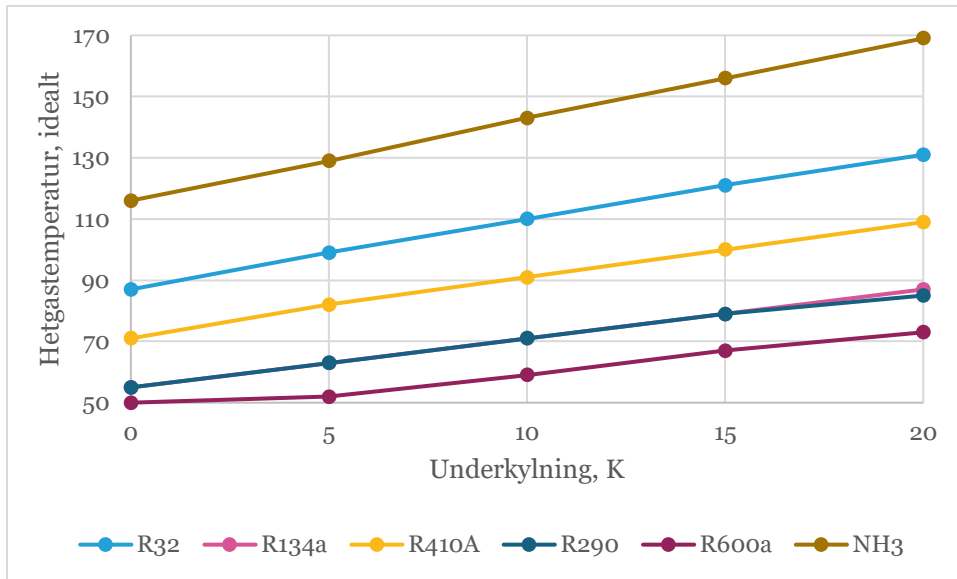
Tre av de sex medierna, R290, R600a och R134a ger klara fördelar med underkylning och/eller intern värmeväxling. För dessa tre medier blir inte heller hetgastemperaturerna höga.



Figur 1: Värmefaktorns beroende av underkylningen, extern nyttig underkylning, vid 0°C i förångning, 50°C i kondensering och isentropisk kompression.



Figur 2: Värmefaktorns beroende av underkylningen, intern värmeväxlare mellan vätskeledning och sugledning, vid 0°C i förångning, 50°C i kondensering och isentropisk kompression.



Figur 3: Högastemperaturens beroende av underkylningen, intern värmeväxlare mellan vätskeledning och sugledning, vid 0°C i förångning, 50°C i kondensering och isentropisk kompression.