

Varmepumper i fjernvarmen - virker det?

Erfaringer fra 10 MW VP-anlæg på Kalundborg Centralrenseanlæg



Finn Bertelsen, Projektleder
Kalundborg Forsyning

03.09.2016

Svar på spørgsmål

- Virker det? – svar: **Ja**



- Er det problemfrit? - Svar: **Nej**



Situationen før:

- KCR behandler årligt ca. 6 mio. m³ spildevand
- Det rensede spildevand fra KCR har en gennemsnitlig temperatur på 24-25 °C, som tidligere blev bortledt til Jammerlandsbugten (Storebælt), hvor den høje temperatur udgjorde en miljøbelastning
- Samtidig købte Kalundborg Varmeforsyningen årligt ca. 250.000 MWh kulbaseret fjernvarme fra Asnæsværket (Ørsted)

Det gør vi nu:

- Varmen i det rensende spildevand udnyttes i stedet af en varmepumpe til at producere fjernvarme
- Ved at afkøle spildevandet 10 °C, kan varmepumpen årligt producere ca. 80.000 MWh fjernvarme
- Varmepumpen kan dække over 30 % af Kalundborg Varmeforsynings årlige køb af fjernvarme.

Hvad opnår vi med varmepumpen

- **Producere miljøvenlig energi, som ellers går til spilde**
 - Ved at udnytte spildvarme i det rensede spildevand fra KCR
- **Øge forsyningssikkerhed**
 - Ved at have en ekstra varmekilde som mulig leverandør, øges forsyningssikkerheden
- **Lavere pris på spildevandsrensning**
 - Renseanlæg får indtægt fra salg af varme
- **Lavere varmepris**
 - Varmepumpen har en relativt lav varmeproduktionspris og sætter et indirekte loft for, hvor høj pris alternative varmelieferandører kan tage for varmen.
 - Varmepumpen vil på kort sigt fortrænge fjernvarmeproduktion baseret på kul fra ASV5 (og evt. ASV2), men på længere sigt (når ASV6 går i drift) hovedsagelig fortrænge Ørsteds oliekedel og elkedel (spids- og reservelast).
 - Andre udnyttelser skal undersøges

Varmepumperne



3 parallelle linjer (2-trinssystem) med NH₃ som kølemiddel.
Hver linje har en effekt på 3,33 MWh – i alt 10 MW

Tidsforløb

- **Forår 2016**
 - Projektforslag og udbudsmateriale
- **Sommer og efterår 2016**
 - EU-udbud og indgåelse af totalentreprisekontrakt **november 2016**
 - Første spadestik **december 2016**
- **Forår 2017**
 - Etablering af:
 - bygning til varmepumper/installation af VP
 - Fjernvarmeledning til forbindelse med øvrigt net
 - Transformere til elforsyning
- **Sommer 2017**
 - Indvielse af anlæg **juni 2017**
- **Efterår 2017**
 - ombygning af mellemkøler
 - Aflevering af anlæg **november 2017**
 - Dokumentation af energibesparelsen 19/10 – 19/12 (60 døgn)
- **Tidsplan overholdt**
- **Tidsforbrug i alt under 2 år fra projektforslag til aflevering og færdig dokumenteret energibesparelse**

Produktion

Opgørelse af energibesparelsen - dokumenteret over 60 døgn

Varmeproduktion	14.431 MWh
Elforbrug VP	-3.814 MWh
Øvrigt elforbrug	-227 MWh
<hr/>	
Energibesparelse	10.391 MWh
Årlig energibesparelse	63.214 MWh

Målt COP i 2018

Måned	COP	Spildevandstemp °C
Januar	3,60	17,5
Februar	3,73	18,8
Marts	3,76	17,5
April	3,84	20,8
Maj	4,11	26,7
Juni	4,37	29,2
Juli	4,43	29,5
August	4,39	28,7
Gennemsnit	4,03	23,6

Pris for 10 MW varmepumpeanlæg

Mio. DKK	Budget	Realiseret
VP + bygning	48	46
Transformer	4	5
Fjernvarmeinstallationer	8	9
Øvrige omk.	5	4
Samlet pris	65	64

Tekniske problemer

- Mellemkøler dimensioneret for lille
 - Varmepumper ombygget efterår 2017 for JCI's regning
- Olieudskiller fungerede ikke efter hensigten.
 - Svømmere, der skal adskille olie og ammoniak kan ikke holde til de store tryk
 - JCI har (uden beregning) skiftet svømmere (nu titanium)
- Tryktab på mellemkredsen på VP2
 - Veksler2 er tæret – årsag ukendt
 - Nye plader er bestilt (254 SMO)
- Styring af sommerdrift med lavt varmekonsum

Sammenfatning

- **Plus**

- Myndighedsbehandling og etablering har fulgt tidsplanen
- Anlægsøkonomien har fulgt budgettet
- Anlæggets varmeproduktion har levet op til forventningerne
- Virkningsgrader (COP) har også levet op til forventningerne

- **Minus**

- Anlægget har haft tekniske problemer – især svømmere, der ikke kunne klare de høje tryk. Dette forventes dog nu at være løst
- Der har været tæring på mindst 1 veksler. Plader af højere stål kvalitet forventes at løse problemet, men er endnu ikke påvist

Generelt har der været rigtig god service fra totalentreprenør og varmepumpeleverandør

Tak for opmærksomheden



Energibalance KCR

	Forbrug kWh	Produktion kWh
KCR	2.000.000	
Ozonanlæg	300.000	
Udløbspumper	600.000	
Varmepumper	20.000.000	80.000.000
Total	22.900.000	80.000.000
<i>Netto</i>		<i>57.000.000</i>

Vigtige forudsætninger

- Anlægget skal kunne godkendes efter projektbekendtgørelsen (Varmeforsyningsloven)
 - Spids- og reserbelast - ingen KV krav
 - Positiv samfundsøkonomi – fortrænger CO2 udenfor kvotesektoren
- Salg af energibesparelse var mulig fordi varmepumpeanlægget ejes af renseanlægget
 - 1. års energibesparelse over 60.000 MWh
- Varmepumpeanlægget skal have mange driftstimer
 - Anlæg dimensioneret efter sommerlasten

Vigtige økonomiske optimeringer i projektet

- Aftale om energibesparelse indgået efter den gamle aftale (første års energibesparelse tæller), hvor fjernvarmeselskabet ikke kan eje produktionsanlægget – samlet værdi ca. 30 mio. DKK
- Vi har købt egen transformer og 10 kV kabel, så vi køber el på 10 kV-niveau. Giver en besparelse på transporttariffen på ca. 10 øre/kWh
- Investering i transformer plus kabel er ikke højere end tilslutningsomkostning til SEAS-NVE (som i øvrigt stod for etableringen).
- Anlægget kører de første 2½ år fuldlast (over 8.000 timer)

Vigtig forudsætninger (2)

- Høj varmesubstitutionspris
 - Nuværende købspris er alene variabel pris (over 400 kr./MWh)
- Høj COP på varmepumpeanlæg – forventes over 4
 - Høj temperatur på spildevand, også om vinteren
 - Bortfald af PSO og del af energiafgifterne medfører variabel pris på under 200 kr./MWh
- Ingen afgift på overskudsvarmen
 - Der betales ingen honorar for spildevand - udledningen i dag giver ekstra miljøbelastning pga høj temperatur.

Driftsdata fra 60 døgns drift (20/10 til 19/12)

Kalundborg Varmepumpe- anlæg	Varmepumper											
	Varmepumpe 1			Varmepumpe 2			Varmepumpe 3			Total		
	Prod.	Forbrug	COP	Prod.	Forbrug	COP	Prod.	Forbrug	COP	Prod.	Forbrug	COP
	MWh	MWh	COP	MWh	MWh	COP	MWh	MWh	COP	MWh	MWh	COP
Sum	4.787	1.290		4.820	1.257		4.824	1.266		14.431	3.814	
Middel pr. døgn	79,8	21,5	3,71	80,3	20,9	3,84	80,4	21,1	3,82	240,5	63,6	3,79
Max pr. døgn	85,1	23,0	3,95	86,1	22,5	4,01	83,9	23,0	4,05	255,1	67,6	3,98
Min pr. døgn	60,2	21,1	3,55	75,5	20,3	3,63	79,5	21,0	3,54	231,8	63,8	3,58

Det skal bemærkes, at de højeste COP'er blev registreret i starten af måleperioden, hvor spv. temp. lå på knap 25 grader, mens de laveste COP'er blev registreret ved spv. temp. på omkring 16 grader. I sommerhalvåret ligger temperaturen typisk på 25-30 grader.

I maj 2018 ligger gennemsnits COP'en på 4,1 og de seneste dage på 4,5