

STUDIETUR TIL OSLO

## STORE VARMEPUMPER I FJERNVARMEANLÆG

JUNI 2015

ADRESSE COWI A/S  
Parallevej 2  
2800 Kongens Lyngby

TLF +45 56 40 00 00

FAX +45 56 40 99 99

WWW cowi.dk

### INDHOLD

1	Store varmepumper til produktion af fjernvarme	2
2	Program for studietur	2
3	Besøg hos Drammen Fjernvarme	2
4	Besøg hos Sandvika Energicentral	3
5	Besøg hos Fornebu Nord Energicentral	4
6	Besøg i Oslo Lufthavns fjernvarme- og kølestation	5
7	Opsummering	6

### BILAG

Bilag A	Deltagerliste
Bilag B	Elpris for eldrevne varmepumper i Danmark

PROJEKTNR. A072048  
DOKUMENTNR.  
VERSION  
UDGIVELSESDATO 25-06-2015  
UDARBEJDET TEP  
KONTROLLERET THE/STTH  
GODKENDT TEP

## 1 Store varmepumper til produktion af fjernvarme

Brug af varmepumper i danske fjernvarmeanlæg er ikke en ny tanke. Vi kender dem blandt andet fra geotermiske anlæg, ligesom anlæg, der udnytter energien i udstødningsgasser, har fundet anvendelse og flere nye anlæg er på tegnebrættet.

Det er en kendsgerning, at potentialet er meget større, idet der findes oplagte muligheder for at udnytte overskudsvarme ved temperaturer, som er for lave til at varmen kan udnyttes direkte, men som er tilstrækkelige til at blive udnyttet via varmepumper af en vis størrelse. Herudover er der også et potentiale for udnyttelse af lavtemperaturvarmekilder som eksempelvis spildevand og havvand. Mulighederne øges i takt med, at fremløbstemperaturen sænkes i fjernvarmenettene.

I Norge er mange byer godt i gang med at udbygge fjernvarme, og her findes gode eksempler på, hvordan varme kan produceres i store varmepumpeanlæg, bl.a. på grundlag af spildevand og havvand. I mange tilfælde produceres der både varme og køling i disse anlæg.

COWI ser gode muligheder for at fortsætte udviklingen i Danmark, hvilket var baggrunden for denne studietur til Oslo, hvor der blev besøgt både ældre og nyere anlæg.

## 2 Program for studietur

Programmet for studieturen var:

- › Besøg hos Drammen Fjernvarme. Her findes en ammoniakvarmepumpe, som producerer 85° C fremløbsvand på basis af havvand.
- › Besøg hos Sandvika Energicentral, som med varmepumper producerer både køling og varme på grundlag af spildevand.
- › Besøg på Fornebu Nord Energicentral, hvor der bruges havvandsbaserede varmepumper til køling og opvarmning.
- › Besøg i Oslo lufthavns fjernvarme- og kølestation, som bl.a. rummer varmepumpeanlæg til fjernvarme og fjernkøling.

## 3 Besøg hos Drammen Fjernvarme

Varmepumpeanlægget hos Drammen Fjernvarme er et to-trins ammoniakanlæg, som er bygget i 2010 og gik i drift ved årsskiftet 2010/2011. Anlægget består af tre identiske varmepumper med en samlet varmeeffekt på 14 MW.

Anlægget trækker varme ud af havvand, som hentes på 30 meters dybde via en 850 meter lang indtagningssledning. Varmepumpen leverer fjernvarme ved en temperatur på helt op til 92° C.

Anlægget er særligt interessant, fordi det anvender ammoniak, hvilket er et naturligt kølemiddel. I Danmark er der nemlig forbud mod at anvende ikke-naturlige kølemidler i forbindelse med større varmepumpeanlæg med en fyldning på over 50 kg.

Anlægget er herudover interessant, fordi det kan levere fjernvarme ved en høj fremløbstemperatur. Dette har hidtil været en udfordring i ammoniakbaserede anlæg, fordi det kræver, at varmepumpen arbejder ved et højt tryk.

Varmepumpen er leveret af Norsk Kulde AS i samarbejde med Star Refrigeration i Glasgow. Varmepumpen gør brug af en nyudviklet skruekompressor af typen Vilter. Varmepumpen har en COP på cirka 3,0 ved en havvandstemperatur på 8° C og en fremløbstemperatur på 90° C.

Drammen Fjernvarme fortalte, at anlægget kører nærmest konstant, dvs. med et højt antal årlige fuldlasttimer. De lagde dog ikke skjul på, at der i de første par år har været mange driftsudfordringer med anlægget fordi det er et prototypeanlæg.

Figur 1; Vilter kompressor hos Drammen Fjernvarme



## 4 Besøg hos Sandvika Energicentral

På Sandvika Energicentral anvendes urensset spildevand som varmekilde til et varmepumpeanlæg. Den samlede varmeeffekt er på 13 MW. Foruden varme leverer anlægget også køling.

Anlægget er af typen to-trins centrifugalkompressoranlæg og anvender R134a som kølemiddel, hvilket ikke er et naturligt kølemiddel. I den nyeste af i alt tre varmepumper afprøvede personalet dog i øjeblikket en ny type kølemiddel, som forventes at blive tilladt i Danmark til anlæg med store fyldninger.

Figur 2; Den ene af tre varmepumper hos Sandvika Energicentral



## 5 Besøg hos Fornebu Nord Energicentral

Fornebu Nord Energicentral blev etableret som et resultat af en aftale mellem Oslofjord Varme og Telenor Ejendomme, da Telenor skulle etablere nyt hovedkontor på Fornebu (hvor den tidligere Oslo lufthavn lå).

Anlægget blev bygget, så det foruden at levere varme og køling til Telenor's bygning også skulle kunne levere ud på det planlagte fjernvarme- og fjernkølenet.

Centralen blev sat i drift med den første varmepumpe i 2001. I 2006 var kundefundlaget så stort, at en yderligere varmepumpe blev sat i drift. Samlet set har anlægget en varmeydelse på 13,7 MW og en køleydelse på 14,2 MW.

Anlægget er af typen to-trins centrifugalkompressor anlæg og anvender R134a som kølemiddel, hvilket ikke er et naturligt kølemiddel.



Figur 3; Varmepumpe hos Fornebu Nord Energicentral



## 6 Besøg i Oslo Lufthavns fjernvarme- og kølestation

I Oslo lufthavn er der en fjernvarme- og kølestation baseret på varmepumper. Varmepumperne blev etableret i 1997.

Ligesom på Drammen Fjernvarme anvendes ammoniak som kølemiddel, men til forskel fra Drammen Fjernvarme er der på anlægget i Oslo lufthavn tale om en langt lavere fremløbstemperatur på kun 50° C.

Varmepumperne er af typen et-trins ammoniakvarmepumper. Den samlede varmeeffekt er 8 MW og varmekilden er grundvand.

Foruden varmepumpeanlægget råder energicentralen også over en række brændselsbaserede kedler samt en elkedel.

Energicentralen omfatter også et planlagt projekt, som går ud på at anvende sne, som ryddes fra baner og veje i lufthavnen, til køling af passagerterminalerne om sommeren. Anlægget skal bestå af et 8.000 m<sup>2</sup> stort vandtæt bassin til opbevaring af op til 22.000 m<sup>3</sup>. Når systemet bliver taget i brug, vil sneen dække et kølebehov på 2 GWh som supplement til det eksisterende køleanlæg.

Figur 4; Varmepumpe i Oslo Lufthavn



## 7 Opsummering

I alt blev fire forskellige varmepumpeanlæg besøgt:

- › Drammen Fjernvarme  
To-trins NH<sub>3</sub> skruekompressor anlæg. Varmeeffekt: 14 MW.  
Maks. temp. 92° C. Varmekilde: Havvand. Byggeår: 2010
- › Sandvika Energicentral  
To-trins R134a centrifugalkompressor anlæg. Varmeeffekt: 13 MW.  
Temp. i forbindelse med besøg: 74° C. Varmekilde: Urenset spildevand.
- › Besøg på Fornebu Nord Energicentral  
To-trins R134a centrifugalkompressor anlæg. Varmeeffekt 13,7 MW.  
Varmekilde: Havvand. Byggeår: 2001/2006.
- › Oslo Lufthavn  
Et-trins NH<sub>3</sub> stempelkompressor anlæg som er seriekoblet på varmeproduktionsiden med et nyere NH<sub>3</sub> skruekompressor anlæg. Varmeeffekt: 8 MW.  
Temp. 50° C. Varmekilde: Grundvand. Byggeår: 1997

Som det fremgår af oversigten, er anlæggene forskellige mht. bl.a. kølemiddel og kompressortype. Anlæggene er også forskellige mht. fremløbstemperatur. Mens anlægget i Drammen producerer fjernvarme ved en temperatur på helt op til 92° C, så ligger fremløbstemperaturen for de øvrige varmepumpeanlæg en del lavere.

Med hensyn til kølemiddel gælder det, at der i Danmark ved etablering af varmepumper af en vis størrelse, kun må anvendes naturlige kølemidler.

Set i det lys, er anlægget i Drammen samt anlægget i Oslo Lufthavn, som begge anvender ammoniak som kølemiddel, de for Danmark mest relevante.

Hos Drammen Fjernvarme, hvor det ammoniakbaserede anlæg leverer en fremløbstemperatur på helt op til 92° C, lagde de ikke skjul på, at der har været tale om et pilotprojekt, og at der også har været en del driftsudfordringer, som har givet sig udslag i øgede drifts- og vedligeholdelsesomkostninger på anlægget. Den meget høje fremløbstemperatur er en udfordring på ammoniakanlægget, fordi det resulterer i nogle høje tryk. Ved en lavere fremløbstemperatur er der ikke den samme udfordring, ligesom en lavere fremløbstemperatur også resulterer i en højere COP for varmepumpen.

## Bilag A Deltagerliste

### ALBERTSLUND FORSYNING

- › Driftsleder Jesper Timler

### BJERRINGBRO VARMEVÆRK

- › Driftsleder Charles Winther Hansen

### ENERGI VIBORG

- › Per Uve Sønder

### GENTOFTE FJERNVARME

- › Leder Johan Sølvhøj Heinesen

### HELSINGØR FORSYNING

- › Planlægningsleder Erik Keis

### HOFOR

- › Chefkonsulent Magnus Foged

### NÆSTVED VARMEVÆRK

- › Direktør Jens Andersen
- › Driftschef Gert Jensen

### TVIS

- › Projektchef Anders Jepsen

### VEJLE FJERNVARME

- › Direktør Jesper Wolsgård

### VEKS

- › Projektudvikler Jens Brandt Sørensen

### VESTFORSYNING

- › Varmechef Erik Andersen

### COWI A/S

- › Afdelingsleder Torben Hermansen
- › Seniorprojekt- og markedsleder Thomas Engberg Pedersen
- › Specialist Steffen Thomsen



## Bilag B Elpris for eldrevne varmepumper i Danmark

I Danmark betales en lavere elafgift end standardafgiften, når el anvendes til varme. I stedet for standardafgiften på 87,8 øre/kWh betales 38,0 øre/kWh. For husholdninger betyder det, med de nuværende elpriser, en pris for el til opvarmning på cirka 113 øre/kWh + moms. For fjernvarmeselskaber, som køber el i spotmarkedet, og hvor elforbruget er større, er prisen lavere.

Betingelsen for at opnå den lavere afgiftsbetaling, når der er tale om fjernvarmeproduktion, er, at man er momsregisteret.

Foruden elafgiften betales en række transportbetalinger og offentlige forpligtigelser. Et eksempel på de samlede beløb, som skal lægges oveni den rene elpris (spotprisen) er vist nedenfor.

*Tabel 1: Eksempel på beløb som skal lægges oveni spotprisen. Alle beløb er i øre/kWh ekskl. moms.*

	Tariffer og afgifter, standard	Reduceret afgift ved anvendelse af el til fjernvarmeproduktion
<b>I alt</b>	125,25	75,45
- <b>Betaling til overliggende net</b>	4,20	4,20
- <b>Betaling til lokalt net</b>	8,95	8,95
- <b>Systemtarif</b>	2,90	2,90
- <b>PSO-tarif</b>	21,40	21,40
- <b>Energiafgift</b>	87,80	87,8-49,8 = 38,0

I 2014 var den gennemsnitlige spotpris i Vestdanmark på 22,9 øre/kWh. Med anvendelse af denne pris som eksempel, fås den gennemsnitlige pris for køb af el til varmepumper – og ved køb af el i spotmarkedet – til (22,9 + 75,45) øre/kWh = 98,35 øre/kWh.

Med en COP for varmepumpen på eksempelvis 3,0 svarer det til en variabel varmeproduktionsomkostning ekskl. drift og vedligehold på 328 kr./MWh.

Det er dog vigtigt, at en varmepumpe, ligesom hvis det var et kraftvarmeanlæg, kører dynamisk i forhold til el-spotprisen, således den slukker på tidspunkter, hvor spotprisen er så høj, at varmepumpen har højere variable varmeproduktionsomkostninger end fjernvarmeforsyningens alternative produktionsmuligheder. Hermed bliver den gennemsnitlige pris for køb af el til varmepumpen lavere. Hvis man f.eks. betragter de 6.000 timer i Vestdanmark i 2014, hvor el-spotprisen var lavest, så var gennemsnitsprisen i disse timer 19,5 øre/kWh.

Med anvendelse af denne pris som eksempel, fås den gennemsnitlige pris for køb af el til varmepumpen til (19,5 + 75,45) øre/kWh = 94,95 øre/kWh. Med en COP for varmepumpen på eksempelvis 3,0 svarer dette til en variabel varmeproduktionsomkostning ekskl. drift og vedligehold på 317 kr./MWh.

Når et fjernvarmeselskab anvender el til varmeproduktion, har selskabet, såfremt visse betingelser er opfyldt, også mulighed for at vælge at afregne afgifter i henhold til el-patronloven. Hermed bestemmes afgiften på basis af den producerede mængde varme i stedet for på basis af elforbruget. Herudover gælder det, at man slipper for PSO-tariffen. Dette regelsæt (el-patronloven) kan dog ikke svare sig for varmepumper med en COP større end cirka 2,8. For el-patroner med en virkningsgrad på rundt regnet 100 %, kan det imidlertid godt svare sig.