

Final report

1.1 Project details

Project title	VE-integration og optimering af varmeproduktion med direkte fyret absorptionsvarmepumpe
Project identification (program abbrev. and file)	EUDP-journ. Nr. 64016-0095
Name of the programme which has funded the project	EUDP 2016
Project managing company/institution (name and address)	Dansk Gasteknisk Center a/s (DGC)
Project partners	Dansk Gasteknisk Center a/s (DGC) Aktive Energi Anlæg A/S (AEA) Grøn Energi (Dansk Fjernvarme)
CVR (central business register)	12105045 (DGC)
Date for submission	30-04-2019

1.2 Short description of project objective and results

1.2.1 Formål og resultater (Dansk)

Projektets formål har været at etablere og demonstrere en større direkte gasfyret absorptionsvarmepumpe på et fjernvarmeværk med fokus på konkurrencedygtig varmepris, høj VE-andel og brændselseffektiv drift.

Efter en række analyser er en sådan varmepumpe fundet egnet, bestilt og opsat på Hjallerup Fjernvarmes central i Klokkeholm. En ældre gasfyret kedel er her taget ud. Varmepumpen er den første af sin art (større direkte fyret absorptionsvarmepumpe) opstillet på et fjernvarmeværk i Danmark.

Absorptionsvarmepumpen, der er leveret og installeret, fungerer godt og lever op til de lovede ydelser. Den fungerer fint i driften sammen med de øvrige produktionsenheder i forbindelse med centralen i Klokkeholm. Her øger den udbyttet fra solvarmeanlægget samt mindsker varmetab fra fjernvarme net.

1.2.2 Objectives and results (English)

The project aims to establish and demonstrate a larger direct gas-fired absorption heat pump (DABS) at a district heating plant with a focus on competitive heat price, high RE share and fuel efficient operation

After a number of analyses, such a unit was ordered, installed and commissioned at Klokkeholm district heating station owned and operated by Hjallerup Fjernvarme. The heat pump is the first of its kind (bigger direct-fired absorption heat pump) commissioned at a district heating plant in Denmark.

The direct gas fired absorption heat pump is performing well and meets the promised performance. The result is increased power and energy supply from the solar

heating panels as well as reduced heat losses in the district heating transmission grid.

1.3 Executive summary

Den danske energiforsyning står over for ønsker om og krav til øget anvendelse af VE-baserede energikilder. Løbende forbedring af energieffektivitet for varmeproducerende enheder i fjernvarmeforsyningen samt nedbringelse af energitab er ligeledes væsentlige indsatsområder.

Analyser (/1/) har vist, at anvendelse af større direkte fyrede absorptionsvarmepumper ville kunne bidrage til alle tre ovennævnte indsatsområder (mere VE, højere effektivitet og nedbringelse af tab) og samtidig præstere konkurrencedygtig varmeproduktionspris i relation til anvendelse i fjernvarmesektoren.

På denne baggrund har det været ønsket at få et demonstrationsanlæg med en direkte fyret større varmepumpe etableret i fjernvarmesektoren.

Nærværende EUDP projekt har bidraget til:

- beskrivelse af forskellige udnyttelsesmuligheder (koncept studier)
- beskrivelse af økonomiske aspekter ved etablering af denne type anlæg
- beskrivelse af praktisk etablering samt drift af denne type varmepumpe
- fremskaffelse af driftsdata, emissionsmålinger mv

Installationen af demo-anlæg er sket på Hjallerup Fjernvarmes central i Klokkeholm. Her betyder den direkte gasfyrede varmepumpe et højere udbytte fra det tilknyttede solfangerfelt samt reduktion af varmetab i fjernvarmetransmissionsledninger omkring dette værk.

Resultater fra projektet er løbende blevet rapporteret i relevante tidsskrifter som GASenergi, KRAFTVARME NYT og FJERNVARMEN. Projektet er omtalt på flere temadage. Der er produceret to videofilm om anlægget, der ligeledes bliver anvendt på temadage og andre faglige begivenheder i branchen. Se nærmere herom i punkt 1.5.

1.4 Project objectives

Projektets overordnede formål har været at foretage analyser af egnethed for teknologien ifm. fjernvarmeforsyning fra fjernvarmeværker. Formålet har også været at få demonstreret et sådant større anlæg i praktisk drift på et fjernvarmeværk.

Projektet har indeholdt et go/no-go-punkt, hvor det for fortsættelse var en forudsætning, at der da var fundet et teknisk velegnet installationssted med positiv drifts- og samfundsøkonomi for samme.

Første aktivitet var generel kortlægning var beskrivelser af mulige opstillingskoncepter i relation til drift på fjernvarmeværker herunder vurdering af forskellige varmeoptagskilder.

Støttet af disse analyser samt generel viden blandt projektets udførende parter indledtes en undersøgelse af mulig velegnet anlægsvært for et sådant anlæg. Der blev afholdt en række møder, hvor såvel projektets udførende parter samt en række fjernvarmeværker deltog. Hjallerup Fjernvarme blev her valgt som anlægsvært og en række specifikke analyser blev herefter udført for opstilling og opfølgning på drift her.

1.5 Project results and dissemination of results

Efter projektets indledende analyser, drøftelser med forskellige fjernvarmeselskaber/værker blev Hjallerup Fjernvarme a.m.b.a. valgt som anlægsvært.

Den fysiske opstilling skulle være centralen i Klokkeholm, hvorfra der er transmissionsledning ud til fjernvarmeforsyningens større solvarmeanlæg. Her vil installation af varmepumpen forventeligt bevirke, at der kunne opnås reducerede varmetab fra fjernvarmetransmissionsledninger ud til solvarmefeltet samt opnås større ydelse pr time, længere daglig drift og længere sæson for solvarmeanlægget.

EUDP-projektet indeholder alene udgifter og ressourceforbrug i forbindelse med analyser, måleprogram, dokumentation og formidling af resultater. Selve varmepumpen indgår ikke omkostningsmæssigt og er alene et anliggende mellem varmeværk og leverandør.

Analyser viste god driftsøkonomi, positiv samfundsøkonomi samt robusthed over for mulige ændringer i forudsætninger. Bestyrelsen for Hjallerup Fjernvarme var positiv, og projektet blev forelagt på borgermøde for varmemeforbrugerne, der ligeledes var positive. Myndighedsgodkendelser blev herefter indhentet.

Varmepumpen er installeret for på den kolde side at producere koldere vand end returtemperaturen fra fjernvarmenettet. Dette koldere vand anvendes i forbindelse med transmissionsledning ud til anden central (Clausholmsvej med halmkedel og solfangerfelt). Hermed opnås både sparede varmetab fra transmissionen samt større effekt, længere effektive dage og længere effektiv sæson for solvarmeanlægget.

Qua varmepumpen opnås således:

- Et mindsket transmissionstab fra både frem og retur på transmissionsledning (næsten en halvering)
- Øget varmeydelse (effekt) fra solfangere, når disse er i drift
- Forlænget daglig nyttig driftstid og forlænget sæson for anvendelse af solfangeranlægget.

Solvarmeanlægget forøger med sin årlige leveringsandel af fjernvarmeforsyningen fra ca. 21 til 24,6 % (forøgelse 17 %) af fjernvarmeforsyningen for Hjallerup/Klokkeholm.

Varmepumpen blev bestilt, og en konkret installationsplan blev udarbejdet. Varmepumpen (fabrikat Thermax) produceres i Indien og leveres af et dansk kedelfirma

(Danstoker A/S). Der er ca. ½ års leveringstid på en sådan enhed. Den ankom i foråret 2018, blev efterfølgende installeret og var klar til prøvedrift ved varmesæsonen 2018/2019. Et større (ikke planlagt) gade- og kloakreoveringsarbejde omkring værket udsatte opstarten, så prøvedriften først indledtes sent på året 2018.

Herefter igangsattes såvel periodiske præcisionsmålinger som driftsopfølgning på varmepumpen via fjernaflæste målere.

Projektet har nået sit overordnede formål, idet både indledende undersøgelser/analyser er udført, et egnet opstillingssted er fundet, og en sådan direkte gasfyret varmepumpe er indkøbt og idriftsat. Den relativt lange leveringstid for varmepumpen samt beslutningsprocessen hos varmeværket betød, at driftsperioden inden for projektet ikke blev en hel fyringssæson, men kun ca. 5 måneder efter indkøring. Der blev dog opnået gode målinger i denne periode.

Uddybende projektrapport er udgivet separat, se ref. /11/.

I projektperioden har projektparterne som lovet i ansøgningen løbende givet information om projektet på/i forskellige fora. Nedenfor oplistes en række af disse løbende formidlingsaktiviteter:

Artikler

Der er publiceret en række artikler direkte om projektet - eller hvor projektet omtales. Eksempler er angivet herunder:

- Hjallerup Fjernvarme tester absorptionsvarmepumpe, artikel i GASenergi Nr. 4, 2017
- Nye tider - nye muligheder, artikel i KRAFTVARME NYT april 2018
- Hjallerup Fjernvarme klar til test og drift af ny type varmepumpe, FJERNVARMEN NR 5, august 2018
- Direkte gasfyrede absorptionsvarmepumper kan blive gaskedlernes afløser, FJERNVARMEN NR 6, oktober 2018
- Nye gasteknologier matcher fjernvarmens krav til effektivitet, GASenergi Nr. 4, 2018
- Hjallerup Fjernvarme har sat gang i den gasfyrede varmepumpe, GASenergi Nr. 4, 2018

Omtale

Projektet har fået omtale på eksempelvis DGC, GrønEnergi og AEA's hjemmesider. Det er endvidere omtalt på netmediet EnergySupply 5/7 2017: "EUDP-projekt undersøger ny lovende type varmepumpe". Dette medie er ganske vellæst i energibranchen.

Der er ad flere omgange informeret om projektets status i nyhedsbrevet KV-info; en publikation, der udsendes til kraftvarmeanlægsejere, værker og leverandører hertil. Dette er bl.a. sket i Nr. 40, september 2018.

Projektet omtales på DGC's webinar om gas til større anlæg (30.10.2018), som ligger tilgængeligt på www.dgc.dk under Aktuelt.

Temadage

Projektet har været omtalt på eksempelvis Gastekniske Dage i Billund 2018. Det vil også blive omtalt på Gastekniske Dage i maj 2019 i forbindelse med indlæg om muligheder for VE-integration og teknologier med lav varmeproduktionspris på fjernvarmeværkerne.

Projektet har været omtalt på to specifikke temadage om gasdrevne varmepumper til fjernvarmesektoren i 2018. Disse temadage afholdtes i henholdsvis Jægerspris og Ringkøbing. Der er planlagt fire temadage om større varmepumper i foråret 2019. Disse temadage foregår (forudsat fornøden tilmelding) rundt om i landet. Et af møderne afholdes i Hjallerup med efterfølgende anlægsbesøg ude ved varmepumpen. Arrangør af disse temadage er Foreningen Danske Kraftvarmeværker, Dansk Gasteknisk Center samt EnergiFyn, se yderligere herom på www.dgc.dk eller på EnergiFyns hjemmeside.

Videofilm

Der er i projektregi produceret to videofilm om varmepumpen hos Hjallerup Fjernvarme.

Den første er kort og uden lyd, men alene med optagelser og forklarende tekst. Videofilm nr. 2 er lidt længere, og her suppleres blandt andet med interview med driftslederen på Hjallerup Fjernvarme.

Disse videofilm har eksempelvis været anvendt på Dansk Fjernvarmes Landsmøde 2018 samt på temadag i Foreningen Danske Kraftvarmeværker "Kraftvarmedag" marts 2019. De vil også blive anvendt fremover, eksempelvis på Gastekniske Dage i maj 2019.

Videofilmene ligger tilgængelige på YouTube (/6/ og /7/ eller søg "varmepumpe" og "Hjallerup Fjernvarme" på YouTube's forside), på DGC's og flere af de øvrige projektdeltageres hjemmesider.

Andet

Projektet har endvidere bidraget til Drejebog om store varmepumpeprojekter i fjernvarmesystemet (2017), hvor direkte gasfyrede termiske varmepumper (DABS) er beskrevet på side 35. Drejebogen er udarbejdet for Energistyrelsen og bliver hyppigt brugt som opslagsværk i forbindelse med varmepumpeprojekter og -beregninger.

1.6 Utilization of project results

Projektpartnerne har samlet og hver især fået erfaringer med både beregning, installation og efterfølgende praktisk drift af en sådan varmepumpe i fjernvarmeregi.

Disse erfaringer er værdifulde i lyset af at få identificeret andre velegnede opstillingssteder. Dette arbejde støttes af de forudgående analyser omkring opstillingskoncepter.

Etablering af et demonstrationsanlæg som det her udførte er væsentlig, i relation til at beslutningstagere i fjernvarmebranchen ser sådanne anlæg som en reel mulighed i paletten af mulige og velegnede varmeproduktions teknologier.

Det aktuelt udførte demonstrationsprojekt understøtter klart den officielle energipolitik qua projektets indvirken på øget solvarmeudbytte (effekt, effektiv dags- og sæsonproduktionslængde), mindskede ledningstab og reduceret anvendelse af fossilt brændstof.

Projektet har afdækket en helt generel vanskelighed med beregning i vanligt anvendte dokumentationsprogrammer for sådanne større varmepumper, hvis disse i første omgang udnytter værksinterne varmekilder som eksempelvis køling af akkumuleringstank mv. Dette har ført til et andet hurtigt EUDP-støttet projekt til afhjælpning heraf.

Hvis en enkel beregning mv. ikke lader sig gennemføre, kan et væsentligt varmeoptagspotentiale for drift af større varmepumper på fjernvarmeværker mistes.

Projektets resultater har som anført i punkt 1.6 været anvendt ved temadage og som basis for artikler i fagblade mv.

1.7 Project conclusion and perspective

Projektets indledende analyser har afdækket, at de mest oplagte installationssegmenter i fjernvarmesektoren for sådanne enheder vil være gasfyrede fjernvarmeanlæg, hvor man også har solvarmeanlæg og/eller flisfyring. Bedst driftsøkonomi opnås, hvis det er gasfyret varmeproduktion på kedel, der fortrænges.

Den direkte fyrede absorptionsvarmepumpe, der er leveret og installeret i Klokkeholm, fungerer godt og lever op til de lovede ydelser. Den fungerer fint i driften sammen med de øvrige produktionsenheder i forbindelse med fjernvarmecentralen. Den er den første af sin art (større direkte fyret absorptionsvarmepumpe) opstillet på et fjernvarmeværk.

I den aktuelle installation blev der under prøvedrift og indkøring fundet fejkobling af den tilknyttede rørinstallation, der betød forringet virkningsgrad/COP for enheden. Også nogle følere viste sig at have fejlfunktion. På et tidspunkt førte for lav temperatur til, at lithiumbromid-blandingen krystalliserede.

Der er efterfølgende opnået bl.a. følgende nøgletal for ydelse og forbrug for enheden:

- Køleydelse: 515 kW
- Varmeydelse: 1576 kW
- Indfyret effekt: 1000 kW

- COP: 1,6
- Røgtemperatur, udgang VP: 175 °C
- Røgtemperatur, udgang fra påbygget economizer: 29 °C

Driftstimetallet for enheden fra opstart efteråret 2018 og til EUDP-projektets afslutning (30.04.2019) har været 3397 timer.

Der er også målt emissioner fra anlægget. Disse emissioner knytter sig til den tilkøbte brænder og vil således kunne blive anderledes ved valg af anden brænder. Emissionerne er lave og væsentligt under gældende krav for kedelbrændere. Emission opgives på vanlig vis angivet i forhold til indfyret effekt og omregnet til en ilt-reference på 10 %. For varmepumper gælder, at varmeleverancen væsentligt overstiger den indfyrede effekt. Dette betyder, at selvom gasbrænderen her eksempelvis har samme emissionstal som den hidtidige brænder på en kedel, vil der *de facto* optræde en mindre emission, idet der kræves mindre indfyret effekt på varmepumpe frem for kedel for samme varmeleverance.

Varmepumpen har vist den forventede COP-værdi og har efter indkøring vist den forventede driftspålidelighed. Ydelsesmæssigt kan den arbejde mellem 0 og 100 % last.

Det har ikke været muligt ved måling i den korte driftsperiode direkte at eftervise det forventede økonomiske resultat. Ligeledes har det heller ikke ved måling været muligt at vise, om solvarmeanlægget leverer præcist som beregnet. Aktuelt solindfald følger i sagens natur ikke præcist den for beregningerne tilgrundliggende referenceindstråling. Det, der i den sammenhæng har kunnet konstateres, er, at varmepumpen fra den kolde side leverer vand ved den (lavere) temperatur, der indgår i beregningerne for solvarmeanlæggets højere nettoydelse grundet panelernes lavere varmetab til omgivelse.

Det kan konkluderes, at denne type varmepumpe fint kan indgå på danske mindre og mellemstore fjernvarmeværker til eksempelvis:

- a) At øge effekt, sæsonlængde og dermed årlig ydelse for solvarmeanlæg
- b) Forventeligt også at kunne øge ydelsen fra fliskedler
- c) At kunne øge varmeydelse fra andre produktionsenheder (kedler, kraftvarme mv.)
- d) At nedbringe varmetab fra transmissionsledninger

Ved tilkobling som anført herover øges VE-andelen på værket, tab mindskes og/eller brændselsforbrug nedsættes.

Andre typer varmepumper vil kunne gøre det samme. Endeligt valg af varmepumpe type må bero på konkret økonomisk analyse samt overvejelser omkring eksempelvis støj, investeringsomkostning, vedligeholdelsesomfang samt eventuelle krav til temperaturer på kold og varm side af varmepumpen.

Absorptionsvarmepumper har fordele, hvad angår lavt støjniveau, moderat investering samt lavt servicebehov i forhold til kompressionsvarmepumper. Absorptionsvarmepumper har dog også sædvanligvis temperaturbegrænsning på den kolde side og lavere COP end kompressionsbaserede varmepumper.

I forbindelse med beregningerne for den aktuelle installation hos Hjallerup Fjernvarme har projektet her afdækket udfordringer med hensyn til drifts- og økonomiberegning i det meget anvendte beregnings- og dokumentationsprogram "energyPRO" for varmepumper. Problemstillingen knytter sig til anvendelse af sådanne værksinterne varmekilder, som eksempelvis køling af nederste lag i fjernvarmeværkers akkumuleringstank, hvor så "energigevinsten" hentes senere som eksempelvis øget varmeudbytte fra solfangere, fliskedler eller andet. Som det er nu, vil sådanne udfordringer omkring beregning kunne føre til, at sådanne værksinterne varmeoptagspotentialer ikke realiseres og udnyttes i forbindelse med større varmepumper generelt. Et nyt EUDP-projekt om denne væsentlige problemstilling er derfor søgt, bevilget og igangsat i foråret 2019 for at muliggøre beregning og dermed realisering.

Uddybende oplysninger om projektet kan ses i projektets hovedrapport ref. /11/.

2. Referenceliste

- /1/ Direkte gasfyrede varmepumper 0,5-10 MW, Projektrapport, DGC, januar 2016.
- /2/ Store varmepumper i fjernvarmen, hvorfor og hvordan, Niels From, Planenergi 2014
- /3/ Drejebog for store varmepumpeprojekter i fjernvarmesystemet, udarbejdet for Energi- styrelsen af Grøn Energi m.fl., 2014. Opdateret 2017.
- /4/ Inspirationskatalog for store varmepumpeprojekter i fjernvarmesystemet, udarbejdet for Energistyrelsen af Grøn Energi m.fl., 2014. Opdateret 2017.
- /5/ Energistyrelsen/Energinet.dk: Technology Data for Energy Plants, maj 2012
- /6/ Video 1: <https://www.youtube.com/watch?v=25Qn6yORzyk>
- /7/ Video 2: <https://youtu.be/sClhEdcemSA>
- /8/ www.emd.dk - udvikler af energyPRO
- /9/ Oplysninger om Bjerringbro Varmeforsyning
- /10/ Oplysninger om Langå Varmeværk
- /11/ VE-integration og optimering af varmeproduktion med direkte gasfyret absorptionsvar- mepumpe; Projektrapport, DGC, Grøn Energi/Dansk Fjernvarme, Aktive Energianlæg og Hjallerup Fjernvarme April 2019

3. Anvendte forkortelser

AEA	Aktive Energi Anlæg A/S
COP	Coefficient of Performance
DABS	Direkte fyret absorptionsvarmepumpe
DGC	Dansk Gasteknisk Center a/s
DH	District Heat (Fjernvarme)
D/V	Drift og Vedligehold
EUDP	Det Energiteknologiske Udviklings- og Demonstrationsprogram
GIS	Geographic Information System
Gr.E	Grøn Energi
KV	Kraftvarme
LiBr	Lithiumbromid
VE	Vedvarende energi
VP	Varmepumpe
WP	Work Package (arbejdspakke iht. projektbeskrivelsen)

Annex

Bilag 1: Deltagende personer i projektet

Dansk Gasteknisk Center a/s (DGC)

- Jan de Wit
- Lars Jørgensen
- Bjørn K. Eliassen
- Steen D. Andersen
- Johan Bruun
- Conny R. Petersen
- Eva Terkelsen

Aktive Energi Anlæg A/S (AEA)

- Kent Simonsen
- Anders Nicolaisen

Grøn Energi/Dansk Fjernvarme

- Kasper Nagel
- Christian Holmstedt Hansen
- John Tang

Hjallerup Fjernvarme a.m.b.a.

- Karsten Sønderkær

Deltagere i følgegruppe

- Skagen Fjernvarme: Jan Diget
- Lemvig: Svend Erik Bjerg
- Skals: Henrik Pedersen

Øvrige:

- Bramming Fjernvarme v/Steen Thøgersen

Bilag 2: Mærkepladedata for den opstillede varmepumpe

Direkte fyret absorptionsvarmepumpe

Fabrikat: Thermax
Type: GS 30B TP
Ydelse: 1612 kW varme
Byggeår: 2018

Gasbrænder

Fabrikat: Dreizler
Type: M1501-F1 ARZ
Serie nr. 1805625
Maks, indreg. effekt 975 kW
Byggeår: 2018
Driftstimetæller: 2005
Brændsel: Naturgas