

# KØLING OG VARMEPUMPER

**ENERGIEFFEKTIVE  
TEKNOLOGIER**

342-078  
344-009

## Højtemperatur-varmepumper i industrien: Effektiv og fossilfri procesenergi

Brug af højtemperatur-varmepumper kan omsætte en stor del af industriens brug af olie og gas til effektiv og miljøvenlig elanvendelse til gavn for elsystemets behov

## UDFORDRINGER:

2020-målsætningerne fra den brede energipolitiske aftale i marts 2012 indeholder store udfordringer for hele energisektoren. Halvdelen af elforbruget skal dækkes af vindmøller med en stærkt varierende elproduktion. Det danske samfunds udledning af drivhusgasser skal begrænses med 40 procent, og der skal gennemføres en betydelig reduktion i anvendelsen af fossile brændsler som kul, olie og naturgas for at kunne realisere en målsætning om at gøre el- og varmesektoren helt fri for fossile brændsler senest i 2035.

Industrien tegner sig med et energiforbrug på knap 100 PJ for cirka 15 procent af det danske nettoenergiforbrug. Omkring halvdelen af dette forbrug er baseret på direkte anvendelse af olie, gas og kul, cirka en fjerdedel er el, mens den sidste fjerdedel benytter fjernvarme eller biomasse.

I den energipolitiske aftale er det også bestemt, at energiselskaberne skal spille en endnu mere central rolle i arbejdet med at realisere 2020-målene. I årene 2013-14 skal energiselskaberne realisere 75 procent flere energibesparelser, og i perioden 2015-20 hæves denne forpligtelse med yderligere 25 procent til en fordobling i sammenligning med 2012. Der skal i denne indsats sættes yderligere fokus på besparelser i erhvervslivet og i eksisterende bygninger.

For at kunne løse den større opgave på en omkostningseffektiv måde er der brug for at gøre industriens samlede energianvendelse mere



Med et CO<sub>2</sub>-kritisk varmepumpeanlæg kan overskudsvarme fra et ammoniakkeleeanlæg opgraderes til en temperatur, der kan udnyttes i den hygiejnisk krævende rengøring hos Jensen Foods.

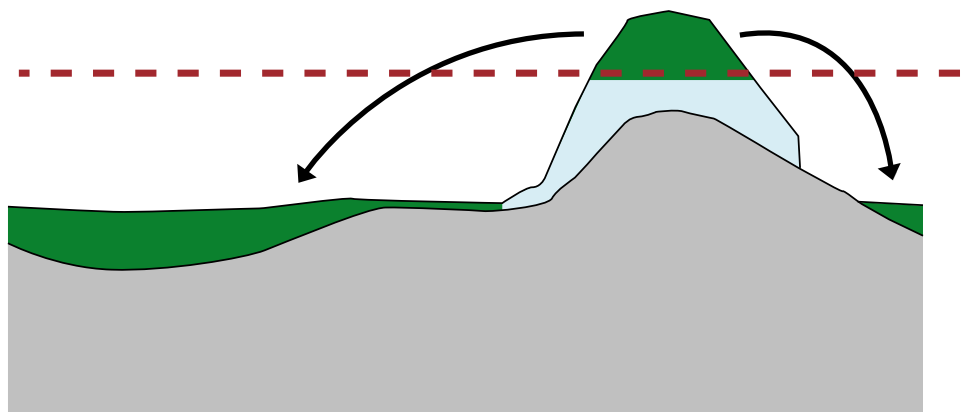
effektiv, konvertere mest mulig af industriens fossile energiforbrug til el og gøre elanvendelsen mere fleksibel i forhold til elsystemets behov. En mere effektiv anvendelse af fossile brændsler og konvertering til el vil også gøre industrien mindre sårbar over for stigende, svingende og uforudsigelige priser på olie, gas og kul.

Som led i den energipolitiske aftale vil der også blive gennemført en undersøgelse af det eksisterende tilskuds- og afgiftssystem med

særligt fokus på "mulighederne for at sikre rette incitamenter til omstillingen til et grønt, omkostningseffektivt og fleksibelt energisystem". De eksisterende afgifter og tariffer rummer kun begrænsede økonomiske incitamenter til at gøre elforbruget mere fleksibelt, og afgifter på erhvervslivets genindvundne overskudsvarme udgør en betydelig barriere for at udnytte det store teknologiske potentiale for at omlægge og effektivisere industriens energiforbrug efter elsystemets behov.

TRANSKRITISKE CO<sub>2</sub> KØLE- OG VARMEPUMPEANLÆG ER ET ENERGIEFFEKTIVT ALTERNATIV I FØDEVAREINDUSTRIEN, I SUPERMARKEDER OG TIL KOMFORTKØLING I SERVICESEKTOREN

### Flytning af forbrug i tid optimerer kapaciteten i elsystemet



Varmepumper i industrien kan bidrage til at udjævne spidslast i elsystemet og dermed reducere behovet for at udbygge elnettet.

## ELSYSTEMETS OG INDUSTRIENS BEHOV:

Den systemansvarlige virksomhed Energinet.dk har sammen med Dansk Energi vurderet, at et mere intelligent energisystem med udnyttelse af Smart Grid-løsninger kan bidrage til en samfundsøkonomisk fordelagtig realisering af de energipolitiske mål. Med en intelligent styring af distributionsnettene vil det således være muligt at øge den lokale elproduktion fra vindmøller og solceller med en faktor 3-5 samt integrere anvendelsen af et stort antal elbiler og varmepumper uden at skulle investere yderligere i netudbygning.

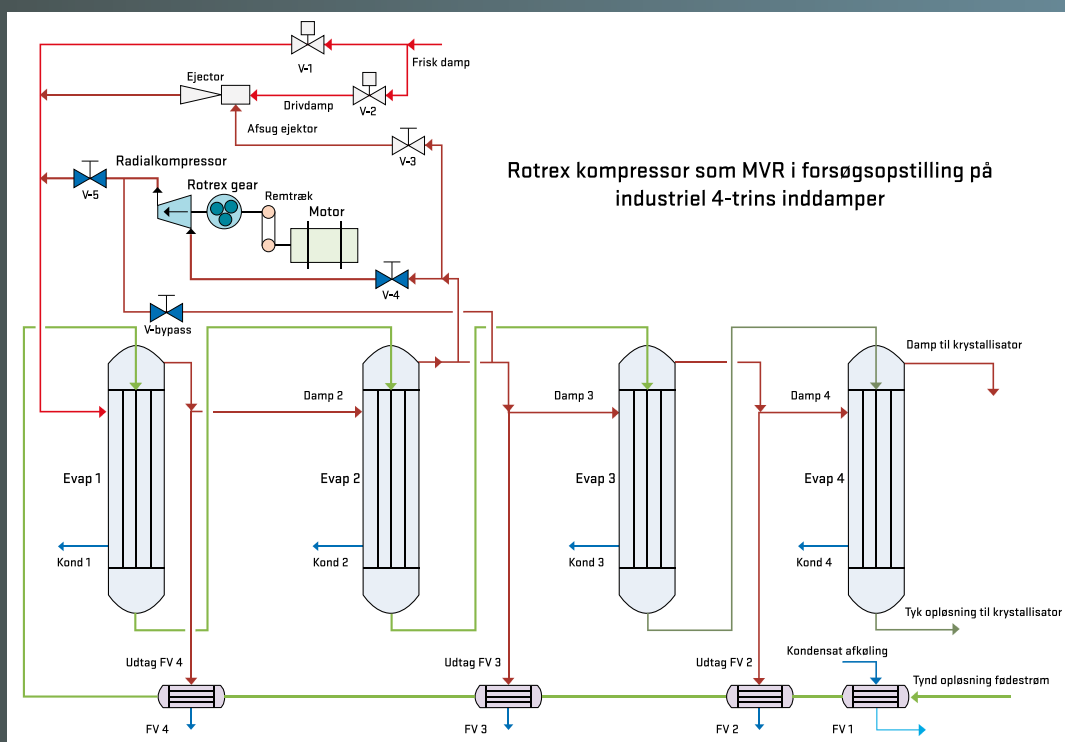
Flexibele løsninger hos slutbrugere med integreret lagringskapacitet kan med de rette incitamenter og teknologiske løsninger blive vigtige Smart Grid-elementer i fremtidens energisystem. Højtemperatur-varmepumper kan som led i en procesintegration udnytte langt mere af industriens overskudsvarme, og med intelligent styring af sådanne varmepumpesystemer kan der opnås øget effektivitet og fleksibilitet i slutanvendelsen.

En sådan fleksibilitet gør det muligt at inddrage større forbrugere i erhvervslivet som leverandører af regulerkraft til elsystemet. Energinet.dk forventer frem mod 2020 at skulle betale op mod 2 milliarder kr. om året til regulerkraft og andre systemydelser fra kraftværkerne, hvis det ikke lykkes at øge fleksibiliteten hos forbrugere.

UDNYTTELSE AF DANSKE KOMPETENCER INDEN FOR VANDDAMPKOMPRESSION GØR DET MULIGT AT UDVIKLE VARMEPUMPELØSNINGER TIL INDUSTRIEN MED MEGET HØJ COP-VÆRDI



Et forsøgsanlæg med en varmepumpe baseret på vanddampkompression på Teknologisk Institut gik forud for den egentlige demonstrationsdrift hos Haldor Topsøe A/S.



Procesdiagram viser forsøgsanlægget hos Haldor Topsøe A/S i Frederikssund, hvor der er opnået en COP-værdi på over 30 i ELFORSK-forprojekt 343-005.

## Projektledelse:

Torben Hansen  
ADVANSOR A/S  
Bautavej 1 A  
8210 Aarhus V.  
E-mail: torben.hansen@advansor.dk  
Telefon: 7217 0174  
Web: www.advansor.dk

Ebbe Nørgaard  
Teknologisk Institut  
Kongsvang Allé 29  
8000 Århus C.  
E-mail: ebn@teknologisk.dk  
Telefon: 7220 1273  
Web: www.teknologisk.dk

Jens Mikkelsen  
Weel & Sandvig  
Diplomvej Bygning 377  
2800 Lyngby  
E-mail: jmi@weel-sandvig.dk  
Telefon: 2811 0043  
Web: www.weel-sandvig.dk

## Projekter:

Titel: Højeffektive højtemperatur  
varmepumper til industriel køling  
Nr. 342-078  
PSO Program 2010  
Budget: 3.673.000 kr., ,  
hvoraf 1.043.500 kr. i tilskud fra Dansk Energi  
Tidsplan: 01.04.2010-30.06.2012

Titel: Udvikling af Rotrex  
turbokompressor til vanddamp kompression  
Nr. 344-009  
PSO Program 2012  
Budget: 4.087.950 kr.,  
hvoraf 1.752.935 kr. i tilskud fra Dansk Energi  
Tidsplan: 01.04.2012-31.03.2014

## Program-koordinator:

Forskningskoordinator  
Jørn Borup Jensen  
Dansk Energi  
E-mail: jbj@danskenergi.dk  
Telefon: 35 300 934  
Web: www.elforsk.dk

## TEKNOLOGISKE LØSNINGER FRA ELFORSK-PROJEKTER:

ELFORSK har gennem de senere år prioriteret teknologiudvikling af højtemperaturvarmepumper meget højt, fordi sådanne teknologier kan levere væsentlige bidrag til energiselskabernes spareforpligtelser i industrien. Særligt to teknologi-koncepter tegner lovende: En transkritisk CO<sub>2</sub> varmepumpe, der kan dække varmforsyning op til ca. 90° C, og en varmepumpe, baseret på turbokompressor-teknologi, som kan dække varmebehov op til ca. 200° C.

ADVANSOR A/S har i foråret 2012 installeret den første transkritiske CO<sub>2</sub> varmepumpe hos Jensen Foods og har endnu et anlæg på vej i plastindustrien. Hos Jensen Foods hæver en varmeveksler temperaturen i det kolde vand fra 8° C til ca. 25° C ved hjælp af overskudsvarme fra virksomhedens ammoniak-køleanlæg, hvorefter varmepumpen hæver temperaturen til mellem 70 og 80° C, der bruges til rengøring. Det varme vand leveres til en buffertank, så den valgte løsning er fleksibel i forhold til elsystemets behov. Varmepumpen har en varmeeffekt på 200 kW og en COP-værdi på ca. 4.

ADVANSOR vurderer, at hvis politikerne fjerner de eksisterende afgiftsmæssige barrierer for genindvinding af varme i industrien, kan der skabes et dansk hjemmemarked på op mod et halvt hundrede af denne type anlæg om året. Det kan bane vej for en betydelig eksport til vores nabolande. Foruden industrien har transkritiske CO<sub>2</sub> køle- og varmepumpeanlæg et stort markedspotentiale inden for supermarkedsanlæg, til komfortkøling i kontorbygninger og i serverrum.

Weel & Sandvig har i et demonstrationsprojekt med en mindre bevilling fra ELFORSK vist, at der kan opnås meget store energibesparelser med en mekanisk vanddampkompressor, der kan producere industriel procesdamp. Teknologien forventes at være anvendelig ved temperaturer op til ca. 200° C. På det grundlag er firmaet i samarbejde med Teknologisk Institut og Rotrex A/S, der leverer kompressor og det tilhørende højhastighedsgear,

i et nyt ELFORSK-projekt gået i gang med at udvikle og kommercialisere teknologien. I forprojektets forsøgsdrift hos Haldor Topsøe A/S i Frederikssund har kompressoren kørt med en COP-værdi på over 30. Kompressoren konverteres i ELFORSK-projektet fra luft til kompression af vand ved et afgangstryk svarende til cirka 120-130° C.

Vanddampkompressoren benytter et højhastighedsgear fra Rotrex og fremstår i et meget kompakt design, der virker ved høje omløbstal. Det kommercielle koncept skal være modulært, så flere kompressorenheder kan sammenbygges både parallelt og serielt og dermed muliggøre stor fleksibilitet. Det potentielle marked omfatter bryggerier, slagterier og fødevarerproducenter med kogeprocesser. Desuden kan konceptet bruges til destillationsprocesser, mindre inddamperanlæg, tørringsprocesser og autoklaver. I et tilpasset koncept med et andet kølemiddel end vand kan konceptet også med fordel integreres i fjernvarmesystemer. Projektgruppen satser på at have et kommercielt koncept klar i løbet af 2014.



Der måles på anlægget hos Haldor Topsøe A/S for at kunne beregne hastigheden på kompressorhjul, gearaksel m.v. og på det grundlag bestemme kompressorens og friktionsgearets ydelse.