

System og teknologi - Opdaterede teknologidata og potentialer

Bilagsrapport - Delopgave A -
Erfaringsopsamling og teknologidata

VEKS, HOFOR, CTR, VESTFORBRÆNDING

15. MARTS 2021

Indhold

**Side 3 - Erfaringsopsamling spildevandsvarmepumper -
Frederikshavn**

Side 9 - Erfaringsopsamling - SVAF

**Side 18 - Erfaringsopsamling spildevandsvarmepumper -
Roskilde**

**Side 24 - Erfaringsopsamling spildevandsvarmepumper -
Tårnby**

**Side 30 - Erfaringsopsamling spildevandsvarmepumper -
Ejby Mølle, Odense**

**Side 36 - Erfaringsopsamling højtemperatur-varmepumper -
Løgumkloster Fjernvarme**

**Side 39 - Erfaringsopsamling havvandsvarmepumper -
Aarhus Ø**

**Side 45 - Erfaringsopsamling havvandsvarmepumper -
Stockholm**

Interview-spørgsmål

Erfaringsopsamling fra varmepumpe-
anlæg til spildevand - Fredrikshavn

Projekt ID: 10410445
Ændret: 15-03-2021 13:14
Revision:

Udarbejdet af CREC
Kontrolleret af GRAA
Godkendt af GRAA

Indhold

1	Generelle anlægsdata	2
2	Tekniske detaljer	3
3	Driftserfaringer	4
4	Økonomiske nøgletal	5



1 Generelle anlægsdata

I dette og de efterfølgende afsnit er en række tekniske og økonomiske spørgsmål vedrørende konkrete erfaringer med varmepumpeanlæg til udnyttelse af varme i spildevand. Suppler gerne indtastede værdier med kommentarer/bemærkninger hvis relevant.

	Spørgsmål	Svar
1.1	Varmepumpeleverandør	Advansor
1.2	Nominal varmeydelse for hele anlægget [MW]	0,779
1.3	Minimum varmeydelse for hele anlægget [MW]	$1/16 \cdot 0,779 = 0,05$
1.4	Nominal fjernvarmetemperatur (frem/retur)	80/43
1.5	Nominal spildevandstemperatur (ind/ud)	6/2
1.6	Temperaturbegrænsninger for spildevandet (maksimum/minimum)	Ingen. Fast afkøling på $\Delta T = 3-4$ C. Begrænsning på temperatur i indløb på 6 C.
1.7	Nominal varmepumpe-COP inkl. tab i motor og frekvensomformere og uden pumper og andet hjælpeudstyr [-]	2,6
1.8	El-forbrug til pumper og andet hjælpeudstyr (nominelt)	0,010 MW
1.9	Kølemiddel	CO2
1.10	Driftstimer [t/år]	$4000 \text{ MWh/år} / 0,8 \text{ MW} = 5000 \text{ h}$, begrænset af varmebehov om sommeren
1.11	Forventet levetid [år]	Ca. 20 år. Afskrivning over 15 år. Blev taget ud af drift i 2012, herefter solgt til Skagen varmeværk.
1.12	Kølemiddel-fyldning [tons]	0,4 t
1.13	Idriftsættelsestidspunkt [måned, år]	2009
1.14	Maks. fjernvarmetemperatur (fremløb) [°C]	80 °C
1.15	Års-COP inkl. tab i motor og frekvensomformere og uden	2,8

	pumper og andet hjælpeudstyr [-]	
1.16	Målt max-COP inkl. tab i motor og frekvensomformere og uden pumper og andet hjælpeudstyr [-]	2,8
1.17	Varmeproduktion [MWh/år], inkl. bemærkning: forventet eller realiseret?	4000 MWh/år (Forventet) 4095 MWh/år (realiseret)

2 Tekniske detaljer

I tabellen nedenfor er yderligere en række spørgsmål til de tekniske detaljer.

	Spørgsmål	Svar
2.1	Er varmekilden rensede spildevand eller hentes varmen opstrøms i rensningsanlægget?	Spildevand fra udløbet
2.2	Anlægsopbygning. Er der en mellemkreds mellem spildevand og varmepumpe(r)?	Nej. Ikke kritisk pga. CO2 kølemiddel.
2.3	Anlægsopbygning. Antal varmepumpeenheder?	1
2.4	Anlægsopbygning ved mere end én varmepumpeenhed. Er varmepumperne koblet i serie eller i parallel på spildevandssiden?	-
2.5	Anlægsopbygning ved mere end én varmepumpeenhed. Er varmepumperne koblet i serie eller i parallel på fjernvarmesiden?	-
2.6	Beskrivelse af anlægsopbygning – antal kompressorer, kompressortrin og kompressortyper.	16 stk. stempel kompressorer. Et trin, op til ca. 100 bar
2.7	Varmevekslertyper	Pladeveksler, rustfrit syrefast stål. Blev skiftet ud til titanium efter ca. 1 år. Erfaring: Veksler burde have været lagt ud med overkapacitet.

2.8	El-tilslutning, spændingsniveau	400 V
2.9	Er CIP manuelt/ halv-/ eller fuldautomatisk	Manuelt, installeret efter 1 års tid ca. CIP af ca. én times tid. Lud og syre til ca. 50 grader.
2.10	Filtertype (stempel/tromle/andet)	Passivt filter (si) stoppede hurtigt til. Det havde betydning at tilslutningspunktet var tæt på udledning til hav, da muslingeskaller og ål satte sig fast også. Herefter kunne tilsmudsning holdes nede, men der var fortsat biofilm belægning i veksler.
2.11	Filter finhed [μm]	50
2.12	Typisk højt spildevandsflow i et døgn [m^3/h]	Ca. 120 m^3/h
2.13	Typisk lavt spildevandsflow i et døgn [m^3/h]	Udnytter kun $\frac{1}{4}$ af renseanlægget, så der er altid nok.
2.14	Evt. sumpstørrelse (buffer-tank for spildevand) [m^3]	Ingen sump/buffer
2.15	Opstartstid fra slukket til fuldlast?	Få minutter – hurtig nok til regulermarkedet.
2.16	Opreguleringstid fra minimum til fuldlast?	Få minutter

3 Erfaringer ifm. etablering

	Spørgsmål	Svar
3.1	Entrepriseform (totalentreprise/fagentreprises/hovedentreprise/kombination)	DONG kontraherede. Hovedentreprise
3.2	Samlet længde af anlægsperiode [mdr.]	Ankom i container blev tilsluttet meget hurtigt. Ca. en uge, herefter indregulering og el tilslutning. Samlet ca. $\frac{1}{2}$ år.
3.3	Heraf længde af anlægsperiode for bygningen [mdr.]	-
3.4	Hvad var de største udfordringer som opstod undervejs?	-

3.5	Øvrige erfaringer fra etablering	Fungerede fint med containerløsning
-----	----------------------------------	-------------------------------------

4 Driftserfaringer

	Spørgsmål	Svar
4.1	Antal uplanlagte årlige udetimer	En hel del, 1-2 stop pr uge, nogle timers varighed
4.2	Hvor mange gange pr. år gennemføres CIP, ca.	Ca. én gang om ugen, dvs. 52 gange pr- år.
4.3	Hvilke(n) parameter/parametre kigger i på når i vurderer at det er tid til CIP?	Varmeoverførsel
4.4	Hvad er den hyppigste årsag til udetid på varmepumpen?	Filterrensning Meget vedligehold af sikkerhedsventiler på højtryksside
4.5	Driftserfaringer med filter. Oplever i ofte tilstopning el. lign.	Ofte
4.6	Driftserfaringer med CIP. Hvor lang tid tager en CIP rutine?	1 time
4.7	Driftserfaringer med selve varmepumpeanlæg	Meget vedligehold af sikkerhedsventiler på højtryksside
4.8	Gør i noget for at styre /udjævne flow til varmepumpen? Hvad gør i?	Sikkerhedsventiler blev utætte. Der måtte påfyldes CO2 undervejs.
4.9	Øvrige erfaringer?	I andet projekt bør kunne udnyttes mere af energien ved at holde større afkøling end 3-4 K. Positive erfaringer ved at deltage på regulerkraft marked.

5 Økonomiske nøgletal

	Spørgsmål	Svar
--	-----------	------

5.1	Investeringsomkostning for hele projektet [mio. DKK]	7 mio.
5.2	Investeringsomkostning for varmepumperne [mio. DKK]	5 mio. (Resten er etablering, opstart, rørforbindelse, el tilslutning)
5.3	Overslag på driftstimer for driftspersonale [timer/år]	Ca. et helt mandeår. Filter, CIP, dialog, osv osv.
5.4	Udgift til evt. servicekontrakt [DKK/år]	50.000 kr./år
5.5	Øvrige udgifter til drift og vedligehold, ekskl. el-udgifter [DKK/år]	Svær at gætte på HECO filter kostede 200.000 kr. CIP kostede ca. 100.000 kr. 100-200 tkr. Pr. år.

Interview-spørgsmål**Erfaringsopsamling fra varmepumpe-
anlæg til havvand og spildevand -
SVAF**

Projekt ID: 10410445
Ændret: 15-03-2021 13:13
Revision:

Udarbejdet af CREC
Kontrolleret af GRAA
Godkendt af GRAA

Indhold

1	Generelle anlægsdata	2
2	Tekniske detaljer	4
3	Driftserfaringer	5
4	Økonomiske nøgletal	8

1 Generelle anlægsdata

I dette og de efterfølgende afsnit er en række tekniske og økonomiske spørgsmål vedrørende konkrete erfaringer med varmepumpeanlæg til udnyttelse af varme i havvand. Suppler gerne indtastede værdier med kommentarer/bemærkninger hvis relevant.

	Spørgsmål	Svar
1.1	Varmepumpeleverandør	Entreprise: InnoTerm VP leverandør: GEA
1.2	Kølemiddel	Ammoniak, NH ₃
1.3	Forventet levetid [år]	20
1.4	Kølemiddel-fyldning [tons]	2500 kg
1.5	Idriftsættelsestidspunkt [måned, år]	Fase 1: Februar, 2019 – afleveret ultimo april, 2019 Fase 2: August, 2020 Fase 3: Februar, 2021 – mangellisten udbedret
1.6	Års-COP inkl. tab i motor og frekvensomformere og uden pumper og andet hjælpeudstyr [-]	2,77 (Kombineret drift med havvand eller spildevand)
1.7	Varmeproduktion [MWh/år], inkl. bemærkning: forventet eller realiseret?	Forventet: 20.911 (Kombineret drift med havvand eller spildevand)

1.1 Anlægsdata spildevandsdrift

	Spørgsmål	Svar
1.8	Nominal varmeydelse for hele anlægget [MW]	5
1.9	Minimum varmeydelse for hele anlægget [MW]	
1.10	Nominal fjernvarmetemperatur (frem/retur)	80 / 50
1.11	Nominal spildevandstemperatur (ind/ud)	10 / 4
1.12	Temperaturbegrænsninger for spildevandet (maksimum/minimum)	Varierer fra 20 °C – 10 °C

		(Minimum 8 °C i serielt drift og minimum 4 °C i parallel drift)
1.13	Nominel varmepumpe-COP inkl. tab i motor og frekvensomformere og uden pumper og andet hjælpeudstyr [-]	2,78
1.14	El-forbrug til pumper og andet hjælpeudstyr (nominelt)	Ca. 10 % af det samlede optag
1.15	Driftstimer [t/år]	Kombineret driftstimer
1.16	Maks. fjernvarmetemperatur (fremløb) [°C]	90
1.17	Målt max-COP inkl. tab i motor og frekvensomformere og uden pumper og andet hjælpeudstyr [-]	3,75

1.2 Anlægsdata havvandsdrift

	Spørgsmål	Svar
1.18	Nominel varmeydelse for hele anlægget [MW]	5 MW
1.19	Minimum varmeydelse for hele anlægget [MW]	
1.20	Nominel fjernvarmetemperatur (frem/retur)	80 / 50
1.21	Nominel havvandstemperatur (ind/ud)	4 / 0,5
1.22	Temperaturbegrænsninger for havvandet (maksimum/minimum)	Alt under 4 oC vil formentlig betyde kapacitetsreduktion – og afhængigt af mindste-effekt på VP, vil en tilsvarende minimumstemperatur for havvand-ind findes.
1.23	Nominel varmepumpe-COP inkl. tab i motor og frekvensomformere og uden pumper og andet hjælpeudstyr [-]	2,57
1.24	El-forbrug til pumper og andet hjælpeudstyr (nominelt)	Ca. 10 % af det samlede optag
1.25	Driftstimer [t/år]	Kombineret driftstimer

1.26	Maks. fjernvarmetemperatur (fremløb) [°C]	90
1.27	Målt max-COP inkl. tab i motor og frekvensomformere og uden pumper og andet hjælpeudstyr [-]	8,95

2 Tekniske detaljer

I tabellen nedenfor er yderligere en række spørgsmål til de tekniske detaljer.

	Spørgsmål	Svar
2.1	Anlægsopbygning. Er der en mellemkreds mellem spildevand/havvand og varmepumpe(r)?	Nej.
2.2	Anlægsopbygning. Antal varmepumpeenheder?	2 varmepumper med 2 trin, dvs. 4 kompressorer.
2.3	Anlægsopbygning ved mere end én varmepumpeenhed. Er varmepumperne koblet i serie eller i parallel på spildevands/havvandsiden?	Begge dele er en mulighed. Driftsmønstret vil oftest være parallelt på havvand grundet temperaturudfordring, og serielt på spildevandsiden. Kombineret drift med parallel- og serielt på havvand testes i løbet af testperioden for at se, hvornår der bør køres parallelt eller serielt.
2.4	Anlægsopbygning ved mere end én varmepumpeenhed. Er varmepumperne koblet i serie eller i parallel på fjernvarmesiden?	Serielt.
2.5	Beskrivelse af anlægsopbygning – antal kompressorer, kompressortrin og kompressortyper.	4 kompressorer med 2 lavtrykstrin og 2 højtrykstrin. Det er på skruekompressorer på alle.
2.6	Varvekslertyper	AlfaLaval pladevekslere
2.7	El-tilslutning, spændingsniveau	B-høj, 10 kV (10/0,4 kV transformer – 0,4 kV til bygning og VP)
2.8	Er CIP manuelt/ halv-/ eller fuldautomatisk	Det er meget tæt på at være en fuldautomatisk løsning. Evakuering og afspærring af fordampere, dosering af kemi, opvarmning, cirkulation og tømning er automatiseret. Kun bortskaffelse af anvendt kemi udestår.

2.9	Filtertype (stem-pel/tromle/andet)	Boller kirsch back-flush 300 µm filter.
2.10	Filter finhed [µm]	300 µm
2.11	Typisk havvandsflow [m3/h]	900 m3/h
2.12	Typisk højt spildevandsflow i et døgn [m3/h]	550 m3/t
2.13	Typisk lavt spildevandsflow i et døgn [m3/h]	550 m3/t
2.14	Opstartstid fra slukket til fuldlast?	Ca. 10 minutter – skal testes yderligt.
2.15	Opreguleringstid fra minimum til fuldlast?	
2.16	Benyttes et eksisterende havvandsindtag eller er anlægget etableret som stand-alone?	Stand-alone.
2.17	Hvor langt under havoverfladen er havvandsindtaget placeret?	Øverste delt af røret starter cirka 10 cm under kote 0
2.18	Hvor langt fra kysten/havnekanten er havvandsindtaget placeret?	0m - Placeret i havnenkanten
2.19	Hvor langt er der mellem havvandindtag og havvandsudløb?	Ca. 70 meter

3 Erfaringer ifm. etablering

	Spørgsmål	Svar
3.1	Entrepriseform (totalentreprise/fagentreprise/hovedentreprise/kombination)	<p>Fagentreprise: en entreprise for VP (Innoterm), en for fjernvarmerør (HOFORs leverandør valgt for 4 år?), en for eltilslutning (Radius), en for bygning og tilslutninger til varmekilder, herunder havvandsindtag/afkast (Hoffmann)</p> <p>Fagentreprise på SVAF:</p> <p>1. VP incl. Proces elinstallation og styring. (INNOTERM)</p>

		<p>2. Bygning incl. Bygningsel, Transformator, Havvandsindtag og afkast, Spildevands indtag og afkast. (HOFFMANN)</p> <p>3. Fjernvarmetilslutning. (HOFORs rammeaftale)</p> <p>4. Eltilslutning. (Radius)</p>
3.2	Samlet længde af anlægsperiode [mdr.]	Fra efterår 2017 (forberedelse af byggeplads) til marts 2019, hvis ikke garantisager og udfordringer tælles med.
3.3	Heraf længde af anlægsperiode for bygningen [mdr.]	12 måneder
3.4	Hvad var de største udfordringer som opstod undervejs?	<p>Manglende projektstyring hos entreprenør for bygning og varmekildetilslutninger som blev mange måneder forsinket. Specielt udførelse af havvandsafkastet som skulle føres ud i sejlrenden udfordrede HOFFMANN. De kom sent igang, og det tog længere tid end forventet.</p> <p>Lang proces omkring tilladelser til havvandsindtag – særligt ifht. løsning omkring etablering af havvandsafkast i havnen</p> <p>Lang proces med kontraktindgåelse med kompressorleverandør via Innoterm i forhold til at levere 90 C fremløb</p>
3.5	Øvrige erfaringer fra etablering	Selskabers økonomiske robusthed bør medtages i prækvalificering af udbud. Specielt INNOTERM havde et problem ift. At stille nødvendige garantier ved kontraktindgåelse. INNOTERM var afhængig af, at garantier blev videreført til GEA og det var en tidskrævende proces.

4 Driftserfaringer

	Spørgsmål	Svar
4.1	Antal uplanlagte årlige udetimer	<p>Lav rådighed i første periode grundet indkørselsvanskeligheder.</p> <p>Forventer 90 % rådighed på anlægget.</p>

4.2	Hvor mange gange pr. år gennemføres CIP, ca.	4 gange efter testprogram, 8 – 10 gange under test.
4.3	Hvilke(n) parameter/parametre kigger i på når i vurderer at det er tid til CIP?	Tryktab, varmeoverførsel.
4.4	Hvad er den hyppigste årsag til udetid på varmepumpen?	Fejl på kompressorer / kølekredsen
4.5	Driftserfaringer med filter. Oplever i ofte tilstopning el. lign.	Cirka blokkeret en gang om ugen under drift i efteråret grundet ålegræs v. havvand – i resterende perioder forventes færre blokkeringer.
4.6	Driftserfaringer med CIP. Hvor lang tid tager en CIP rutine?	Anbefalingerne fra AlfaLaval siger 8 timer per veksler per kemikalie – dvs. 2 fordampere, 2 kemikalier = 32 timer. Størstedelen af denne tid er grundet opvarmning til de påkrævede 70 oC. Specielt dette skal testes henover de kommende 2 år. Problemer med korrosion af 316 stål ift. havvand på CIP-anlæg. Anbefaling ved hyppig CIP er en mellemkreds, da der ellers skal afspærres og tømmes for kølemiddel, da CIP kræver en højere temperatur end normalt på fordampersiden.
4.7	Driftserfaringer med selve varmepumpeanlæg	Problemer med: væskeslag, olievalg, olietur, partikler i olien, lokal kondensering, samkøring af Siemens PLC og styring med ABB, manglende efterspænding af bolte, begroning af fordampere vekslere for at nævne de værste. Når anlægget kører, kører det som forventet.
4.8	Oplever i problemer med isdannelse ved afkøling af havvand?	Temperaturen har endnu ikke været i det kritiske område endnu, men vil blive testet i løbet af de 2 år.
4.9	Hvad gøres for at undgå/håndtere isdannelse?	Der er ikke installeret decideret tiltag til at undgå isdannelse, så det vil enten være en kapacitetsreduktion eller fuld stop af anlægget.
4.10	Gør i noget for at styre /udjævne flow til varmepumpen? Hvad gør i?	Vi har frekvensstyrede kilde og fjernvarmepumper. Kilde er rimeligt stabil, fjernvarme differenstræk varierer.
4.11	Øvrige erfaringer?	Udfordringer med placering af energi og flowmålere på hhv. kilde og fjernvarmekreds.

		Undervurdering af CIP. Manglende mellemkreds komplicerer proceduren sammenlignet med en kølemaskine.
--	--	--

5 Økonomiske nøgletal

	Spørgsmål	Svar
5.1	Investeringsomkostning for hele projektet [mio. DKK]	73,5 Mkr. Uden timer til testfase, men med EUDP timer til konceptudvikling også for geotermi inden det blev fravalgt i projektet, og PL post langt større end normalt: EUDP administration, koordinering af partnerskab, juridiske aftaler mv.
5.2	Investeringsomkostning for varmepumperne [mio. DKK]	28 Mkr. inkl. rørarbejde i bygning
5.3	Investering for etablering/ombygning af havvandsindtag [mio. DKK]	Separat pris haves ikke del af samlet entreprise for bygning og tilslutning til varmekilder. Projekt kan måske grave i det på et senere tidspunkt. <i>Uddybet svar i mails pr. 10. og 11. februar 2021:</i> <i>Jeg er kommet en smule nærmere prisen. Ud af de ca. 73 mio. kroner for hele entreprisen dækker havvand og spildevandsindtag og afkast nedenstående.</i> <i>Havvands-indtag og afkast, Spildevands - indtag og afkast</i> <i>5.500.000,00</i> <i>Følgende %-opdeling:</i> <i>Spildevandindtag og afkast: 40%</i> <i>Havvands afkast: 15%</i> <i>Havvandsindtag: 45%</i> <i>Jeg får det derfor til 3.3 mio. DKK for havvandsdelen.</i>
5.4	Overslag på driftstimer for driftspersonale [timer/år]	
5.5	Udgift til evt. servicekontrakt [DKK/år]	Evt. vende tilbage med

5.6	Øvrige udgifter til drift og vedligehold, ekskl. el-udgifter [DKK/år]	Mener vi i business case har regnet med 12-15 kr./GJ baseret på ENS teknologikatalog. Derudover jo ikke noget vi har data for endnu.
-----	---	--

Interview-spørgsmål

Erfaringsopsamling fra varmepumpe-
anlæg til spildevand - Roskilde

Projekt ID: 10410445
Ændret: 15-03-2021 13:14
Revision:

Udarbejdet af CREC
Kontrolleret af GRAA
Godkendt af GRAA

Indhold

1	Generelle anlægsdata	2
2	Tekniske detaljer	3
3	Driftserfaringer	4
4	Økonomiske nøgletal	6

1 Generelle anlægsdata

I dette og de efterfølgende afsnit er en række tekniske og økonomiske spørgsmål vedrørende konkrete erfaringer med varmepumpeanlæg til udnyttelse af varme i spildevand. Suppler gerne indtastede værdier med kommentarer/bemærkninger hvis relevant.

	Spørgsmål	Svar
1.1	Varmepumpeleverandør	Totalentreprenør AEA Underentreprenør ICS Kompressorer Johnson / Bitzer
1.2	Nominel varmeydelse for hele anlægget [MW]	8
1.3	Minimum varmeydelse for hele anlægget [MW]	2
1.4	Nominel fjernvarmetemperatur (frem/retur)	80/52
1.5	Nominel spildevandstemperatur (ind/ud)	8/2
1.6	Temperaturbegrænsninger for spildevandet (maksimum/minimum)	Afkøles til $T > 2^{\circ}\text{C}$, ingen begrænsning på indløb
1.7	Nominel varmepumpe-COP inkl. tab i motor og frekvensomformere og uden pumper og andet hjælpeudstyr [-]	3,15
1.8	El-forbrug til pumper og andet hjælpeudstyr (nominelt)	280 kW
1.9	Kølemiddel	NH3
1.10	Driftstimer [t/år]	7513
1.11	Forventet levetid [år]	20 år +
1.12	Kølemiddel-fyldning [tons]	4,9
1.13	Idriftsættelsestidspunkt [måned, år]	Oktober 2020, Aflevering forventes januar 2021
1.14	Maks. fjernvarmetemperatur (fremløb) [$^{\circ}\text{C}$]	82 $^{\circ}\text{C}$
1.15	Års-COP inkl. tab i motor og frekvensomformere og uden pumper og andet hjælpeudstyr [-]	3,6

1.16	Målt max-COP inkl. tab i motor og frekvensomformere og uden pumper og andet hjælpeudstyr [-]	3,78
1.17	Varmeproduktion [MWh/år], inkl. bemærkning: forventet eller realiseret?	Forventet 64.110 MWh

2 Tekniske detaljer

I tabellen nedenfor er yderligere en række spørgsmål til de tekniske detaljer.

	Spørgsmål	Svar
2.1	Er varmekilden rensset spildevand eller hentes varmen opstrøms i rensningsanlægget?	Renset spildevand fra udløb
2.2	Anlægsofbygning. Er der en mellemkreds mellem spildevand og varmepumpe(r)?	Ja, der er mellemkreds (propylen glycol)
2.3	Anlægsofbygning. Antal varmepumpeenheder?	2 stk.
2.4	Anlægsofbygning ved mere end én varmepumpeenhed. Er varmepumperne koblet i serie eller i parallel på spildevandssiden?	Parallel
2.5	Anlægsofbygning ved mere end én varmepumpeenhed. Er varmepumperne koblet i serie eller i parallel på fjernvarmesiden?	Parallel
2.6	Beskrivelse af anlægsofbygning – antal kompressorer, kompressortrin og kompressortyper.	Per linje er der: 3 stk. lavtryksskubberer (parallel) 2 stk. højtryksskubberer (parallel) De to linjer er parallelt koblede på både spildevands- og fjernvarmeside.
2.7	Varvevekslertyper	Pladeveksler af materialet SMO
2.8	El-tilslutning, spændingsniveau	690 V (kompressorer), 400 V (øvrigt)

2.9	Er CIP manuelt/ halv-/ eller fuldautomatisk	Fuldautomatisk. Kræver tilstedeværelse af sikkerhedsmæssige årsager.
2.10	Filtertype (stempel/tromle/andet)	Hydrotech Tromlefilter / skivefilter
2.11	Filter finhed [μm]	100 μm
2.12	Typisk højt spildevandsflow i et døgn [m^3/h]	1000 m^3/h
2.13	Typisk lavt spildevandsflow i et døgn [m^3/h]	300 m^3/h
2.14	Evt. sumpstørrelse (buffertank for spildevand) [m^3]	50 m^3
2.15	Opstartstid fra slukket til fuldlast?	30 min. Pr. linje, samlet én time
2.16	Opreguleringstid fra minimum til fuldlast?	30 min. Pr. linje, samlet én time

3 Erfaringer ifm. etablering

	Spørgsmål	Svar
3.1	Entrepriseform (totalentreprise/fagentrepriser/hovedentreprise/kombination)	Totalentreprise
3.2	Samlet længde af anlægsperiode [mdr.]	12 mdr.
3.3	Heraf længde af anlægsperiode for bygningen [mdr.]	Eksisterende bygning, renovering af hal ca. 3 mdr.
3.4	Hvad var de største udfordringer som opstod undervejs?	Udvidelse af nuværende udløbsbygværk og indskæring på udløbsledningen. Pladsforhold i eksisterende bygning var små og indbaksning af varmepumper, rør og andet blev udfordret. Der blev bygget meget op i højden. Rummet, som er ca. 280 m^2 hvoraf ca. 200 m^2 er 8 m i højden og resten er ca. 5 meter i højden, er for småt til 8 MW.
3.5	Øvrige erfaringer fra etablering	Samarbejde med driftsfolk fra rensningsanlæg essentielt Til udbudsmateriale: fokus på døgn-, time- og minut-variationer i

		<p>spildevandsflow essentielt. Få fastlagt minimumsflow på forhånd.</p> <p>Udligning af flow i samarbejde med renseanlæg essentielt</p> <p>Bufferkapacitet kunne ønskes større</p>
--	--	--

4 Driftserfaringer

	Spørgsmål	Svar
4.1	Antal uplanlagte årlige udetimer	Ikke nok driftserfaring
4.2	Hvor mange gange pr. år gennemføres CIP, ca.	Ikke nok driftserfaring, der vurderes CIP behov hvert 1,5. eller 2. måneder
4.3	Hvilke(n) parameter/parametre kigger i på når i vurderer at det er tid til CIP?	Tryktab og varmeoverførsel, men afventer analyse af driftsdata.
4.4	Hvad er den hyppigste årsag til udetid på varmepumpen?	Indtil nu: Manglende spildevand Slamflugt
4.5	Driftserfaringer med filter. Oplever i ofte tilstopning el. lign.	Ja, der sker tilstopning ved slamflugt. I efteråret er renoveret efterklarings-tanke, hvilket har medført hyppigere slamflugt end normalt. Normalår: 1-3 gange
4.6	Driftserfaringer med CIP. Hvor lang tid tager en CIP rutine?	3 timer pr. linje. Linje der ikke cippes kører videre imens.
4.7	Driftserfaringer med selve varmepumpeanlæg	Endnu ikke færdig indkørt
4.8	Gør i noget for at styre /udjævne flow til varmepumpen? Hvad gør i?	Ja, opsamlingsbassiner tømmes om natten
4.9	Øvrige erfaringer?	Varmeveksler til CIP anlæg forkorter tidsforbrug Nyttiggørelse af eksisterende data fra renseanlæg essentielt. Eksempelvis måling af partikelæthed i spildevand

	(Turbiditetsmåling) forud for mulig slamflugt.
--	--

5 Økonomiske nøgletal

	Spørgsmål	Svar
5.1	Investeringsomkostning for hele projektet [mio. DKK]	Ca. 72 inkl. transformer, forsyningslednings til eksisterende net
5.2	Investeringsomkostning for varmepumperne [mio. DKK]	35
5.3	Overslag på driftstimer for driftspersonale [timer/år]	500 timer (daglig rundering) 50 timer (CIP) 200 timer (vedligehold) = 750 timer
5.4	Udgift til evt. servicekontrakt [DKK/år]	Ca. 1 mio. kr.
5.5	Øvrige udgifter til drift og vedligehold, ekskl. el-udgifter [DKK/år]	Der forventes ingen yderligere udgifter

Interview-spørgsmålErfaringsopsamling fra varmepumpeanlæg til spildevand
- Tårnby

Projekt ID: 10410445
Ændret: 13-03-2021 10:07
Revision:

Udarbejdet af CREC
Kontrolleret af GRAA
Godkendt af GRAA

Indhold

1	Generelle anlægsdata	2
2	Tekniske detaljer	3
3	Driftserfaringer	4
4	Økonomiske nøgletal	6



1 Generelle anlægsdata

I dette og de efterfølgende afsnit er en række tekniske og økonomiske spørgsmål vedrørende konkrete erfaringer med varmepumpeanlæg til udnyttelse af varme i spildevand. Suppler gerne indtastede værdier med kommentarer/bemærkninger hvis relevant.

	Spørgsmål	Svar
1.1	Varmepumpeleverandør	Johnson Controls
1.2	Nominel varmeydelse for hele anlægget [MW]	6.406 kW
1.3	Minimum varmeydelse for hele anlægget [MW]	666 kW
1.4	Nominel fjernvarmetemperatur (frem/retur)	75 °C / 55 °C
1.5	Nominel spildevandstemperatur (ind/ud)	14 °C / 8 °C
1.6	Temperaturbegrænsninger for spildevandet (maksimum/minimum)	Ingen begrænsning på temperaturer. Begrænsninger på flow f.eks. vandet
1.7	Nominel varmepumpe-COP inkl. tab i motor og frekvensomformere og uden pumper og andet hjælpeudstyr [-]	3,58
1.8	El-forbrug til pumper og andet hjælpeudstyr (nominelt)	156 kW
1.9	Kølemiddel	Ammoniak
1.10	Driftstimer [t/år]	Forventet konstant drift – køl/varme om sommeren og varme udelukkende om vinteren
1.11	Forventet levetid [år]	20
1.12	Kølemiddel-fyldning [tons]	0,45 (600 liter samlet)
1.13	Idriftsættelsestidspunkt [måned, år]	Maj, 2020
1.14	Maks. fjernvarmetemperatur (fremløb) [°C]	Vi går efter 75 °C, men anlægget kan godt gå op på 80 °C
1.15	Års-COP inkl. tab i motor og frekvensomformere og uden pumper og andet hjælpeudstyr [-]	3,4 (og 3,7 hvis køleproduktionen medregnes)

1.16	Målt max-COP inkl. tab i motor og frekvensomformere og uden pumper og andet hjælpeudstyr [-]	4,1
1.17	Varmeproduktion [MWh/år], inkl. bemærkning: forventet eller realiseret?	46.263 forventet

2 Tekniske detaljer

I tabellen nedenfor er yderligere en række spørgsmål til de tekniske detaljer.

	Spørgsmål	Svar
2.1	Er varmekilden rensset spildevand eller hentes varmen opstrøms i rensningsanlægget?	Renset spildevand – udløbet fra rensesanlægget
2.2	Anlægsopbygning. Er der en mellemkreds mellem spildevand og varmepumpe(r)?	Ja, kølekreds som er direkte koblet på fjernkølenettet.
2.3	Anlægsopbygning. Antal varmepumpeenheder?	Fire enheder
2.4	Anlægsopbygning ved mere end én varmepumpeenhed. Er varmepumperne koblet i serie eller i parallel på spildevandssiden?	Spildevandet afkøles i kølekredsen – maskinerne er forbundet to og to – så de er serieforbundet i par af to maskiner.
2.5	Anlægsopbygning ved mere end én varmepumpeenhed. Er varmepumperne koblet i serie eller i parallel på fjernvarmesiden?	Seriekoblet på varmesiden i sæt af to/to på anlæggene – enten køl eller spildevand.
2.6	Beskrivelse af anlægsopbygning – antal kompressorer, kompressortrin og kompressortyper.	En kompressor per maskine. Kompressorerne er stempelkompressorer.
2.7	Varmevekslertyper	To varmeveksler til spildevandoptag en veksler til et sæt af to varmepumper. Pladevekslere – bestemt modstandsdygtig legeringstype.
2.8	El-tilslutning, spændingsniveau	400 V eller 600 V
2.9	Er CIP manuelt/ halv-/ eller fuldautomatisk	Automatisk CIP-anlæg, som bruger base/syre til at rense vekslerne. Der er mulighed for opvarmning og der

		benyttes rensed spildevand og sidste skyl er med drikkevand.
2.10	Filtertype (stem-pel/tromle/andet)	Ja, det er Bernoulli filter (selvrensende filter)
2.11	Filter finhed [μm]	0,5
2.12	Typisk højt spildevandsflow i et døgn [m^3/h]	Maks. 600 m^3/h , gennemsnit 250 – 300 m^3/h
2.13	Typisk lavt spildevandsflow i et døgn [m^3/h]	Kendes ikke
2.14	Evt. sumpstørrelse (buffer-tank for spildevand) [m^3]	Ingen sump
2.15	Opstartstid fra slukket til fuldlast?	15 minutter til opstart
2.16	Opreguleringstid fra minimum til fuldlast?	10 – 15 minutter

3 Erfaringer ifm. etablering

	Spørgsmål	Svar
3.1	Entrepriseform (totalentreprise/fagentrepriser/hovedentreprise/kombination)	Fire entrepriser (Teknik (EU-udbud), bygning, tank og rør) – funktionsudbud.
3.2	Samlet længde af anlægsperiode [mdr.]	12 måneder
3.3	Heraf længde af anlægsperiode for bygningen [mdr.]	2-3 måneder
3.4	Hvad var de største udfordringer som opstod undervejs?	<ul style="list-style-type: none"> - Flow nok på spildevand især i de tidlige morgentimer - Udfordring af få plads til energicentralen - Køledel: At få kunderne på plads – myndighedsbehandling. - Udfordring at have varmenet i området til afsætning, som skal have forbindelse til hovednettet - Finde trace og blive enige med kunder og grundejere. Ledninger ved havnekaj var udfordrende - Samarbejde med kunderne på deres byggepladser var udfordrende - Selve energicentralen har kørt fint (det er en evne at samarbejdes med 4 entreprenører og deres underentreprenører)

		- Fantastisk samarbejde med entreprenører – løst alle udfordringer undervejs
3.5	Øvrige erfaringer fra etablering	<ul style="list-style-type: none"> - Leveringstid på varmepumper – så de skal bestilles hurtigt (kræver kontrakter er på plads) - Myndighedsbehandling skal være på plads – når der er kontrakter med kunder, kan det være en flaskehals i forhold til levering af køling og varme

4 Driftserfaringer

	Spørgsmål	Svar
4.1	Antal uplanlagte årlige udetimer	Der vil altid være en del stop ved indkøringstider. Anlægget er bygget med faste temperatur-setpunkter – f.eks. må returtemperaturen i fjernvarmenettet være maks. 60 °C og få gange har returtemperaturen været over 60 °C, hvilket har medført, at anlægget er stoppet. Oliefilter på kompressorerne har givet stop med udetider – tryktransmitter har også givet stop. Ved lave spildevandsflow har anlægget stoppet.
4.2	Hvor mange gange pr. år gennemføres CIP, ca.	Der er ikke rensset endnu – ikke et problem endnu.
4.3	Hvilke(n) parameter/parametre kigger i på når i vurderer at det er tid til CIP?	Differenstrykket over veksleren overvåges
4.4	Hvad er den hyppigste årsag til udetid på varmepumpen?	Lavt spildevandsflow. For høje returtemperaturer.
4.5	Driftserfaringer med filter. Oplever i ofte tilstopning el. lign.	Et af de to filtre er rensset manuelt – overvåges via differenstryk over filter
4.6	Driftserfaringer med CIP. Hvor lang tid tager en CIP rutine?	1 time
4.7	Driftserfaringer med selve varmepumpeanlæg	Returtemperaturen har vist sig i visse situationer, at være et problem, da

		varmepumpen stopper ved returtemperaturer over 60 °C
4.8	Gør i noget for at styre /udjævne flow til varmepumpen? Hvad gør i?	På renseanlægget er der skiftet nogle pumper for at gøre spildevandet mere jævnt
4.9	Øvrige erfaringer?	Ingen umiddelbart

5 Økonomiske nøgletal

	Spørgsmål	Svar
5.1	Investeringsomkostning for hele projektet [mio. DKK]	59,5
5.2	Investeringsomkostning for varmepumperne [mio. DKK]	33
5.3	Overslag på driftstimer for driftspersonale [timer/år]	Samme driftsfolk som driver fjernvarmesystemet – svært direkte at sætte tidsforbrug op.
5.4	Udgift til evt. servicekontrakt [DKK/år]	580.000 (for de første to år)
5.5	Øvrige udgifter til drift og vedligehold, ekskl. el-udgifter [DKK/år]	Øvrige anlæg til pumper er mindre, indkøb kemi til CIP, forsikring

Interview-spørgsmål

Erfaringsopsamling fra varmepumpe-
anlæg til spildevand - Odense

Projekt ID: 10410445
Ændret: 13-03-2021 10:02
Revision:

Udarbejdet af CREC
Kontrolleret af GRAA
Godkendt af GRAA

Indhold

1	Generelle anlægsdata	2
2	Tekniske detaljer	3
3	Driftserfaringer	4
4	Økonomiske nøgletal	6

1 Generelle anlægsdata

I dette og de efterfølgende afsnit er en række tekniske og økonomiske spørgsmål vedrørende konkrete erfaringer med varmepumpeanlæg til udnyttelse af varme i spildevand. Suppler gerne indtastede værdier med kommentarer/bemærkninger hvis relevant.

	Spørgsmål	Svar
1.1	Varmepumpeleverandør	Mycom type N280-JL, (Japan) IES-Energy/Victor_Energi og køleteknik
1.2	Nominel varmeydelse for hele anlægget [MW]	20 MW
1.3	Minimum varmeydelse for hele anlægget [MW]	3,7Mw
1.4	Nominel fjernvarmetemperatur (frem/retur)	65°C Frem 40°C Retur
1.5	Nominel spildevandstemperatur (ind/ud)	11°C Ind 5,7°C Ud
1.6	Temperaturbegrænsninger for spildevandet (maksimum/minimum)	Ind 9 – 19 °C Ud 3°C
1.7	Nominel varmepumpe-COP inkl. tab i motor og frekvensomformere og uden pumper og andet hjælpeudstyr [-]	20 MW 4,36 16 MW 4,36 12 MW 4,25 8 MW 3,94 4 MW 3,94 3,7 MW 3,01
1.8	El-forbrug til pumper og andet hjælpeudstyr (nominelt)	Følgende svarer til 20 MW: Ethanolpumper mellemkreds 280 kW Stk. Spildevandspumper 280 kW Interne Fjernvarme pumper 110 kW Cirkulationspumper til CIP-Anlæg 50 kW
1.9	Kølemiddel	NH3

1.10	Driftstimer [t/år]	5428 fuldlastimer
1.11	Forventet levetid [år]	20 år
1.12	Kølemiddel-fyldning [tons]	975 kg per maskine
1.13	Idriftsættelsestidspunkt [måned, år]	12-2020
1.14	Maks. fjernvarmetemperatur (fremløb) [°C]	70 °C
1.15	Års-COP inkl. tab i motor og frekvensomformere og uden pumper og andet hjælpeudstyr [-]	Varmeeffekt 20 MW System COP 3,8 Enhedsløs Varmetab 2% El effekt 5,3 MW Varmetab 0,4 MW Køleeffekt 14,3 MW Inklusiv pumper
1.16	Målt max-COP inkl. tab i motor og frekvensomformere og uden pumper og andet hjælpeudstyr [-]	Ikke målt endnu
1.17	Varmeproduktion [MWh/år], inkl. bemærkning: forventet eller realiseret?	Forventet: Energibesparelse: 74.000 MWh 5428 x 20 MW = 108.560

2 Tekniske detaljer

I tabellen nedenfor er yderligere en række spørgsmål til de tekniske detaljer.

	Spørgsmål	Svar
2.1	Er varmekilden rensset spildevand eller hentes varmen opstrøms i rensningsanlægget?	Renset spildevand
2.2	Anlægsopbygning. Er der en mellemkreds mellem spildevand og varmepumpe(r)?	Der er mellemkrds med 10% ethanol. Ethanol er valgt pga miljø
2.3	Anlægsopbygning. Antal varmepumpeenheder?	4 skrue kompressorer
2.4	Anlægsopbygning ved mere end én varmepumpeenhed. Er varmepumperne koblet i serie eller i parallel på spildevandssiden?	Parallel

2.5	Anlægsopbygning ved mere end én varmepumpeenhed. Er varmepumperne koblet i serie eller i parallel på fjernvarmesiden?	Serie – kondensatorenheder Parallel - subcooler
2.6	Beskrivelse af anlægsopbygning – antal kompressorer, kompressortrin og kompressortyper.	1-4 skruekompressorer i serie
2.7	Varmevekslertyper	Pladeveksler SMO til spildevand
2.8	El-tilslutning, spændingsniveau	10 kV, varmepumper 690V
2.9	Er CIP manuelt/ halv-/ eller fuldautomatisk	Halv automatisk
2.10	Filtertype (stempel/tromle/andet)	Autoline, selvrensende, Highflux VLR
2.11	Filter finhed [μm]	Kan ikke umiddelbart huskes
2.12	Typisk højt spildevandsflow i et døgn [m^3/h]	2750 m^3/h
2.13	Typisk lavt spildevandsflow i et døgn [m^3/h]	400 m^3/h
2.14	Evt. sumpstørrelse (buffertank for spildevand) [m^3]	300 m^3 - vand kan recirkulere så der kigges på afkøling
2.15	Opstartstid fra slukket til fuldlast?	30 minutter
2.16	Opreguleringstid fra minimum til fuldlast?	15 minutter bestemt af elforsyning

3 Erfaringer ifm. etablering

	Spørgsmål	Svar
3.1	Entrepriseform (totalentreprise/fagentrepriser/hovedentreprise/kombination)	Totalentreprise
3.2	Samlet længde af anlægsperiode [mdr.]	12 mdr
3.3	Heraf længde af anlægsperiode for bygningen [mdr.]	6 mdr

3.4	Hvad var de største udfordringer som opstod undervejs?	Hoved Entreprenør var under rekons-tuktion, og COVID-19
3.5	Øvrige erfaringer fra etablering	Ingen

4 Driftserfaringer

	Spørgsmål	Svar
4.1	Antal uplanlagte årlige udetimer	Kendes ikke
4.2	Hvor mange gange pr. år gennemføres CIP, ca.	Der regnes med CIP 2 gange pr måned
4.3	Hvilke(n) parameter/parametre kigger i på når i vurderer at det er tid til CIP?	Der kigges på vekslers afkøling
4.4	Hvad er den hyppigste årsag til udetid på varmepumpen?	Ikke nok driftserfaring
4.5	Driftserfaringer med filter. Oplever i ofte tilstopning el. lign.	Ikke nok driftserfaring
4.6	Driftserfaringer med CIP. Hvor lang tid tager en CIP rutine?	Ikke nok driftserfaring
4.7	Driftserfaringer med selve varmepumpeanlæg	Ikke nok driftserfaring
4.8	Gør i noget for at styre /udjævne flow til varmepumpen? Hvad gør i?	Ikke ud over buffertank og reduktion effekt varmepumpe. Mangler driftserfaring
4.9	Øvrige erfaringer?	Ingen

5 Økonomiske nøgletal

	Spørgsmål	Svar
5.1	Investeringsomkostning for hele projektet [mio. DKK]	110 mill.
5.2	Investeringsomkostning for varmepumperne [mio. DKK]	75 mill. inklusiv veksler og bygning
5.3	Overslag på driftstimer for driftspersonale [timer/år]	Ønskes ikke oplyst
5.4	Udgift til evt. servicekontrakt [DKK/år]	Ønskes ikke oplyst
5.5	Øvrige udgifter til drift og vedligehold, ekskl. el-udgifter [DKK/år]	Ønskes ikke oplyst

Interview-spørgsmålErfaringsopsamling fra højtemperatur-
varmepumpeanlæg - Løgumkloster

Projekt ID: 10410445
Ændret: 13-03-2021 10:06
Revision:

Udarbejdet af CREC
Kontrolleret af GRAA
Godkendt af GRAA

Indhold

1	Teknologidata for højtemperatur-varmepumpe	2
2	Økonomiske nøgletal	3

1 Teknologidata for højtemperatur-varmepumpe (fremløbstemperatur over 90 °C)

	Spørgsmål	Svar
1.1	Varmepumpeleverandør	Innoterm – komplet anlæg Hybrid Energy - kerne-teknologi
1.2	Kompressortype?	Sabroe smc 112 og 116 – stempel model L
1.4	Kølemiddel	NH3+H2O
1.5	Max. fremløbstemperatur	Optimeret til 80gr (Testet til 100gr)
1.6	Projekttype (fuldskala / demonstration)	demonstrationsprojekt
1.7	Beskrivelse af anlægsopbygning	totrins
1.8	Nominal varmekapacitet [MW]	1,2mw
1.9	Nominal temperatursæt på den varme side (frem/retur)	35-70
1.10	Nominal temperatursæt på den kolde side (ind/ud)	23-17
1.11	Temperaturbegrænsninger på den varme side (maksimum/minimum)	80/60, højere ved andre blandingsforhold
1.12	Temperaturbegrænsninger på den kolde side (maksimum/minimum)	?
1.13	Nominal COP inkl. tab i motor og frekvensomformere og uden pumper og andet hjælpeudstyr [-]	5
1.14	Års-COP inkl. tab i motor og frekvensomformere og uden pumper og andet hjælpeudstyr [-]	5
1.15	Målt max-COP inkl. tab i motor og frekvensomformere og uden pumper og andet hjælpeudstyr [-]	5,2
1.16	Hvor er anlægget installeret?	Løgumkloster Fjernvarme

1.17	Hvad bruges den producerede varme til?	Fjernvarme
1.18	Hvad er varmekilden?	Røggaskondensering/luft til vand varmepumpe
1.19	Varmevekslertyper	Semisvejsede pladevarmevekslere
1.20	El-tilslutning, spændingsniveau	400V med egen trafo(10/0,4)
1.21	Hvori ligger de største udfordringer i driften af højtemperatur-varmepumper?	Slidtage – generelt for VP-anlæg, men mulig fordel ved lavere tryk i forhold til ren ammoniak-varmepumpe
1.22	Driftstimer [timer/år]	For lidt (2000timer total)

2 Økonomiske nøgletal

	Spørgsmål	Svar
2.1	Investeringsomkostning for hele projektet [mio. DKK]	6,1mill kr
2.2	Investeringsomkostning for varmepumperne [mio. DKK]	6,1mill kr
2.3	Overslag på driftstimer for driftspersonale [timer/år]	
2.4	Udgift til evt. servicekontrakt [DKK/år]	Ingen servicekontrakt
2.5	Øvrige udgifter til drift og vedligehold, ekskl. el-udgifter [DKK/år]	Eneste udgifter har været til lovpligtig eftersyn

Interview-spørgsmål

Erfaringsopsamling fra varmepumpe-
anlæg til havvand - Aarhus Ø

Projekt ID: 10410445
Ændret: 13-03-2021 09:59
Revision:

Udarbejdet af CREC
Kontrolleret af GRAA
Godkendt af GRAA

Indhold

1	Generelle anlægsdata	2
2	Tekniske detaljer	3
3	Driftserfaringer	4
4	Økonomiske nøgletal	6

1 Generelle anlægsdata

I dette og de efterfølgende afsnit er en række tekniske og økonomiske spørgsmål vedrørende konkrete erfaringer med varmepumpeanlæg til udnyttelse af varme i havvand. Suppler gerne indtastede værdier med kommentarer/bemærkninger hvis relevant.

	Spørgsmål	Svar
1.1	Varmepumpeleverandør	Johnson Control
1.2	Nominal varmeydelse for hele anlægget [MW]	Ca. 1 MW pr vp. I alt 2 MW
1.3	Minimum varmeydelse for hele anlægget [MW]	Anlæg ikke beregnet til modulerende/ Variabel effekt.
1.4	Nominal fjernvarmetemperatur (frem/retur)	65 grader
1.5	Nominal havvandstemperatur (ind/ud)	5 vinter til 20 grader om sommeren.
1.6	Temperaturbegrænsninger for havvandet (maksimum/minimum)	Ved højere havvandstemperatur om sommeren har vi problemer med at Heatpac trin 2 i varmepumpen kan af-tage al varmen fra trin 1(vand-dampchilleren) ikke modulerende trin 1. Afgang havvand trin 1 vanddampchiller: Minimum i havnen 3 grader vi må ikke levere is.
1.7	Nominal varmepumpe-COP inkl. tab i motor og frekvensomformere og uden pumper og andet hjælpeudstyr [-]	Ca. 3 Vi har pt ikke så meget driftserfaring. Vi skal have skiftet varmemaaleren der blafrer lidt. Skifte varmemaalere til Kamstrup multical type 803
1.8	El-forbrug til pumper og andet hjælpeudstyr (nominelt)	Ca. 15 kW havvandspumper.
1.9	Kølemiddel	Trin 1, R718(Vand) unikt i vand-dampchiller. Trin 2, R717 (NH3) Heatpac.
1.10	Driftstimer [t/år]	Test endnu.
1.11	Forventet levetid [år]	
1.12	Kølemiddel-fyldning [tons]	59 kg.NH3 Som jeg husker det.

1.13	Idriftsættelsestidspunkt [måned, år]	Ca. Jan, 2020 testet siden.
1.14	Maks. fjernvarmetemperatur (fremløb) [°C]	65 grader sat til i SRO. Har ikke testet hvor langt VP kan gå op.
1.15	Års-COP inkl. tab i motor og frekvensomformere og uden pumper og andet hjælpeudstyr [-]	Testes stadig div. For få driftstimer til fyldestgørende data for års- COP
1.16	Målt max-COP inkl. tab i motor og frekvensomformere og uden pumper og andet hjælpeudstyr [-]	Mangler data.
1.17	Varmeproduktion [MWh/år], inkl. bemærkning: forventet eller realiseret?	Energimåler står på 116,7 MWh. Forventer væsentligt mere. OBS EUDP projekt.

2 Tekniske detaljer

I tabellen nedenfor er yderligere en række spørgsmål til de tekniske detaljer.

	Spørgsmål	Svar
2.1	Anlægsopbygning. Er der en mellemkreds mellem havvand og varmepumpe(r)?	Nej det er det der er unikt R718(vand) hele anlæg trin 1 (vand-dampchiller). Trin 2 har veksler(vand/ NH3)
2.2	Anlægsopbygning. Antal varmepumpeenheder?	2 varmepumper på stedet. Opbygget med 2 trin hver.
2.3	Anlægsopbygning ved mere end én varmepumpeenhed. Er varmepumperne koblet i serie eller i parallel på havvandssiden?	2 Varmepumper parallelt opbygget mht. havvand og FJV-nettet.
2.4	Anlægsopbygning ved mere end én varmepumpeenhed. Er varmepumperne koblet i serie eller i parallel på fjernvarmesiden?	Parallelt
2.5	Beskrivelse af anlægsopbygning – antal kompressorer, kompressortrin og kompressortyper.	Vanddamchiller aksial kompressor 1 stk.. Heatpac stempelkompressor 1 stk.
2.6	Varvekslertyper	I Heatpac pladeveksler(rund)fordamper og kondensator(rund).

2.7	El-tilslutning, spændingsniveau	400 V 3 faser. 165 kW el-motor kompressor. 400 A
2.8	Er CIP manuelt/ halv-/ eller fuldautomatisk	Ingen CIP forventes.
2.9	Filtertype (stempel/tromle/andet)	Indløb havvand grovfilter Taprogge anlæg. På havvand Bollfilter 200 my. Finfilter smørrevand til lejer på kompressor.
2.10	Filter finhed [μm]	200 my finfilteret
2.11	Typisk havvandsflow [m^3/h]	1 VP 150 m^3/h og 2 VPér 300 m^3/h
2.12	Opstartstid fra slukket til fuldlast?	Ca. 30 min.
2.13	Opreguleringstid fra minimum til fuldlast?	Kører kun fuldlast på anlæg.
2.14	Benyttes et eksisterende havvandsindtag eller er anlægget etableret som standalone?	Ny bygget anlæg på Aarhus Ø
2.15	Hvor langt under havoverfladen er havvandsindtaget placeret?	5 meter ca.
2.16	Hvor langt fra kysten/havnekanten er havvandsindtaget placeret?	I havnekajen ved Mols Linjen
2.17	Hvor langt er der mellem havvandindtag og havvandsudløb?	Luftlinie 400 meter. Udløb i lystbåd-havnen

3 Erfaringer ifm. etablering

	Spørgsmål	Svar
3.1	Entrepriseform (totalentreprise/fagentrepriser/hovedentreprise/kombination)	Udført i 2 etaper. Første etape veksler anden havvandspumper
3.2	Samlet længde af anlægsperiode [mdr.]	55 måneder
3.3	Heraf længde af anlægsperiode for bygningen [mdr.]	30 måneder

3.4	Hvad var de største udfordringer som opstod undervejs?	Entreprenør gik konkurs undervejs, byggeri under havvandsspejlet er vanskeligt,
3.5	Øvrige erfaringer fra etablering	

4 Driftserfaringer

	Spørgsmål	Svar
4.1	Antal uplanlagte årlige udetimer	EUDP projekt så der har været mange udetimer. Test i år.
4.2	Hvor mange gange pr. år gennemføres CIP, ca.	Ikke erfaringer med endnu. Regner med 1 rensning af havvandsledning pr. år når vi kommer op at køre.
4.3	Hvilke(n) parameter/parametre kigger i på når i vurderer at det er tid til CIP?	Nu skal vi have styr på taler vi vekslere eller havvands-ledninger. Begrønninger. 1 gang pr år.
4.4	Hvad er den hyppigste årsag til udetid på varmepumpen?	
4.5	Driftserfaringer med filter. Oplever i ofte tilstopning el. lign.	Ikke endnu.
4.6	Driftserfaringer med CIP. Hvor lang tid tager en CIP rutine?	Ingen veksler
4.7	Driftserfaringer med selve varmepumpeanlæg	Heatpac var mere eller mindre at trykke på en knap så kørte anlægget.
4.8	Oplever i problemer med isdannelse ved afkøling af havvand?	Nej bevidst valg vi må ikke lede is ud i lystbådshavnen.
4.9	Hvad gøres for at undgå/håndtere isdannelse?	Større flow end vanddampchilleren skal bruge.
4.10	Øvrige erfaringer?	

5 Økonomiske nøgletal

	Spørgsmål	Svar
5.1	Investeringsomkostning for hele projektet [mio. DKK]	128 mio.
5.2	Investeringsomkostning for varmepumperne [mio. DKK]	
5.3	Investering for etablering/ombygning af havvandsindtag [mio. DKK]	10 mio.
5.4	Overslag på driftstimer for driftspersonale [timer/år]	Test af Johnson Control så ikke så meget AVA personale mest Mig. 1 mdr. tænker jeg sammenlagt pt.
5.5	Udgift til evt. servicekontrakt [DKK/år]	Johnson Control ikke frigivet endnu.
5.6	Øvrige udgifter til drift og vedligehold, ekskl. el-udgifter [DKK/år]	Veksler-anlæg med produktionsanlæg her VP.

Interview-spørgsmål**Erfaringsopsamling fra varmepumpeanlæg til havvand - Stockholm**

Projekt ID: 10410445
Ændret: 15-03-2021 13:22
Revision:

Udarbejdet af CREC
Kontrolleret af GRAA
Godkendt af GRAA

Indhold

1	Generelle anlægsdata	2
2	Tekniske detaljer	3
3	Driftserfaringer	4
4	Økonomiske nøgletal	5

1 Generelle anlægsdata

I dette og de efterfølgende afsnit er en række tekniske og økonomiske spørgsmål vedrørende konkrete erfaringer med varmepumpeanlæg til udnyttelse af varme i havvand. Suppler gerne indtastede værdier med kommentarer/bemærkninger hvis relevant.

	Spørgsmål	Svar
1.1	Varmepumpeleverandør	Ropsten 1&2: Schulzer + Friotherm Ropsten 3: Stat-Laval + Siemens
1.2	Nominal varmeydelse for hele anlægget [MW]	Ropsten 1&2: 21x6 MW Ropsten 3: 22x4 MW
1.3	Minimum varmeydelse for hele anlægget [MW]	4 MW
1.4	Nominal fjernvarmetemperatur (frem/retur)	80/50
1.5	Nominal havvandstemperatur (ind/ud)	Ind: 3-10 , ud = ind-2
1.6	Temperaturbegrænsninger for havvandet (maksimum/minimum)	Min 3 C
1.7	Nominal varmepumpe-COP inkl. tab i motor og frekvensomformere og uden pumper og andet hjælpeudstyr [-]	Sommer: 3,3 Vinter: 2,9
1.8	El-forbrug til pumper og andet hjælpeudstyr (nominelt)	Ikke oplyst
1.9	Kølemiddel	R134a (Originalt R22 og R500, udskiftet pga. lovkrav)
1.10	Driftstimer [t/år]	5000
1.11	Forventet levetid [år]	Forventet levetid 55 år i alt
1.12	Kølemiddel-fyldning [tons]	20 tons / stk x 1+0 stk = 200 tons
1.13	Idriftsættelsestidspunkt [måned, år]	1986
1.14	Maks. fjernvarmetemperatur (fremløb) [°C]	90 °C
1.15	Års-COP inkl. tab i motor og frekvensomformere og uden	3,2

	pumper og andet hjælpeudstyr [-]	
1.16	Målt max-COP inkl. tab i motor og frekvensomformere og uden pumper og andet hjælpeudstyr [-]	Vides ikke
1.17	Varmeproduktion [MWh/år], inkl. bemærkning: forventet eller realiseret?	Ca. 1 mio. MWh

2 Tekniske detaljer

I tabellen nedenfor er yderligere en række spørgsmål til de tekniske detaljer.

	Spørgsmål	Svar
2.1	Anlægsopbygning. Er der en mellemkreds mellem havvand og varmepumpe(r)?	Nej
2.2	Anlægsopbygning. Antal varmepumpeenheder?	Ropsten 1&2: 6 stk. Ropsten 3: 4 stk.
2.3	Anlægsopbygning ved mere end én varmepumpeenhed. Er varmepumperne koblet i serie eller i parallel på havvandssiden?	Parallelt / Individuelt
2.4	Anlægsopbygning ved mere end én varmepumpeenhed. Er varmepumperne koblet i serie eller i parallel på fjernvarmesiden?	De tre enheder Ropsten 1, 2, og 3 sidder serielt, så der opvarmes i tre trin. Kompressorerne i hver enhed sidder parallelt
2.5	Beskrivelse af anlægsopbygning – antal kompressorer, kompressortrin og kompressor typer.	Kompressorerne har hver to tryk trin, som er monteret i samme kompressor-hus.
2.6	Varvevekslertyper	Panel fordampere
2.7	El-tilslutning, spændingsniveau	Ikke oplyst
2.8	Er CIP manuelt/ halv-/ eller fuldautomatisk	Der er ikke CIP
2.9	Filtertype (stempel/tromle/andet)	Finfilter, automatisk bagspuling Taprogge type BW/C.A. Mörck

2.10	Filter finhed [μm]	4,5 mm
2.11	Typisk havvandsflow [m^3/h]	Ropsten 1&2: 15 m^3/sek Ropsten 3: 8,5 m^3/sek (vinter) Ropsten 3: 3 m^3/sek (sommer)
2.12	Opstartstid fra slukket til fuldlast?	Ikke oplyst
2.13	Opreguleringstid fra minimum til fuldlast?	Ikke oplyst
2.14	Benyttes et eksisterende havvandsindtag eller er anlægget etableret som stand-alone?	Nyt havvandsindtag var installeret
2.15	Hvor langt under havoverfladen er havvandsindtaget placeret?	Ropsten 1&2 sommer: -3 m Ropsten 1&2 vinter: -17 m Ropsten 3 sommer: -13 m Ropsten 3 vinter: -19 m
2.16	Hvor langt fra kysten/havnekanten er havvandsindtaget placeret?	Ropsten 1&2: 160 m Ropsten 3: 150 m (vinter) Ropsten 3: 250 m (sommer)
2.17	Hvor langt er der mellem havvandindtag og havvandsudløb?	170 m

3 Erfaringer ifm. etablering

	Spørgsmål	Svar
3.1	Entrepriseform (totalentreprise/fagentreprises/hovedentreprise/kombination)	Ikke relevant
3.2	Samlet længde af anlægsperiode [mdr.]	Ikke relevant
3.3	Heraf længde af anlægsperiode for bygningen [mdr.]	Ikke relevant

3.4	Hvad var de største udfordringer som opstod undervejs?	Ikke relevant
3.5	Øvrige erfaringer fra etablering	Ikke relevant

4 Driftserfaringer

	Spørgsmål	Svar
4.1	Antal uplanlagte årlige udetimer	Ca. 1% (88 timer)
4.2	Hvor mange gange pr. år gennemføres CIP, ca.	Fordamper rengøres hvert 2.-3. År manuelt.
4.3	Hvilke(n) parameter/parametre kigger i på når i vurderer at det er tid til CIP?	Ikke oplyst
4.4	Hvad er den hyppigste årsag til udetid på varmepumpen?	Ikke oplyst
4.5	Driftserfaringer med filter. Oplever i ofte tilstopning el. lign.	Filtrene er selvrensende og er meget driftsikre. Kan godt clogge til ved fejl på det selvrensende system.
4.6	Driftserfaringer med CIP. Hvor lang tid tager en CIP rutine?	Rengøring af fordamper veksler tager ca. 10 minutter.
4.7	Driftserfaringer med selve varmepumpeanlæg	Høj driftsikkerhed
4.8	Oplever i problemer med isdannelse ved afkøling af havvand?	Ja, der kan opstå tilisning ved havvandstemperature fra 4 grader og ned
4.9	Hvad gøres for at undgå/håndtere isdannelse?	Varmepumpe slukkes et par timer mens indtagspumper kører videre, hvilket smelter isen.
4.10	Øvrige erfaringer?	Ikke umiddelbart

5 Økonomiske nøgletal

	Spørgsmål	Svar

5.1	Investeringsomkostning for hele projektet [mio. DKK]	5-6 mill SEK/MW
5.2	Investeringsomkostning for varmepumperne [mio. DKK]	Ikke oplyst
5.3	Investering for etablering/ombygning af havvandsindtag [mio. DKK]	Ikke oplyst
5.4	Overslag på driftstimer for driftspersonale [timer/år]	Anlæg fjernstyres det meste af tiden. Operatøren går en runde ca. tre gange om dagen.
5.5	Udgift til evt. servicekontrakt [DKK/år]	Ikke oplyst
5.6	Øvrige udgifter til drift og vedligehold, ekskl. el-udgifter [DKK/år]	Ikke oplyst