



PSO 2002 - FORSKNING & UDVIKLING I EFFEKTIV ENERGIANVENDELSE

# Energirigtigt design og regulering af sekundærsiden på indirekte køleanlæg med naturlige kølemidler



Udvikling af beregningsværktøjer og samlet viden til at understøtte energirigtig udformning og drift af fremtidens køleanlæg



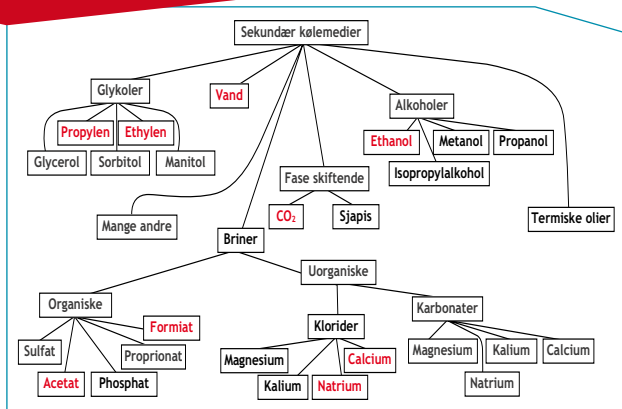
danskenergi | elforsk

## RESUMÉ:

De naturlige kølemidler, der skal anvendes i køleanlæg fremover for at reducere ozonbelastningen og mindske energiforbruget, har andre fysiske egenskaber end de hidtidige. Derfor skal køleanlæggene også have andre udformninger – bla. med sekundærkredse. Det er imidlertid ikke så enkelt, da et mindre energiforbrug på et delsystem i nogle tilfælde kan lede til et væsentligt større energiforbrug andetsteds.

Derfor ville den meget tværfaglige projektgruppe tilvejebringe et vidensløft inden for udformning og drift af sekundære anlæg, spændende fra grundlæggende principper og design – til kemiteknik og reguleringsteknik. Desuden var der en del viden og komponenter, som traditionelt kommer fra varmesystemer, som trængte til at blive tilpasset køleopgaverne.

FIGUR NR. 1



Klassificeringsoversigt over gængse sekundære kølemidler

VIDEN OG VÆRKTØJER ER SAMLET I DESIKPACK – ET PC-PROGRAM, SOM FUNGERER SOM ET OPSLAGSVÆRK

## MÅLSÆTNING:

Målet med projektet var dels at sammenfatte og skabe overblik over kendt viden, dels at påvise og anvis, hvordan variable flow systemer både kan spare energi og sikre problemfri drift.

Projektet skulle omhandle generelle aspekter ved sekundære anlæg, samt to specifikke områder, som fremover vil stille krav om sekundærkredse – nemlig supermarkeds-køleanlæg (pga. udfasningen af HFC'er) og air condi-

tioning i bla. alt det nye kontorbyggeri (som stiller store krav til energi-effektiv ventilation og køling).

Det var desuden ambitionen, at projektets resultater skulle samles på en måde, så det blev et praktisk arbejds- og opslagsværktøj for rådgivende ingeniører og designere af køleanlæg.

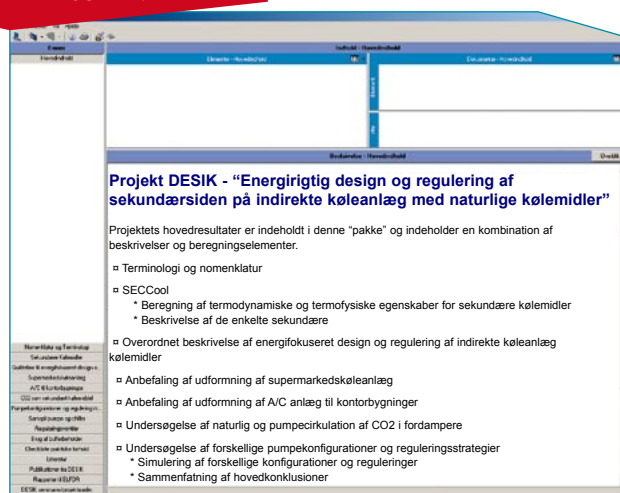
## PROCESSEN:

Projektet er gennemført med IPU som projektleder og en bredt sammensat og aktivt deltagende projektgruppe med kapaciteter fra Grundfos, Danfoss, YORK, tt-Coil og Christian Berg samt Birch&Krogboe, Teknologisk Institut og DTU.

Projektet blev opdelt i et antal delprojekter med tilhørende arbejdsgrupper. Disse rapporterede på de kvartalsvis afholdte projektseminarer. I løbet af projektet blev der samarbejdet med et andet ELFORSK projekt omhandlende "Energirigtige pumpekoblinger". Derudover blev der etableret et samarbejde med Penn State University i USA ved Professor William Bahnfleth, som i ASHRAE regi har udført en række analyser på systemer inden for "Use of primary variable speed pump only".

I projektets slutfase blev alle "produkter" og resultater løbende samlet i udvikling af DESIKPack, som dermed også tjener som fælles ramme og beskrivelse af projektets samlede resultater.

FIGUR NR. 2



Uddrag af DesikPacks hovedindhold

## RESULTATER:

Alle relevante sekundære kølemidler er blevet identificeret, og tilhørende anvendelsesviden og beregning af termo-fysiske data er udviklet/tilvejebragt.

Der er skabt overblik og relevante udformninger af sekundærsiden til supermarkedskøleanlæg og til air-conditionings systemer til kontorbygninger.

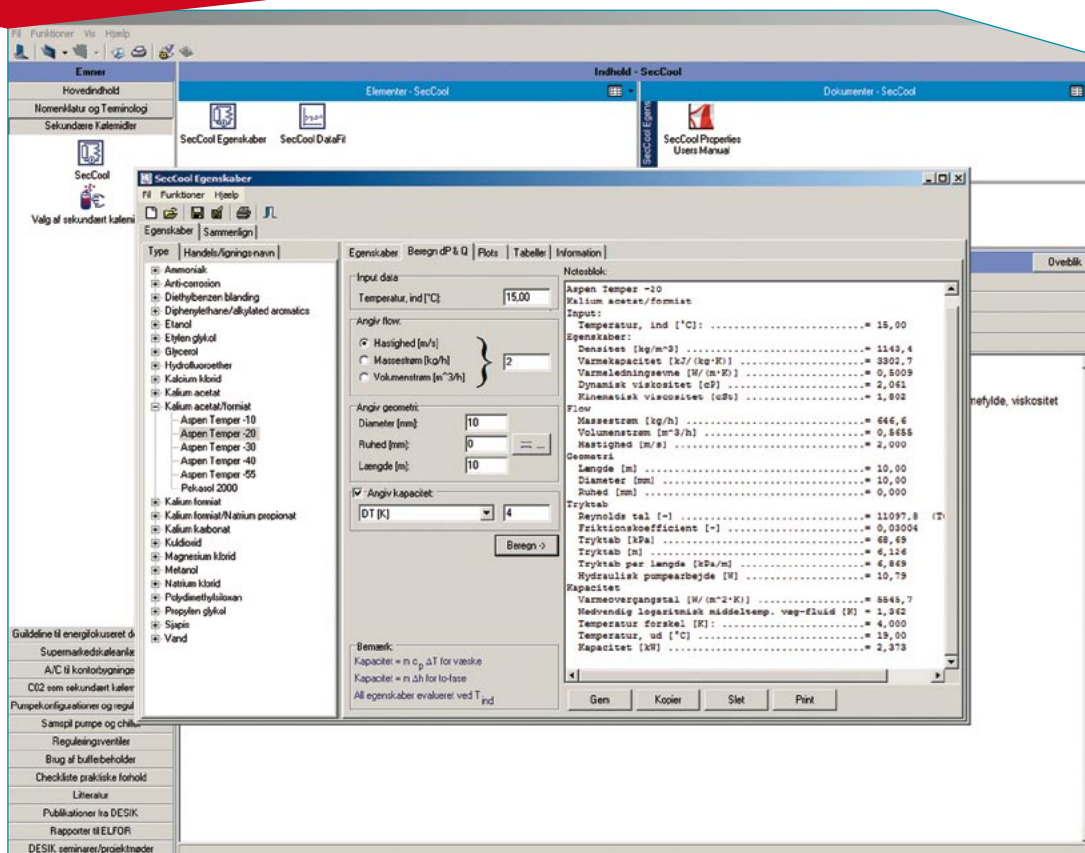
Der er særligt fokuseret på udformning af diverse pumpekredse, og det er konkluderet, at det oftest vil være det billigste både i indkøb og energimæssigt at benytte et system med én primær pumpe med variabel

hastighed. Pumpens kapacitet og dynamik skal spille hensigtsmæssigt sammen med kapacitetsregulering af fordampere.

Der har været en egentlig teoretisk og eksperimentiel undersøgelse af CO<sub>2</sub> sekundærsystemer med pumpe- og alternativ naturlig cirkulation. Det er påvist, at der kan være problemer med at få gang i den naturlige cirkulation, hvis der er flere parallelle fordampere, mens det ved en-fordamper systemer er et spørgsmål om passende dimensionering af rør og væskesøjle.

Projektets dokumentation i form af DESIKPack kan også tjene som undervisningsmateriale, hvilket kan være nyttigt, da det generelle vidensniveau omkring sekundær systemer er for beskedent.

FIGUR NR. 3



Data kan beregnes i SecCool

## KONKLUSION:

Der er skabt en fælles værktøjskasse og vidensbase indenfor emnet. Det er hermed blevet nemmere at konsekvensberegne på alternative valg, og der er skabt en terminologi, som reducerer risikoen ved misforståelse ved kommunikation mellem anlæggets mange aktører.

Det er endvidere diskuteret og undersøgt, at myter omkring brug af systemer med variabelt flow - som her igen påviser energibesparelser - er langt overdrevet. Som udgangspunkt vil både ventiler og varmevekslere fungere fint under variable driftsforhold (selvfølgelig inden for visse grænser), hvis blot ventiler, pumper og fordamperregulerings dynamik er tilpasset hinanden. Abrupte overgange mellem laminart og turbulent flow forekommer sjældent i praksis pga. diverse bøjninger, indsnævring mm.

PC-PROGRAMMET OMFATTER OGSÅ ET  
BEREGNINGSPROGRAM TIL SELVE DESIGN-  
OG DIMENSIONERINGSARBEJDET – SECCOOL

# ANBEFALINGER FOR VIDERE ANVENDELSE AF FORSKNINGSRISULTATERNE

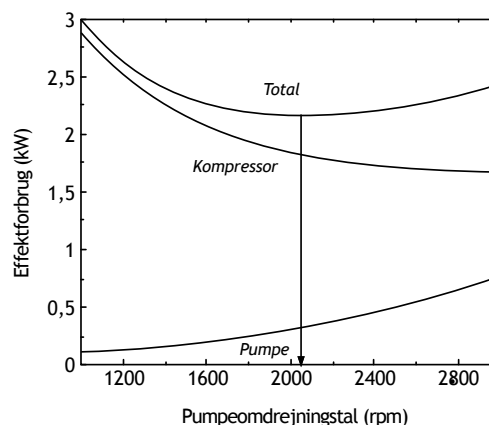
## HVAD KAN PROJEKTET BRUGES TIL?

Det udviklede pc-program DESIKPack og ikke mindst SecCool står nu til fuld rådighed for rådgivende ingeniører og kølevirksomheder, der vil designe fremtidens køleanlæg, sammenligne data, drage nye konklusioner mv.

Desuden er det projektgruppens opfattelse, at man kunne skabe et endnu bedre grundlag for energieffektive anlæg med stabil drift ved at iværksætte et demonstrationsprojekt, hvor de relevante leverandører sam-tænkte systemudformning og udformede et fuldt elektronisk integreret reguleringssystem.

Et system, hvor der kunne tages højde for alle ventilers åbningsgrad, pumpe-, blæse- og kompressorers effektivitet. Og hvor man sikrede, at de lokale reguleringskriterier og optimeringsparametre bliver i harmoni med systemets samlede energioptimering.

FIGUR NR. 4



Effektforbrug for pumpe, kompressor og total som funktion af pumpens omdrejningstal

## EFFEKT:

DESIKPack og særligt SecCool bruges efter projektet hos de fleste rådgivere og projekterende virksomheder. Der er hermed skabt et bedre grundlag for at kunne foretage energibevidste evalueringer baseret på kvantitative sammenligninger mellem alternative valg.

Projektet inspirerer til større brug af variable flowsystemer, hvor kapacitetsreguleringen af ventiler, pumper og køleanlæg så at sige skal operere i takt, justeret af en overordnet systemregulering.

[WWW.ELFORSK.DK](http://WWW.ELFORSK.DK)

### PROJEKTLEDER:

Arne Jakobsen  
DTU – Institut for Produktudvikling  
Anker Engelunds Vej 1  
2800 Kgs. Lyngby

E-mail: [aj@ipu.dk](mailto:aj@ipu.dk)  
Telefon: 45 25 41 29  
Web: [www.dtu.dk](http://www.dtu.dk)

### PROJEKT:

Titel: Energirigtig design og regulering af sekundærsiden på indirekte køleanlæg med naturlige kølemidler  
Nr.: 334-001  
PSO Program 2002  
Budget: 3.825.000 kr., heraf 2.168.000 kr. i tilskud fra ELFOR  
Tidsplan: 01.10.2002 – 30.06.2005

### PROGRAMKOORDINATOR:

Forskningskoordinator Jørn Borup Jensen  
Dansk Energi  
Rosenørns Allé 9  
1970 Frederiksberg C

E-mail: [jbj@danskenergi.dk](mailto:jbj@danskenergi.dk)  
Telefon: 35 300 934  
[www.elforsk.dk](http://www.elforsk.dk)