



Validering av beräkningsfunktion för för värmepumpar med R744 som köldmedium.

2021-01-15



Inledning

Rapporten innehåller en jämförelse av beräknade värden med uppmätta värden från två typer av värmepumpar. Den ena värmepumpen är en luft/vatten-värmepump och den andra en brine/vatten-värmepump.

Mätdata har hämtats från fabrikantens datablad som innehåller uppgifter om temperaturer avgiven värmeeffekt och tillförd eleffekt.

Beräkningen är gjord utan kännedom hur styrfunktioner är utformade eller hur hetagskylare är dimensionerade.

Värmepumpar med R744 som köldmedium har en mer komplicerad funktion än värmepumpar med kondenserande köldmedier genom att hetgasens tryck kan styras oberoende av hetgastemperaturen.

I VIP-Energy regleras hetgasttrycket mellan 8 MPa till 12 MPa. Trycket väljs för att i varje situation uppnå högsta värmefaktor. Värmefaktorn är beroende av samtliga fyra temperaturer in till och ut från förångare och hetgaskylare.

Med R744 som köldmedium är dessutom hetgaskylarens dimensionering mer kritisk än vad som är fallet med kondenserande köldmedier. Värdet för värmeöverföringstalet har satts till avgiven effekt vid provning dividerat med 6K. Det innebär att medeltemperaturen mellan köldmedium och värmebärare är 6 K som är normal temperaturdifferens i kondensator mellan köldmedier och värmebärare i värmepumpar med kondenserande köldmedier.

Validering av värmepump av typen luft/vatten.

Indata

Mätdata finns för utetemperaturer mellan 15 °C till + 25 °C. Returtemperaturen har varierats mellan från 10 °C till 30 °C och framledningstemperaturen från 60 °C till 90 °C.

Data är uppmätta enligt EN14511 vilket innebär att reduktion av prestanda på grund av isbildning och avfrostning ingår i mätdata. Jämförelsen är gjord utan kännedom om avfrostningsfunktionen i det aktuella fallet utan beräkningen är gjord med en standardfunktion som finns i VIP-Energy som tar hänsyn till den mängd i som bildas per tidsenhet.

Samtliga fall har beräknats med samma indata. Utetemperatur +7 °C, returtemperatur 10 °C och framledningstemperatur 60 °C.

Resultat

I diagrammen redovisas COP och avgiven värmeeffekt som funktion av utetemperatur. Avvikelsen mellan beräknad och uppmätta värden redovisas som % av uppmätta värden.

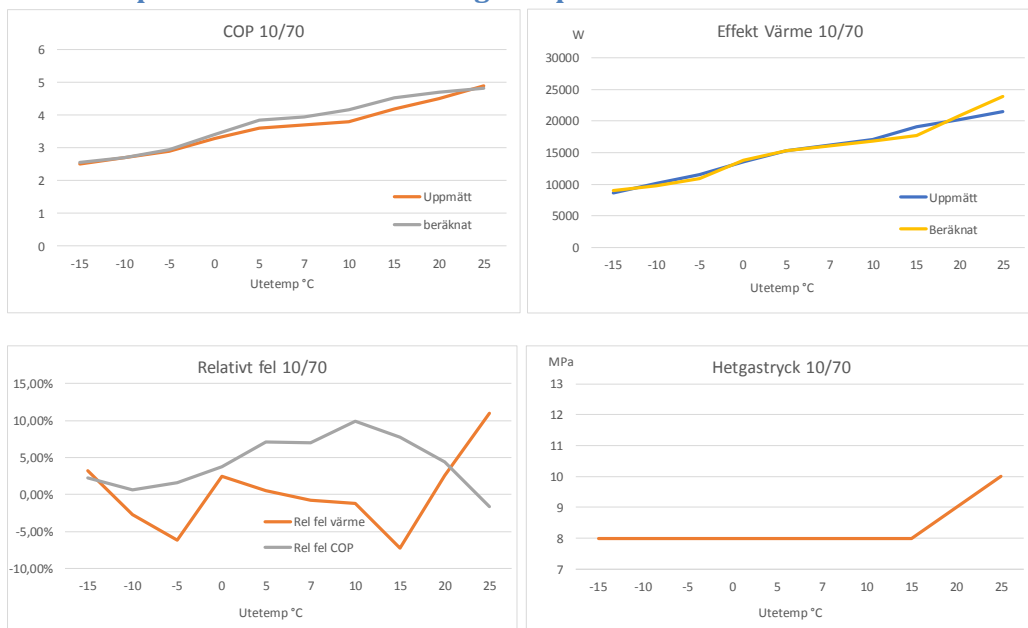


Validering av beräkningsfunktion för värmepumpar med R744(CO₂) som köldmedium.

Returtemperatur 10 °C framledningstemperatur 60 °C



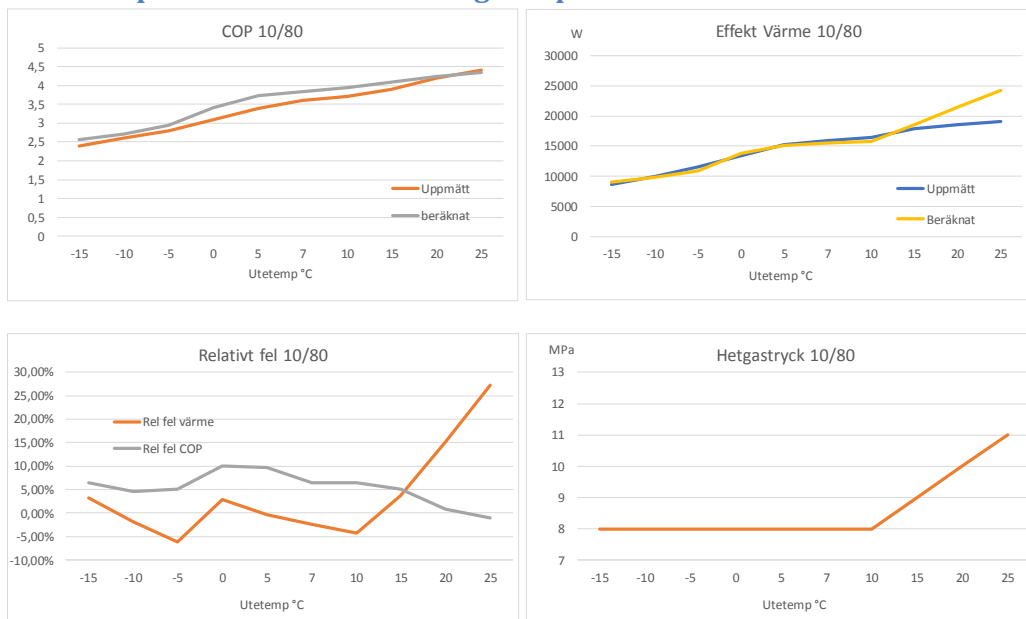
Returtemperatur 10 °C framledningstemperatur 70 °C





Validering av beräkningsfunktion för värmepumpar med R744(CO₂) som köldmedium.

Returtemperatur 10 °C framledningstemperatur 80 °C



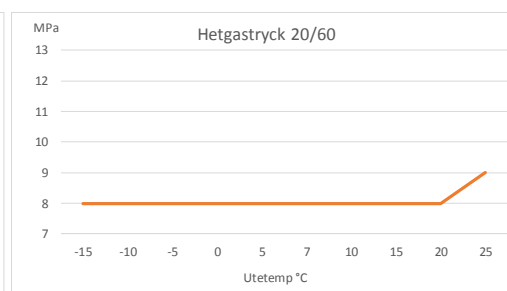
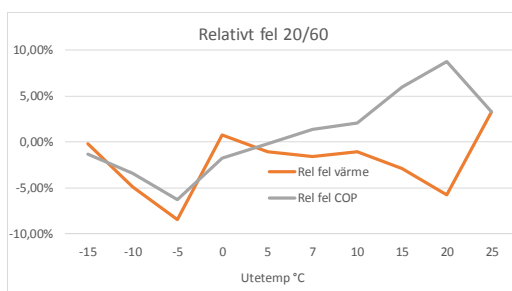
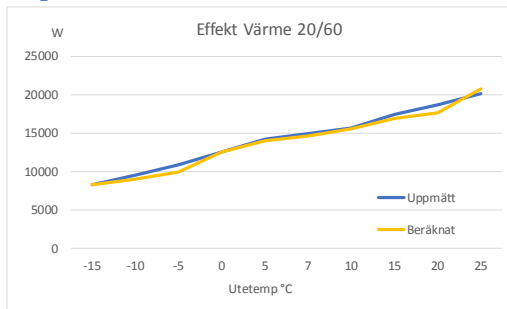
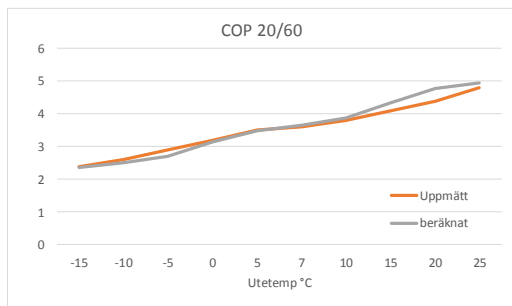
Returtemperatur 10 °C framledningstemperatur 90 °C



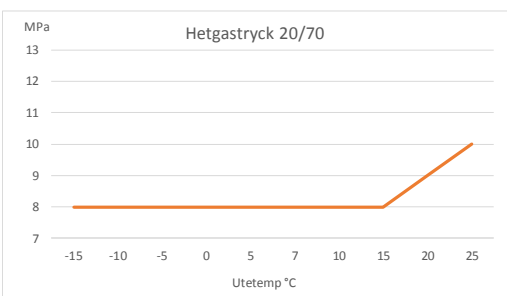
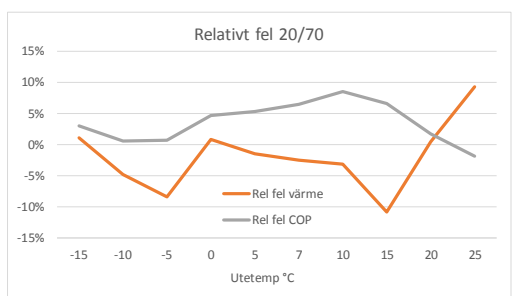
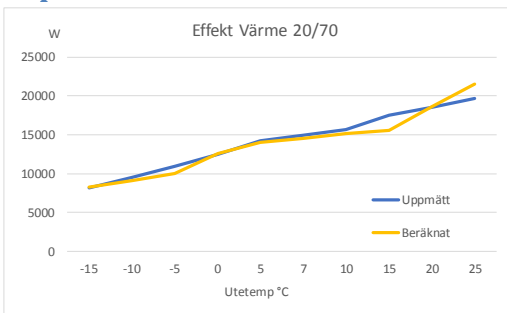
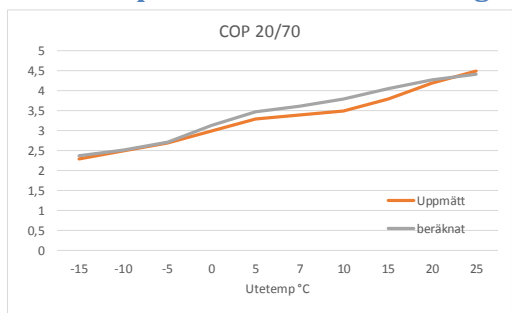


Validering av beräkningsfunktion för värmepumpar med R744(CO₂) som köldmedium.

Returtemperatur 20 °C framledningstemperatur 60 °C



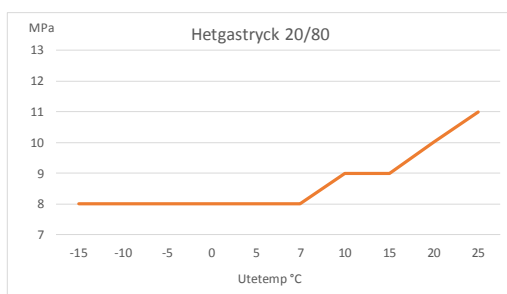
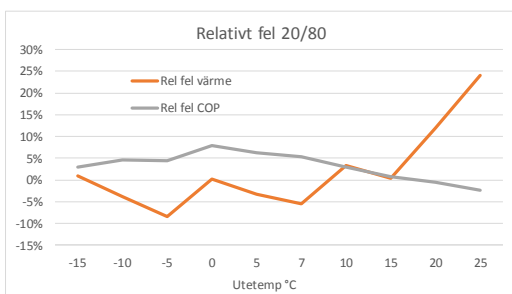
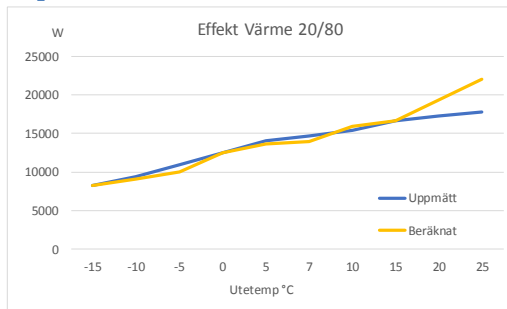
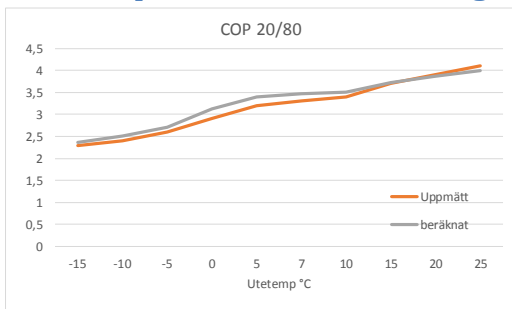
Returtemperatur 20 °C framledningstemperatur 70 °C



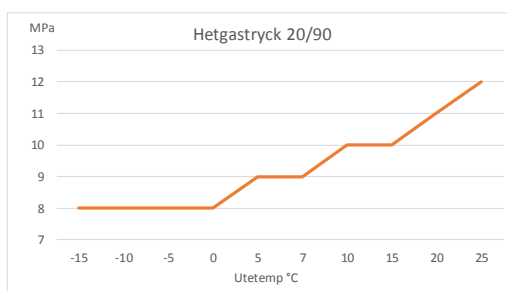
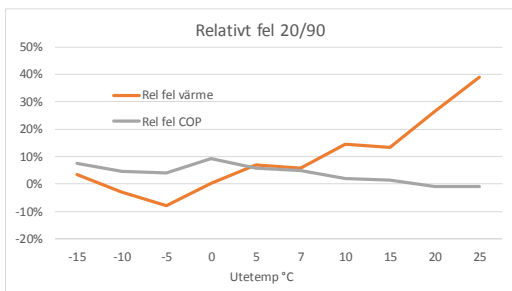
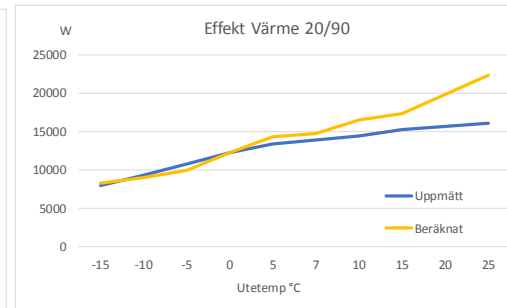
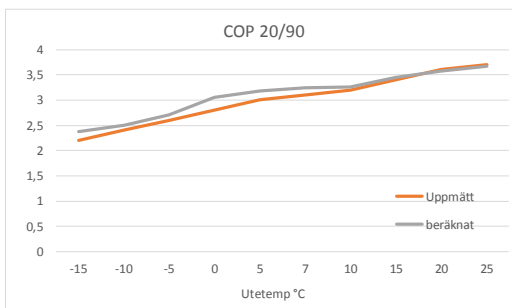


Validering av beräkningsfunktion för värmepumpar med R744(CO₂) som köldmedium.

Returtemperatur 20 °C framledningstemperatur 80 °C



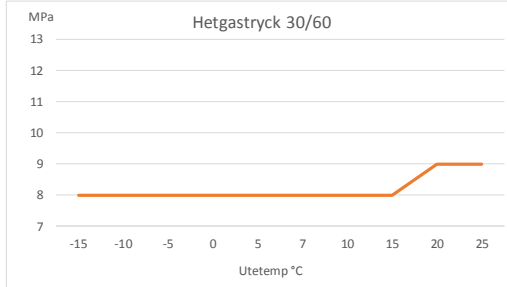
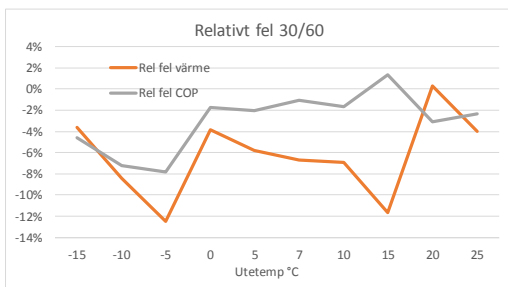
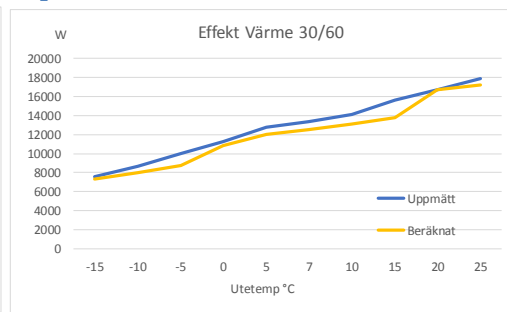
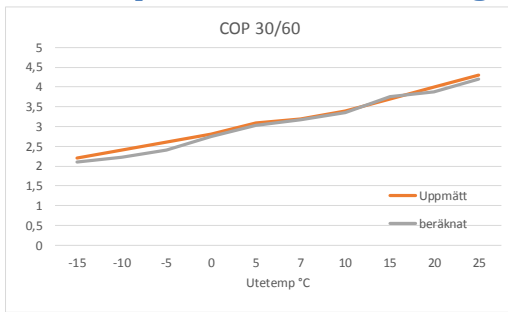
Returtemperatur 20 °C framledningstemperatur 90 °C



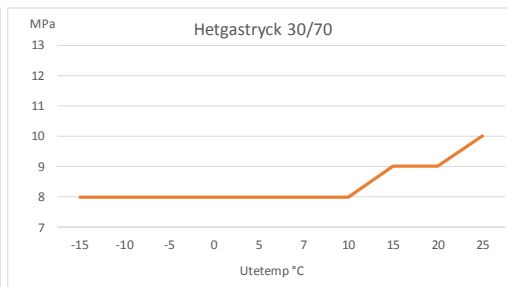
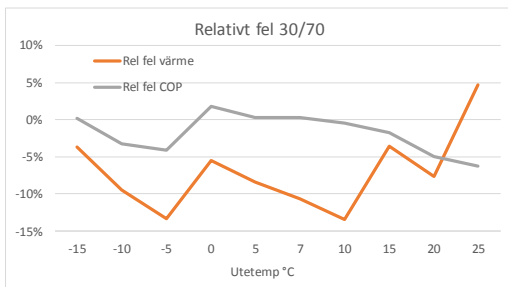
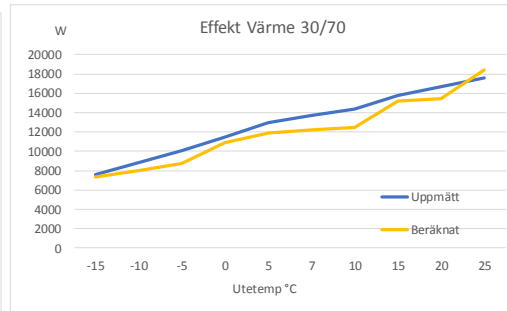
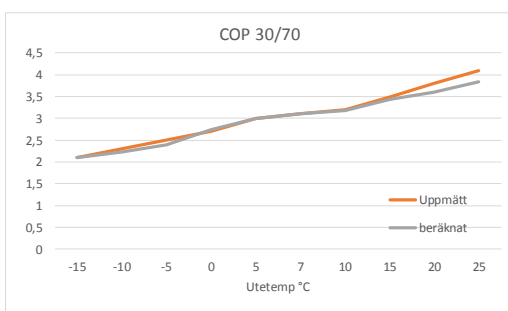


Validering av beräkningsfunktion för värmepumpar med R744(CO₂) som köldmedium.

Returtemperatur 30 °C framledningstemperatur 60 °C



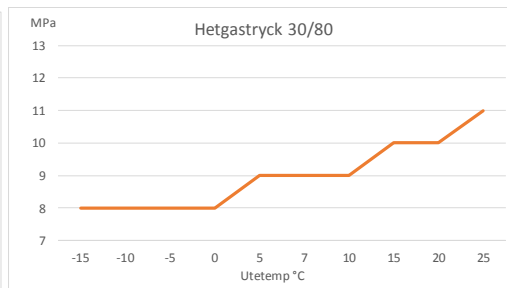
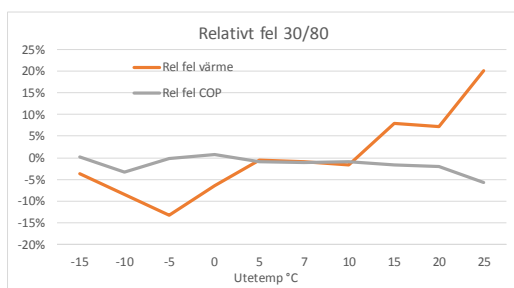
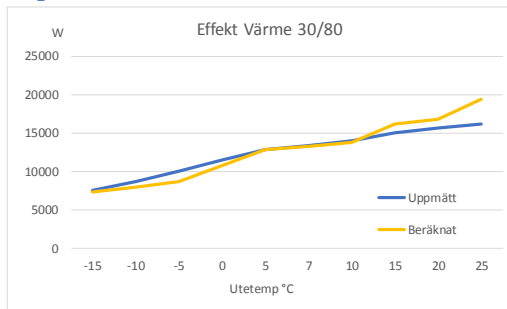
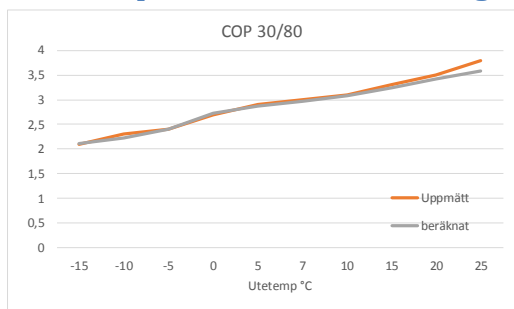
Returtemperatur 30 °C framledningstemperatur 70 °C



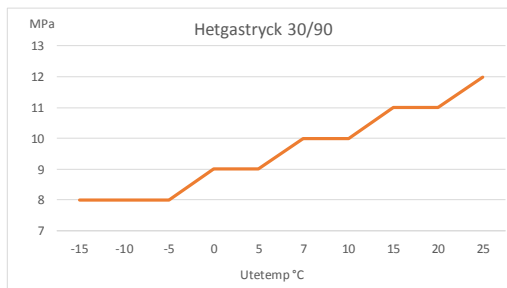
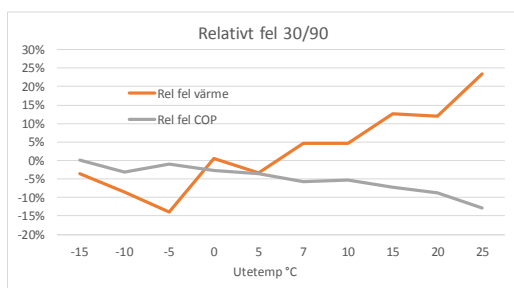
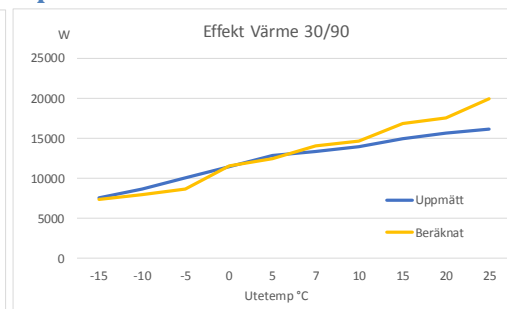
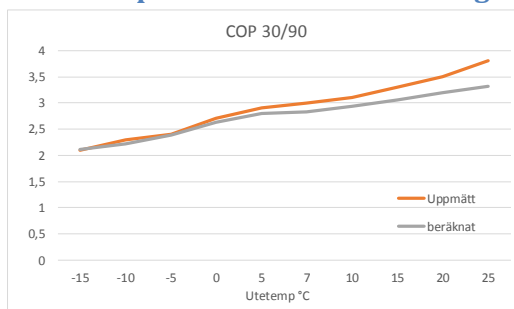


Validering av beräkningsfunktion för värmepumpar med R744(CO₂) som köldmedium.

Returtemperatur 30 °C framledningstemperatur 80 °C



Returtemperatur 30 °C framledningstemperatur 90 °C





Validering av värmepump av typen brine/vatten.

Indata

Mätdata finns för temperaturer på köldbärare från -7 °C till +17 °C. Uppgiften avser avser temperatur ut från förångare.

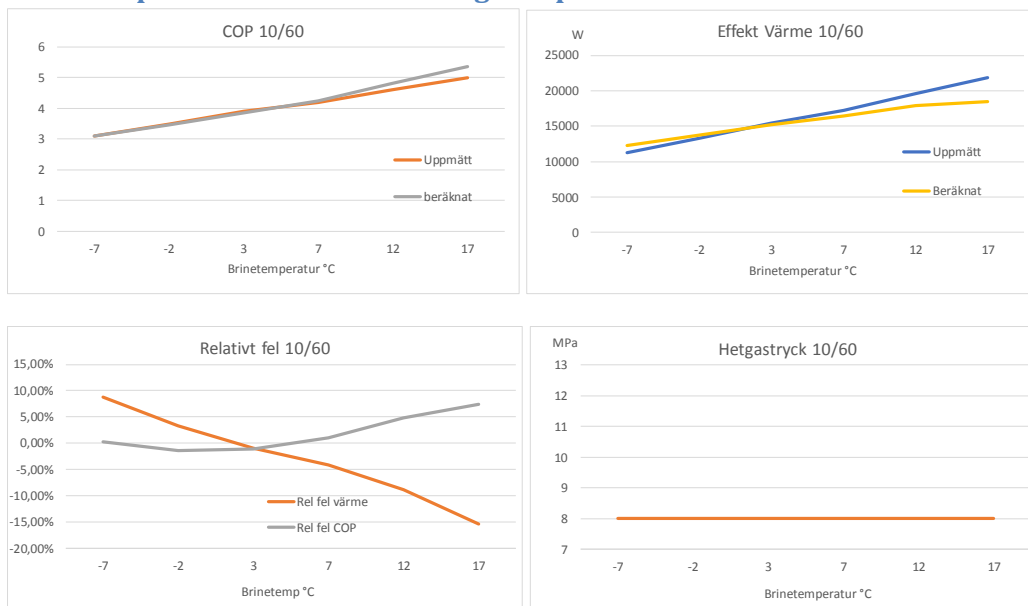
Returtemperaturen har varierats mellan från 10 °C till 30 °C och framledningstemperaturen från 60 °C till 90 °C.

Samtliga fall har beräknats med samma indata. Brinetemperatur +3 °C, returtemperatur 10 °C och framledningstemperatur 60 °C.

Resultat

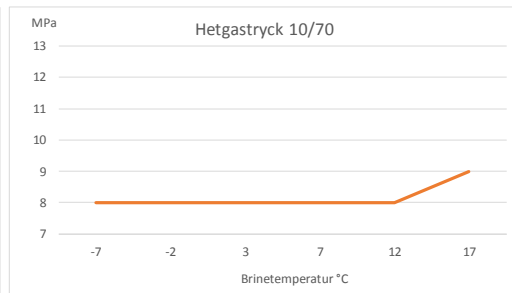
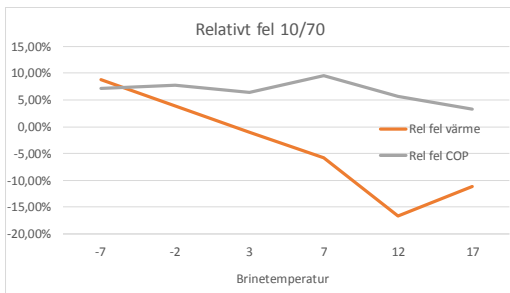
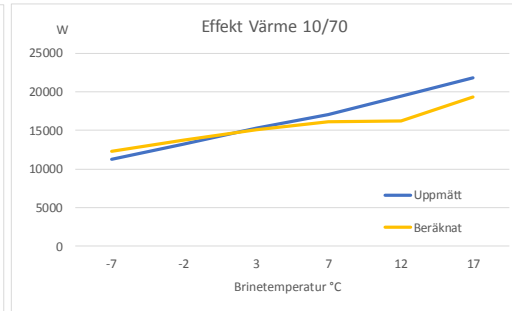
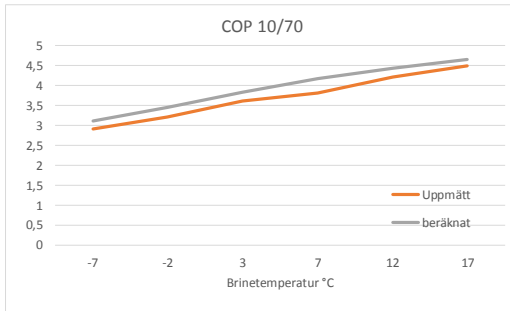
I diagrammen redovisas COP och avgiven värmeeffekt som funktion av brinetemperatur. Avvikelsen mellan beräknad och uppmätta värden redovisas som % av uppmätta värden.

Returtemperatur 10 °C framledningstemperatur 60 °C

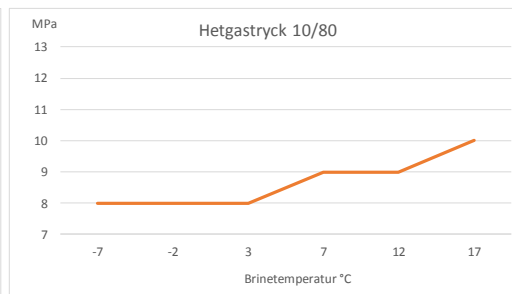
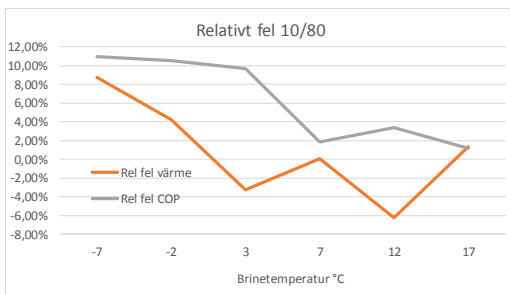
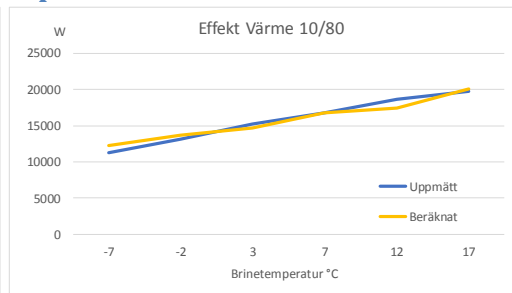
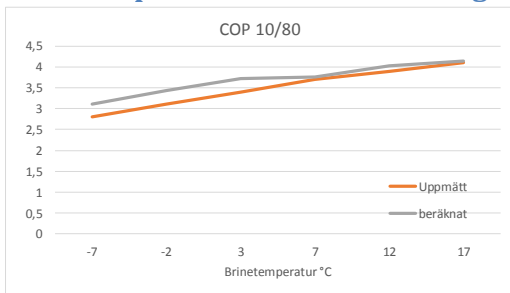




Returtemperatur 10 °C framledningstemperatur 70 °C

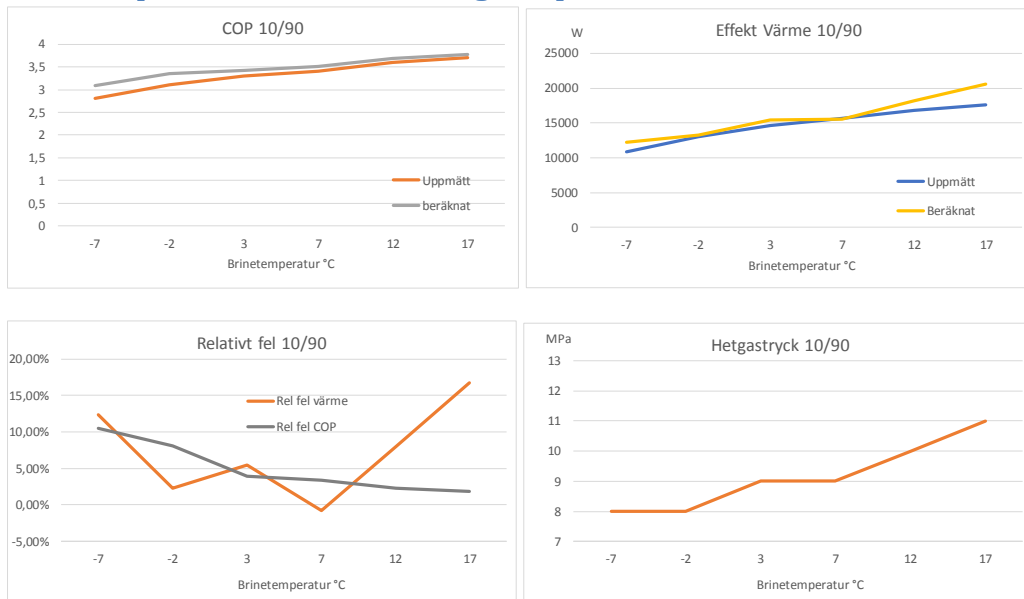


Returtemperatur 10 °C framledningstemperatur 80 °C





Returtemperatur 10 °C framledningstemperatur 90 °C



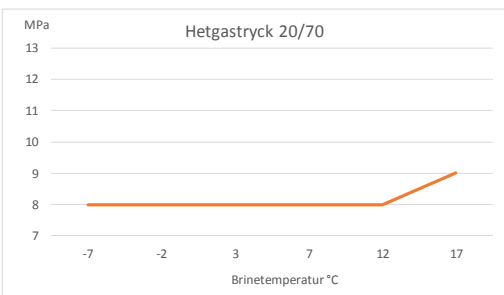
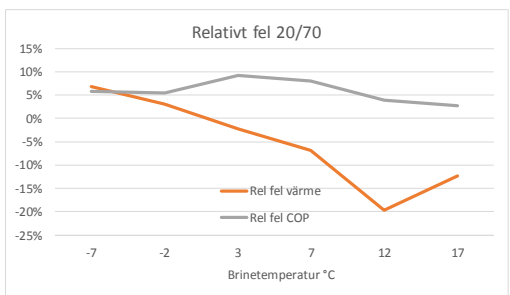
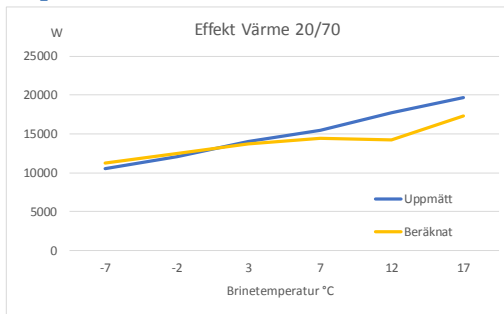
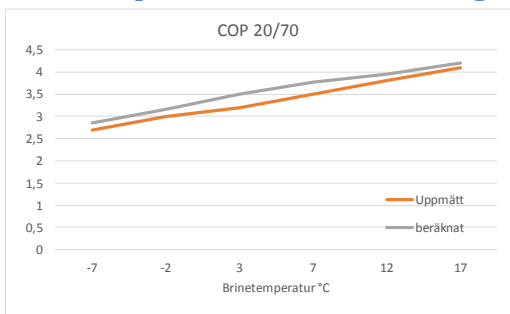
Returtemperatur 20 °C framledningstemperatur 60 °C



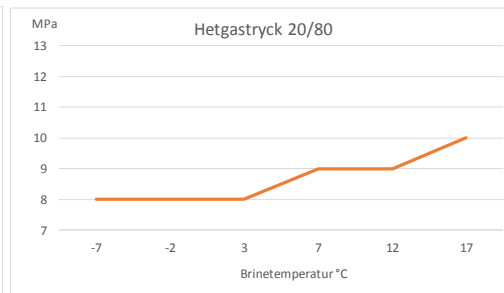
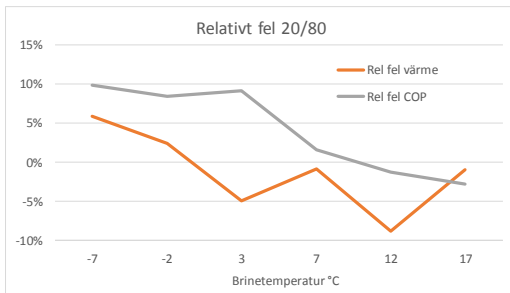
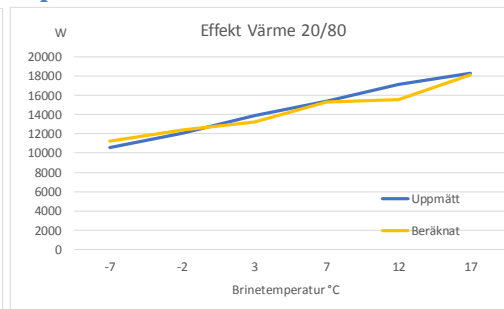
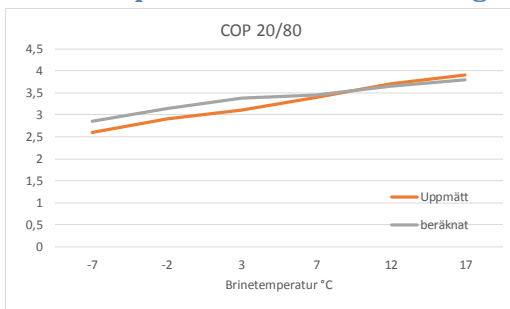


Validering av beräkningsfunktion för värmepumpar med R744(CO₂) som köldmedium.

Returtemperatur 20 °C framledningstemperatur 70 °C

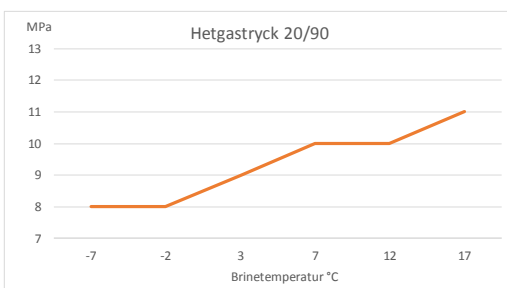
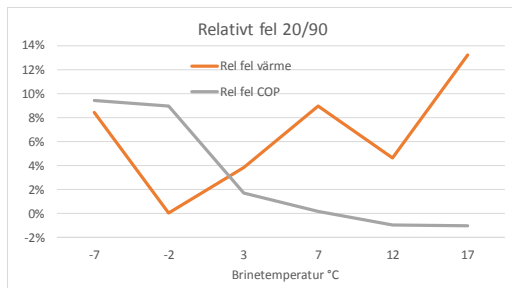
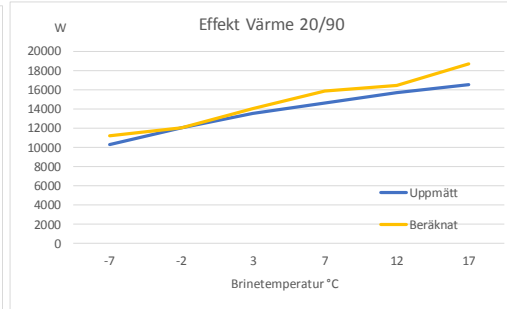
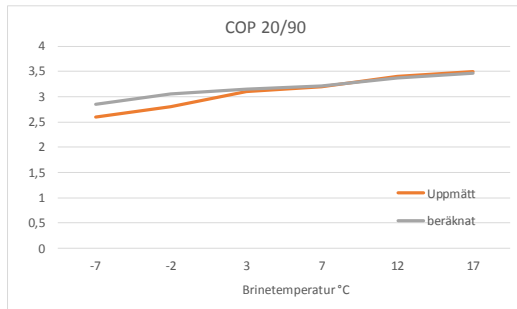


Returtemperatur 20 °C framledningstemperatur 80 °C

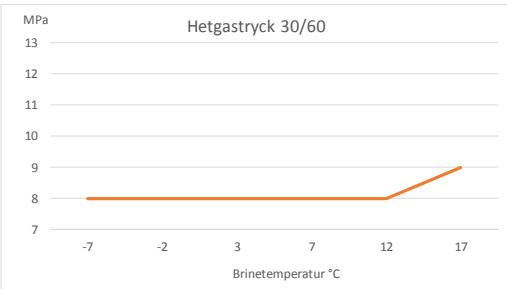
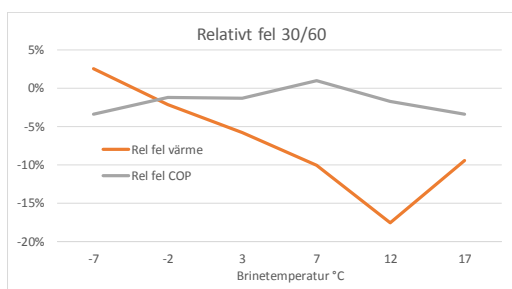
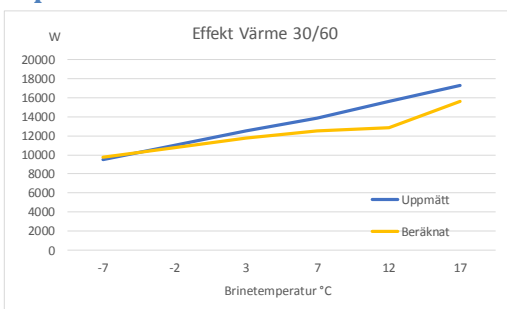
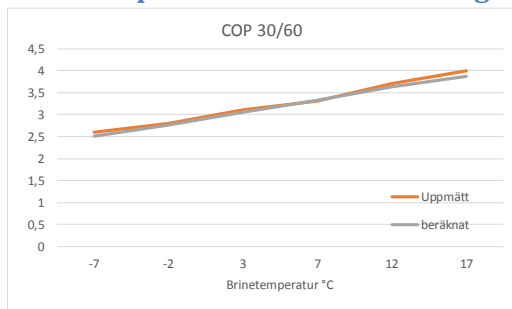




Returtemperatur 20 °C framledningstemperatur 90 °C



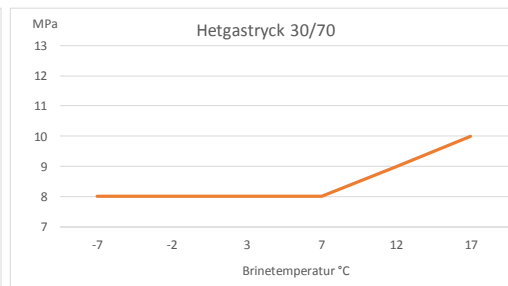
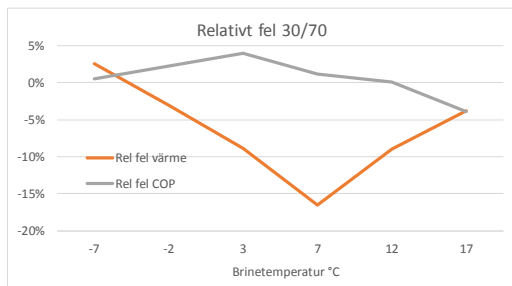
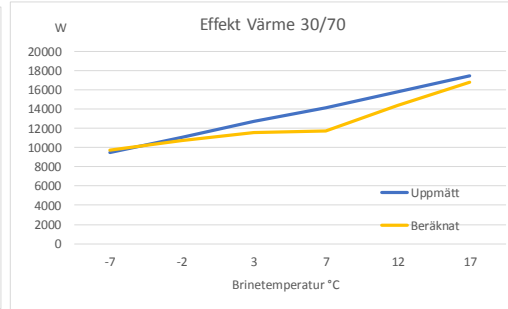
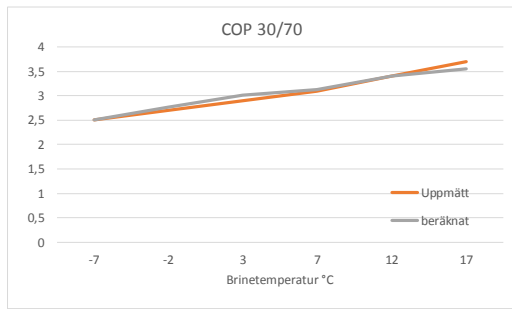
Returtemperatur 30 °C framledningstemperatur 60 °C



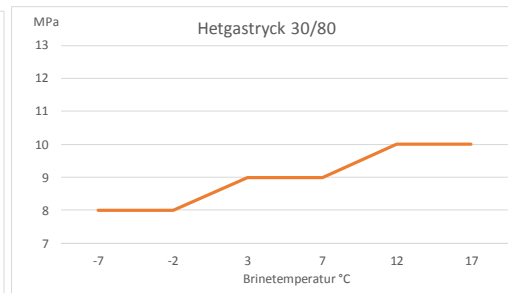
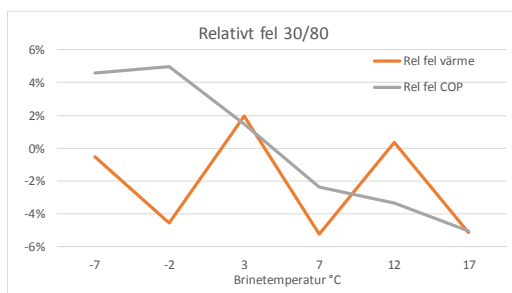
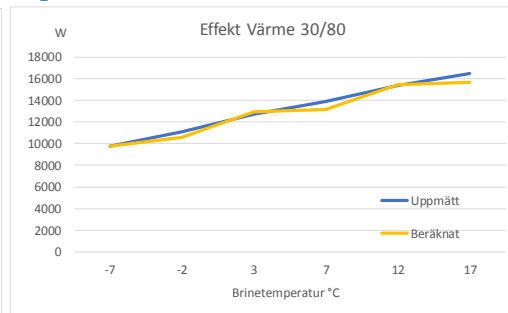
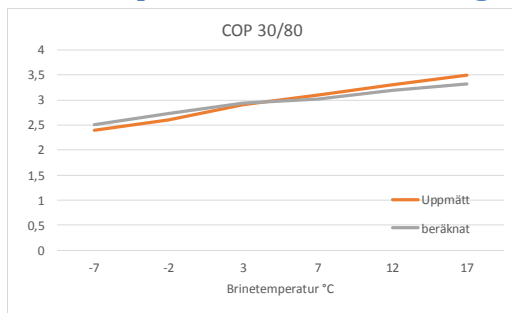


Validering av beräkningsfunktion för värmepumpar med R744(CO₂) som köldmedium.

Returtemperatur 30 °C framledningstemperatur 70 °C



Returtemperatur 30 °C framledningstemperatur 80 °C





Returtemperatur 30 °C framledningstemperatur 90 °C



Kommentarer utvärdering

Luft/vatten

Relativa avvikelsen mellan uppmätt och beräknat COP inom intervallet -13 % till +10%.

Även relativa avvikelsen för avgiven värmeeffekt ligger i flertalet driftfall inom intervallet -14 % till +43 %. Den största avvikelsen inträffar vid 12 MPa hetgastryck. För beräkningar med hetgastryck över 9-10 MPa ökar den beräknat avgivna effekten betydligt mer än den uppmätta. Det finns en tendens till att beräknad COP samtidigt blir något lägre än uppmätt. Avvikelsen kan bero på att kompressorns varvtal och köldmediaflödet reduceras vid högre hetgastryck. Om köldmediaflödet reduceras ökar verkningsgraden i hetgasväxlaren och det leder till högre COP-värden.

Brine/vatten

Relativa avvikelsen mellan uppmätt och beräknat COP inom intervallet -5 % till +11%.

Relativa avvikelsen för avgiven värmeeffekt ligger i flertalet driftfall inom intervallet -20% till +17 %.

Beräkningen av brine/vatten-värmepumpen har färre obekanta parametrar än luft/vatten-värmepumpen och är därför enklare att analysera. Vid förändringen från 10/60 till 10/70 ska det normalt inte ske någon förändring av kompressoreffekten om hetgastrycket hålls konstant. Det ska inte heller ske någon större förändring av värmeeffekten. Kompressoreffekten är bara beroende av förångartemperaturen och hetgastrycket. Värmeeffekten är beroende av hetgastemperaturen och till vilken temperatur hetgasen kyls, i dessa fall närmare 10 °C.

I mätdata sker det inte heller någon förändring av värmeeffekten, den är 11,3 kW i båda fallen men däremot ändras kompressor effekten från 3645 W till 3897 W. Vid förändring från 10/70 till 10/80 ändras kompressoreffekten till 3035 W.



Validering av beräkningsfunktion för värmepumpar med R744(CO₂) som köldmedium.

Sida 15 av 15
2018-03-05

Eftersom värmeeffekten inte förändras har inte hetgastemperaturen förändrats och då har inte heller hetgasttrycket förändrats mellan de tre driftfallen.

Det finns därför skäl att ifrågasätta mätresultaten. De största avvikelserna i COP ligger i de driftfall där mätdata inte hänger samman med entalpi/tryck-diagrammet.

Parameterstudier har gjorts på värmeöverföringstal i heltgasväxlare och förångare men det verkar inte vara möjligt att justera avvikelser men dessa två parametrar. För övrigt kan man justera värmeförluster från kompressor samt överhettning och underkylning av köldmediet men det ger bara marginella effekter.

Det finns en allmän tendens till att beräknad värmeeffekt är större än uppmätt när hetgasttrycket går upp mot 11-12 MPa som inträffar vid höga framledningstemperaturer. Det finns inte något generellt samband mellan avvikelserna i värmeeffekt och COP. En minskning av köldmedieflödet skulle ge den konsekvensen. Beräkningarna är genomförda med konstant volymflöde. Det finns inte någon uppgift om varvtalsstyrning men det kan kanske ändå inträffa att kompressorns varvtal minskar något vid ökat hetgasttryck. En min

Allmänt

Denna jämförelse är bara en första i en serie som ska genomföras innan funktionen släpps som skarp version. Det blir möjligt i takt med att värmepumpar med R744 som köldmedium kommer ut på marknaden och att jämförande beräkningar kan göras med installerade värmepumpar med drift under helår.

Resultaten är tillräckligt bra för att kunna släppa en beta-test av beräkningsfunktionen.