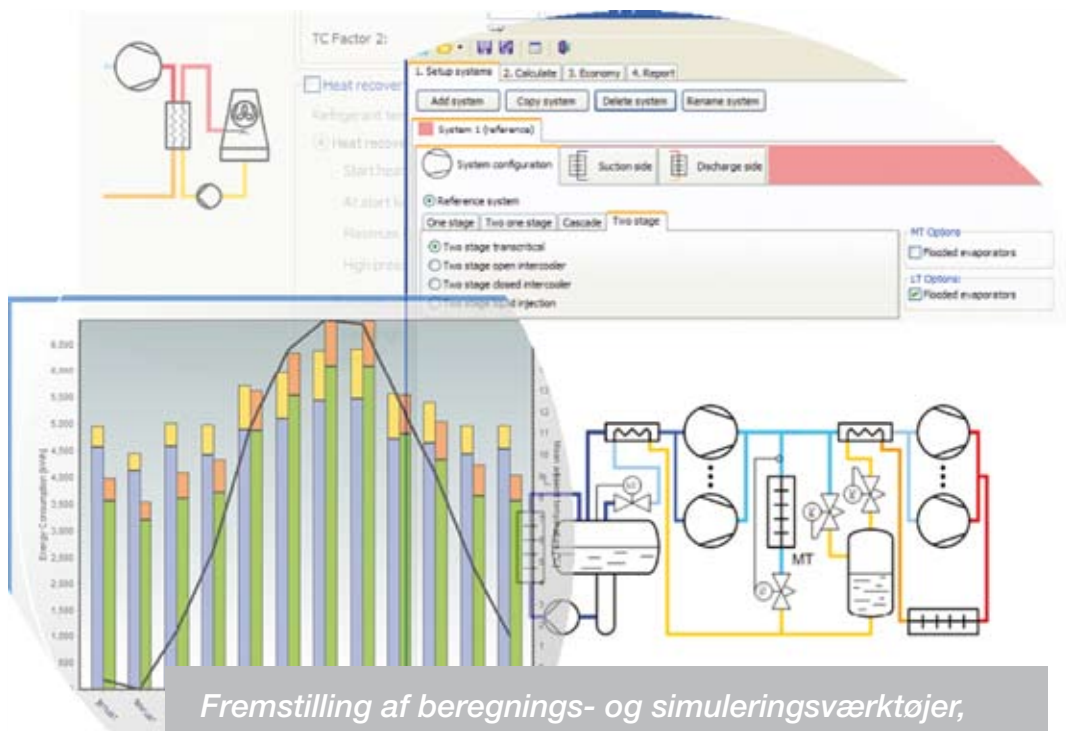


PSO 2007

Elforsk - Forskning & Udvikling i effektiv energianvendelse

Udvikling og brug af simuleringværktøjer til analyse og energioptimering af kølesystemer med CO₂ som kølemiddel



Fremstilling af beregnings- og simuleringværktøjer, som den danske kølebranche kan bruge til at minimere elforbruget til CO₂ kølesystemer hurtigst muligt

Resumé:

Teoretisk set vil et køleanlæg, som benytter CO₂ som kølemiddel, have et større elforbrug end anlæg, som benytter de sædvanlige kølemidler. I praksis har det dog vist sig, at forskellene er langt mindre end forventet – og at man i visse situationer faktisk kan spare energi ved at vælge CO₂ som kølemiddel.

Projektet her ville derfor forfine og forbedre de eksisterende beregnings- og simuleringsværktøjer, så man let kunne få et mere realistisk billede af et køleanlægs energiforbrug – og dermed gøre det nemmere at udvikle mere effektive anlægsdesign.

Der har været stor interesse for projektets resultater. Det har bl.a. bevirket, at mange firmaer har henvendt sig for at få deres produkter med i simuleringsprogrammerne.

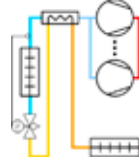
Målsætning:

Målet med projektet var i høj grad også et spørgsmål om at afmystificere brugen af CO₂ som kølemiddel og nedbryde fordommene omkring, at energiforbruget med CO₂ som kølemiddel var alt for højt.

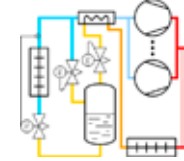
Man fokuserede derfor på dels at udvikle materiale og simuleringsprogrammer, der kunne benyttes til undervisningsformål – dels at introducere simuleringsprogrammer, som ikke alene så på anlæggets energiforbrug i et dimensionerende punkt, men derimod på energiforbruget igennem et helt år.

Projektet har vist, at fordelene ved at benytte CO₂ som kølemiddel ophæver ulemperne i en sådan grad, at det vil være fordelagtigt at benytte transkritiske anlæg i det meste af Europa – dog undtaget de sydlige områder

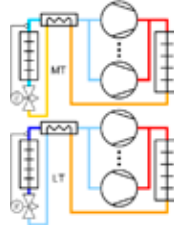
Etrins subkritisk



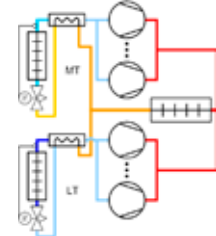
Etrins transkritisk med gas bypass



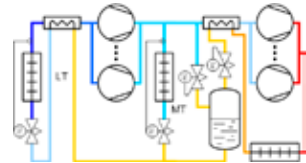
To ettrins, subkritisk



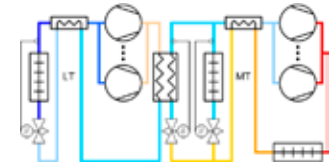
To ettrins, subkritisk, fælles kondensator



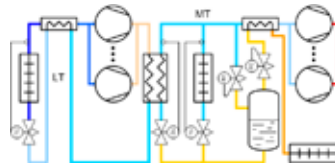
Totrins transkritisk



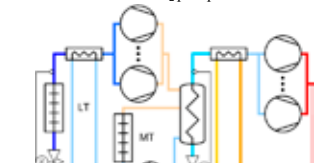
Subkritisk kaskade



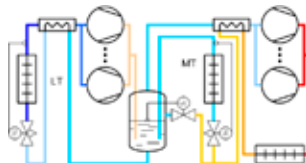
Transkritisk kaskade



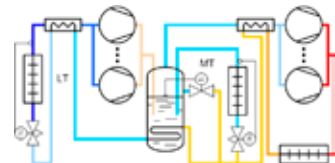
Kaskade med CO2 pumpecirkulation



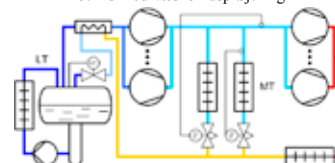
Totrins med åben mellemkøler



Totrins med lukket mellemkøler



Totrins med væskeindsprøjtning



Pack Calculation II simuleringsprogrammet til beregning af årsenergiforbrug for køleanlæg tager udgangspunkt i en af disse indtil videre - 11 anlægstyper.

Processen

Projektet blev ledet af IPU og udført i tæt samarbejde med en meget givtig tværfaglig gruppe:

- Teknologisk Institut, der bidrog med mange års erfaring med beregninger på transkritiske anlæg
- Danfoss, der har en stor praktisk og teoretisk erfaring – især vedrørende regulering af køleanlæg
- Johnson Controls, der bidrog med konkret anlægserfaring og viden om CO₂ kompressorer
- Advansor, der som anlægsproducent har stor viden om effektiviteten af virkelige CO₂ anlæg
- Grundfos, der under projektet konkret arbejdede på en pumpe til CO₂ og har stor erfaring med anlæg med sekundære kølemidler
- Og endelig Knudsen Køling og KKO, der som praktiske brugere afprøvede de udviklede simuleringsværktøjer

Resultater:

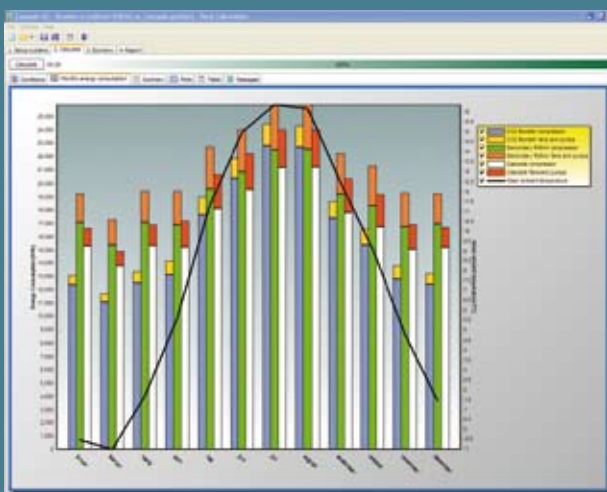
Projektet har resulteret i 5 beregningsprogrammer – illustreret i nedenstående 5 eksempler – og 3 tekniske rapporter. Både rapporter og beregningsprogrammer kan hentes på www.elforsk.dk, projektledelsen anbefaler, at man installerer og prøver programmerne for at få fuldt overblik over funktionaliteten.

Rapporterne udmønter sig i en håndbog, som giver introduktion til CO₂ som kølemiddel, transkritiske og subkritiske anlæg, reguleringen af disse samt forslag til udformning af sådanne anlæg: Danfoss CO₂ Application Handbook.

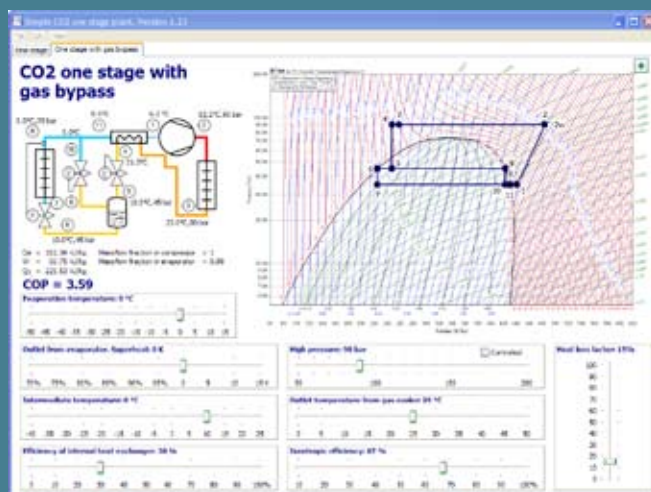
Desuden har projektet også affødt et leksikon, som giver introduktion til nogle af

de grundlæggende begreber i forbindelse med køleanlæg, der anvender CO₂ som kølemiddel: CO₂ Encyclopedia.

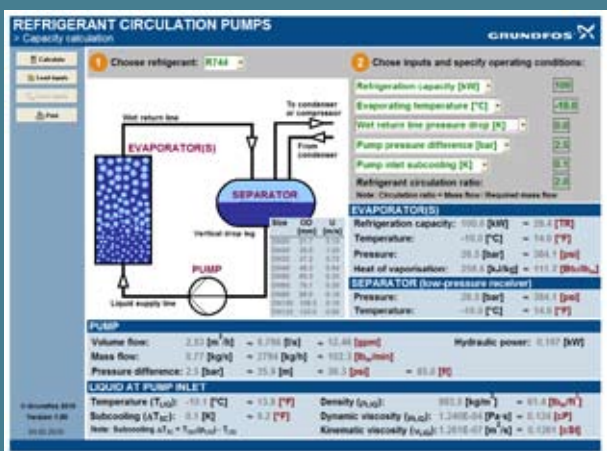
Og endelig giver et tredje værk overblik over forskellige kredsprocesser mv., der benyttes ved køleanlæg med CO₂ som kølemiddel: Fundamental cycle processes and options.



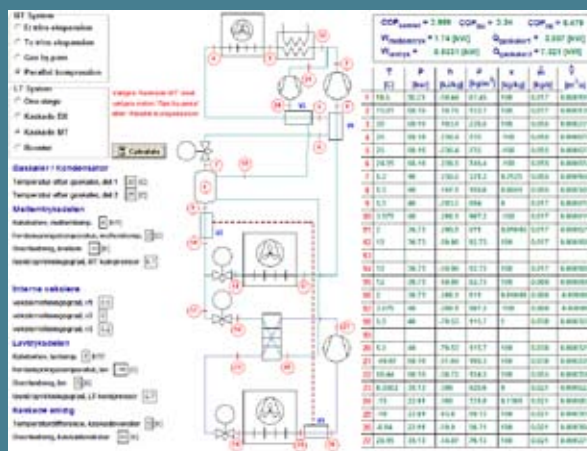
• Pack Calculation II – simuleringsprogram til sammenligning af årsenergiforbrug på forskellige køleanlæg



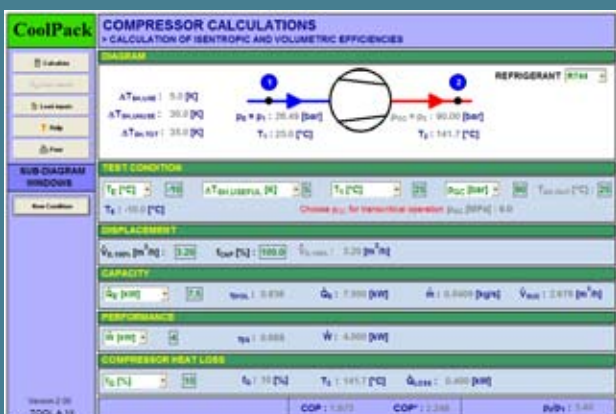
• Simple CO₂ one stage plant – grundlæggende undervisningsprogram om CO₂ køleanlæg



• Refrigeration Circulation Pumps – beregnings- og dimensioneringsprogram, der også omfatter CO₂ pumper



• CO₂ kredsproces beregner – specialprogram til at undersøge detaljer omkring transkritiske CO₂ anlæg



• Compressor Performance – simuleringsprogram til at konvertere testkonditioner for en kompressor til andre operationskonditioner

Konklusion:

Projektet har givet betydelig ny viden om CO₂ som kølemiddel – og muligheder for at komme videre med fremtidige anlægsdesign.

Desuden kan de udviklede programmer medvirke til sammenligninger af transkritiske og subkritiske systemer, hvad angår årligt energiforbrug.

Det er dog tvivlsomt, om det kan betale sig at arbejde med transkritiske anlæg i et subtropisk klima.



Dansk Energi
Rosenørns Allé 9
1970 Frb. C
Tlf: 35 300 400

Anbefalinger for videre anvendelse af forskningsresultaterne

Hvad kan projektet bruges til?

Den store interesse, der har været for projektets resultater, har bevirket, at flere firmaer har henvendt sig for at få deres produkter med i simuleringssprogrammerne. Det har også betydet, at der allerede nu er flere hundrede registrerede brugere fra det meste af verden – og at der er en tendens til, at flere og flere kunder forlanger årsenergiberegninger, før de accepterer nye køleanlæg.

Projektets erfaringer og resultater har desuden medvirket til yderligere

F&U projekter inden for CO₂ køling – bl.a. 340-006 Naturlig køling – reduktion af energiforbrug til processer og bygninger samt 341-026 Fremtidens køletårne.

Endelig er resultaterne ved at blive videreført i projekt 342-051 Optimering af køle- og varmepumpeanlæg gennem samspil mellem PackCalc og BSim, der dels fokuserer på belastningssiden af køleanlægget, dels på beregninger af årsenergiforbrug for varmepumper.

Resultaterne fra projektet er blevet brugt, videreført og videreudviklet i en række andre ELFORSK projekter – og fokus på CO₂ som kølemiddel er blevet forstærket hos såvel forskere som producenter



Effekt:

Det er svært at estimere elbesparelsen ved overgang til CO₂ anlæg. Dels vil der være en periode, hvor forskellige børnesygdomme skal overstås i forbindelse med naturlig udskiftning af køleanlæg – dels vil udformningen og driften af CO₂ anlæg naturligt blive bedre over en periode på fx 10 år.

Men det skønnes, at den blivende effekt af projektet er en elbesparelse på 10 % eller 125 GWh til drift af de 150.000 mindre og mellemstore køleanlæg i Danmark, som primært er egnet til CO₂ som kølemiddel (primært supermarkeds køleanlæg).

www.elforsk.dk

Kontaktperson:

Morten Juel Skovrup
IPU
Niels Koppels Allé
2800 Kgs. Lyngby

E-mail: mjs@ipu.dk
Telefon: 2339 5547
Web: www.ipu.dk

Projekt:

Titel: Udvikling og brug af simuleringværktøjer til analyse og energioptimering af kølesystemer med CO₂ som kølemiddel
Nr.: 339-046
PSO Program 2007
Budget: 3.120.090 kr.,
hvoraf 1.551.000 kr. i tilskud fra Dansk Energi
Tidsplan: 01.01.2007 - 30.06.2010

Programkoordinator:

Forskningskoordinator
Jørn Borup Jensen
Dansk Energi
Rosenørns Allé 9
1970 Frederiksberg C.
E-mail: bj@danskenergi.dk
Telefon: 35 300 934
Web: www.elforsk.dk