

## Flexgas II - Fleksibelt energiforbrug med elvarmepumpe og villagasfy

Hovedrapport

Projekt EUDP 7-II (j.nr. 64017-0551)

Projektrapport

Oktober 2020



# FlexGas II - Fleksibelt energiforbrug med elvarmepumpe og villagasfyr

Hovedrapport  
Projekt EUDP 17-II (j.nr. 64017-0551)

Karsten V. Frederiksen

Titel : Flexgas II - Fleksibelt energiforbrug med elvarmepumpe og villagasfyr

Rapportkategori : Projekt rapport

Forfatter : Karsten V. Frederiksen

Dato : 30-10-2020

Copyright : Dansk Gasteknisk Center a/s

Filnummer : 745-03 \\filsrv\projekt\745\03 flexgas ii\hovedrapport\flexgasii\_hovedrapport\_final.docx

Projektnavn : FlexGas II-EUDP 2017-2020

ISBN : 978-87-7795-427-6

---

| <b>Indholdsfortegnelse</b>                                  | <b>Side</b> |
|---|-------------|
| 1 Forord.....   | 2           |
| 2 Indledning .....  | 4           |
| 2.1 Baggrund.....   | 4           |
| 2.2 Formål.....   | 5           |
| 2.3 Gennemførelse .....                                     | 6           |
| 2.4 Konklusion.....   | 6           |
| 3 Aktiviteter og resultater .....                           | 9           |
| 3.1 Systemtilpasning, styringsløsning og demonstration..... | 9           |
| 3.1.1 Opgavebeskrivelse .....                               | 9           |
| 3.1.2 Opsummering af resultater .....                       | 10          |
| 3.2 Besparelspotentiale.....                                | 17          |
| 3.2.1 Opgavebeskrivelse .....                               | 17          |
| 3.2.2 Opsummering af resultater .....                       | 18          |
| 3.3 Markedspotentiale.....                                  | 20          |
| 3.3.1 Opgavebeskrivelse .....                               | 20          |
| 3.3.2 Opsummering af resultater .....                       | 20          |
| 3.4 Økonomi og implementering.....                          | 25          |
| 3.4.1 Opgavebeskrivelse .....                               | 25          |
| 3.4.2 Opsummering af resultater .....                       | 25          |
| 3.5 Aggregatorløsning og skaleringsmuligheder.....          | 29          |
| 3.5.1 Opgavebeskrivelse .....                               | 29          |
| 3.5.2 Opsummering af resultater .....                       | 29          |
| 4 Sammenfatning og perspektiver .....                       | 31          |
| Referencer .....  | 36          |

## 1 Forord

Denne hovedrapport er udarbejdet af Dansk Gasteknisk Center a/s som en del af projektet EUDP 17-II ” Flexgas II–Villagaskedel i samspil med luft/luft-varmepumpe eller luft/vand-varmepumpe (j.nr. 64017-0551) /1/.

Projektet har afklaret, om en luft/luft-varmepumpe og en luft/vand-varmepumpe kan fungere i samspil med en eksisterende villagaskedel. Det er også afklaret, om de to løsninger kan fjernstyres via en styreboks efter et pris- eller miljøsignal, så installationen kan aftage så meget grøn strøm fra vindmøller og solceller som muligt og understøttes af grøn gas, når det ikke blæser og solen ikke skinner.

Det, vi indledningsvis kunne se, var et potentiale på ca. 700 MW regulering i elforbrug, der forholdsvis simpelt og til en overkommelig pris kunne indplaceres i de ca. 400.000 gasinstallationer, vi har i Danmark. Det eneste, der var brug for, var en varmepumpeløsning, der erstatter elpatronløsningen fra FlexGas I-projektet /2/, og som gerne skulle kunne fungere rent teknisk, og som vil være økonomisk og miljømæssig attraktiv for den enkelte villakunde og for en aggregator (varmevirksomhed, der kan op- eller nedregulere elaftaget fra en større pulje elvarmepumper).

Nærværende hovedrapport giver et sammenfattende svar på disse spørgsmål med henvisning til 6 delrapporter /5-10/, og den kommer med en indstilling til et videre forløb. Klimahandlingsplanen er netop trådt i kraft og vedrører tilskud til varmepumper alene, og betydninger heraf indgår ikke i arbejdet.

Flexgas-projektet er støttet af midler fra Energistyrelsens EUDP-program (område energieffektivitet), og projektet er udført af partnerne:

- Dansk Gasteknisk Center a/s som projektleder
- Centrica a/s (tidligere Neas Energy A/S)
- BestGreen - Insero Energy
- Neogrid
- METRO THERM
- Evida.

---

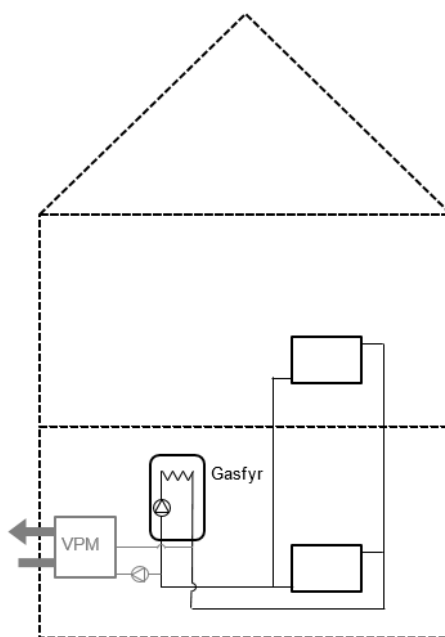
Rapporten er udarbejdet af Karsten V. Frederiksen, og intern kvalitetskontrol er udført af Ianina Mofid, begge fra DGC. Rapporten er ligeledes kommenteret af projektpartnerne.

## 2 Indledning

### 2.1 Baggrund

Udgangspunktet for at opbygge et Flexgas II-system er, at private husstande med eksisterende gasfyr typisk har et vandbåret varmeanlæg, der forsyner rummene i huset med varme.

Opbygningen af den ene Flexgas II-løsning omfatter eftermontering af en lille luft/vand-elvarmepumpe og en styreboks på en gaskedelinstallation med vandbåret varmeanlæg. Her skal varmepumpen som udgangspunkt supplere rumvarmebehovet, og hvis der er fysisk plads til det på den enkelte installation, skal den også dække varmtvandsbehovet. Projektgruppen prioriterede at se på løsninger, hvor varmepumpen sidder på returen fra varmeanlægget som vist på Figur 1. Herved kan elvarmepumpen kobles ind i vinterperioderne og i overgangsperioderne, hvor der samtidig er passende rumvarmebehov. Dvs. opregulerings-effekten vil være til rådighed i perioden oktober-april.

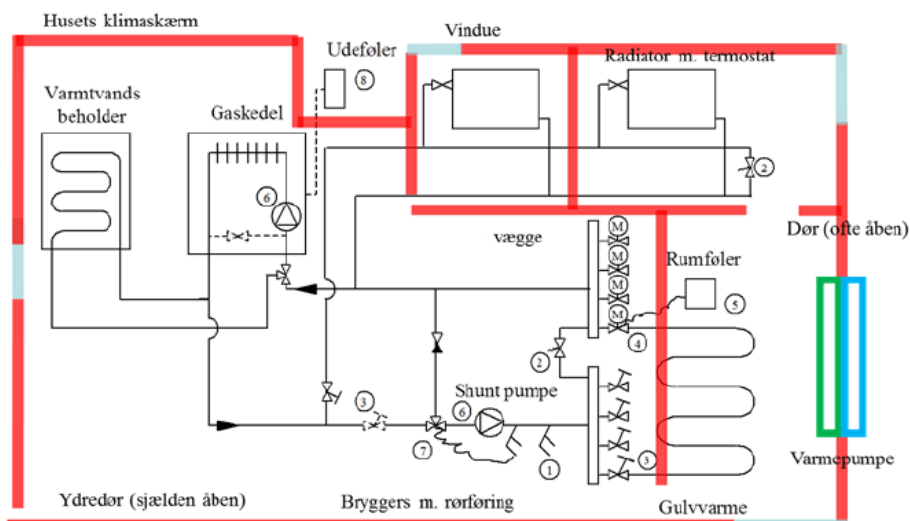


Figur 1 Skitse af gaskedel kombineret med 2-strengs anlæg med luft/vand-varmepumpe (VPM) på returen.

Opbygningen af det andet Flexgas II-system omfatter eftermontering af en styreboksløsning på en luft/luft-elvarmepumpe, hvor der samtidig er

gaskedelinstallation med et vandbåret varmeanlæg. Her kan varmepumpen som udgangspunkt kun supplere varmebehovet i det rum, hvor den er placeret.

### Flexgas II skitse i et typisk hus



Figur 2 Skitse med en gaskedelinstallation med luft/luft-varmepumpe

Figur 2 Skitse af gaskedel med 2-strengsanlæg/gulvvarme kombineret med luft/luft-varmepumpe i et af husets rum.

## 2.2 Formål

I lighed med det tidligere gennemførte FlexGas I-projekt /2/ blev der i nærværende projekt lagt op til at udvikle, teste og demonstrere en boks, som kan styre luft/vand- og luft/luft-varmepumper, der er eftermonteret på eksisterende villagasinstallationer for på den måde at sikre fleksibelt samspil ift. elsystemet.

Herudover har målet været at gennemføre modellering og analyser af økonomi og potentiale som input til en mulig implementeringsmodel for markedsintroduktion.

Modellen tænkes efterfølgende at kunne anvendes af en konceptudvikler/en aggregator/et energihandelsselskab som grundlag for et forretningskoncept.



## 2.3 Gennemførelse

Arbejdet i projektet har været organiseret i tre arbejdsplaner og gennemført som følger:

- Dansk Gasteknisk Center a/s har været projektleder og ansvarlig for arbejdsplaner 1 og 3 (WP1 og WP3) og delopgave vedr. tilpasning, test og demonstration af systemløsninger i praksis.
- Centrica a/s har haft ansvar for arbejdsplaner 2 (WP2) og delopgave vedr. vurdering af systemet i forhold til besparelspotentiale.
- Evida og Dansk Gasteknisk Center a/s har haft ansvar for WP2-delopgave vedr. vurdering af systemet i forhold til marked,
- BestGreen/Insero Energy har haft ansvar for WP2-delopgave vedr. vurdering af systemet i forhold til økonomi for slutbruger og varmevirksomhed, samt mulige forretningsmodeller for implementering af systemet.
- Neogrid har haft ansvar for WP1/WP3-del vedr. udvikling, test og tilpasning af styreboksløsninger og WP3-delopgave vedr. udarbejdelse af en aggregatorløsningsmodel, herunder skaleringsmuligheder.
- METRO THERM har bidraget med komponenter, og hvis det viser sig, at markedet er modent, forventes de at bruge resultaterne i produktudvikling af et færdigt Flexgas II-produkt.

Undervejs i projektet har der været en løbende dialog og arbejdsplaner mellem parterne, og der er gennemført seks fællesplaner, hvor der er gjort status i forhold til milestones og lavet aftale om nødvendige aktioner.

## 2.4 Konklusion

I forhold til opgaven med at tilpasse, udvikle og teste Flexgas-systemløsninger skal det her fremhæves, at det er lykkedes at lave en Neogrid styreboksløsning, der virker i praksis ift. eksisterende gasfyristallationer med eftermonteret luft/vand-varmepumpe. I projektet var det en varmepumpeløsning fra METRO THERM.

Med ekstraudstyr (hyldevare fra AirPatrol og Danfoss) er det også lykket at lave en styreboksløsning til installationer og drift, hvor der i forvejen sidder luft/luft-varmepumper af forskelligt fabrikat.

I forhold til demonstration i praksis er der gennemført funktionstests på fire fieldtest-anlæg med gode resultater. De to var baseret luft/vand-varmepumpeløsningen fra METRO THERM (inkl. styreboks) og de to andre var baseret på luft/luft-varmepumpeløsninger (inkl. styreboks).

Under forudsætningen af at der kan udføres tilstrækkeligt mange – mere end 500 stk. - forventes prisen for styreboksen alene at kunne komme ned på 1000 kr. (inkl. moms). Prisen for en eftermonteret luft/vand-varmepumpeløsning (inkl. styreboks) vurderes at blive cirka 40.000 kr. (inkl. moms). Prisen for en eftermonteret luft/luft-varmepumpeløsning (inkl. styreboks) vurderes at blive cirka 20.000 kr. (inkl. moms).

I forhold til besparelse, marked og økonomi ved brug af Flexgas-systemet har Centrica gennemført en række modelberegninger ud fra en række scenarier. Her er besparelspotentialet beregnet på baggrund af el- og gasprisen afregnet på markedsvilkår, og konklusionen er, at der kan findes en besparelse på 26-45 % ved en Flexgas-løsning for en almindelig villagasinstallation.

I forhold til markedsstørrelse, potentiale og begrænsninger er der lavet en første kortlægning af antal danske gasbaserede bygninger med et potentiale for én af ovennævnte Flexgas-løsninger, både mht. hvor meget der kan spares hos en slutbruger, og ift. den geografiske beliggenhed. Ud fra kortlægningen ses det bl.a., at Holbæk og Silkeborg Kommuner har mange gaskunder, der med fordel kunne overveje en Flexgas-løsning. Arbejdet har omfattet en undersøgelse af styrker, svagheder, muligheder og trusler for Flexgas-løsningerne.

I forhold til potentialet for implementering af det nye Flexgas-opvarmningskoncept (varmevirksomhed) rettet mod husejere med eksisterende gaskedelinstallation har BestGreen gennemført analyser i forhold til økonomi. Det har jævnt før beregningerne været muligt at dokumentere en fordelagtig businesscase med Flexgas-koncepterne for gasfyrinstallationer med

eftermonteret luft/vand-varmepumper, som forsyner et hus med gulvvarme, hvor varmebehovet er forholdsvist stort. Det skal dog bemærkes, at der her ikke er taget højde for eventuelle stordriftsfordele forbundet med konceptet. En perspektivering med en lavere installationspris har dog vist, at installationer med gulvvarme og mellemstort varmebehov også kan være interessante for en varmekilde (aggregator).

Der er gennemført diskussioner i projektgruppen mht. mulige måder at fremme disse løsninger. Resultatet af disse diskussioner peger på, at der skal en større aggregator (energiselskab) ind over, hvor mange Flexgas-løsninger (gashybridvarmepumper) puljes og styres centralt. Projektet har anvist udstyr, hjælpeværktøjer og en fremgangsmåde for, hvordan dette kan gøres.

Det vil således være oplagt bl.a. at arbejde videre i samarbejde med et energiselskab, som både har gas- og elkunder, hvor resultaterne i et egentligt konceptudviklingsforløb og efterfølgende udrulning til et større antal bygningsejer med gasfyr på den måde kan sikre en 100 % grøn boligopvarmning også inden 2030.

### 3 Aktiviteter og resultater

Følgende opgaver/arbejdsopgaver har der været fokus på i projektføreløbet:

- Systemtilpasning, styringsløsning og demonstration i praksis
- Besparelspotentiale
- Markedspotentiale
- Økonomi og implementering ift. slutbruger og varmekoeffektivitet
- Aggregatorløsning og skaleringsmuligheder.

Med baggrund i projektbeskrivelsen /1/ og tidligere gennemført Flexgas-projekt /2/ blev følgende rammer for arbejdet i WP1 indledningsvis fastlagt.

Formålet har været at udvikle, teste og demonstrere en boks, som kan styre luft/vand- og luft/luft-varmepumper, der er eftermonteret på eksisterende villagasininstallationer for at sikre fleksibelt samspil ift. elsystemet. Herved kan man i en periode erstatte gasforbrug med elforbrug til opvarmning. Gasnettet kan på den måde fungere som buffer/energilagring for anvendelse af overskuds-el på elnettet.

Baseret på analyser af potentiale og økonomi skulle en implementeringsmodel for markedsintroduktion udvikles og testes.

Det er målet, at modellen efterfølgende kan bruges af en konceptudvikler/aggregator/et energihandelselskab.

I det følgende gives en beskrivelse af opgaverne og en opsummering af resultaterne.

#### 3.1 Systemtilpasning, styringsløsning og demonstration

##### 3.1.1 Opgavebeskrivelse

I nærværende del af projektet har målet været at verificere, om det er muligt at etablere og med succes idriftsætte en simpel og billig elvarmepumpe (luft/vand eller luft/luft) på eller i forbindelse med en typisk eksisterende gaskedelinstallation. Endvidere var ønsket at afklare, om det er muligt at etablere en simpel kommunikation med on/off-signal fra en

balanceansvarlig aktør. Det arbejde skulle henholdsvis foregå i DGC's laboratorium og i felten i et samarbejde mellem DGC, METRO THERM og Neogrid.

### 3.1.2 Opsummering af resultater

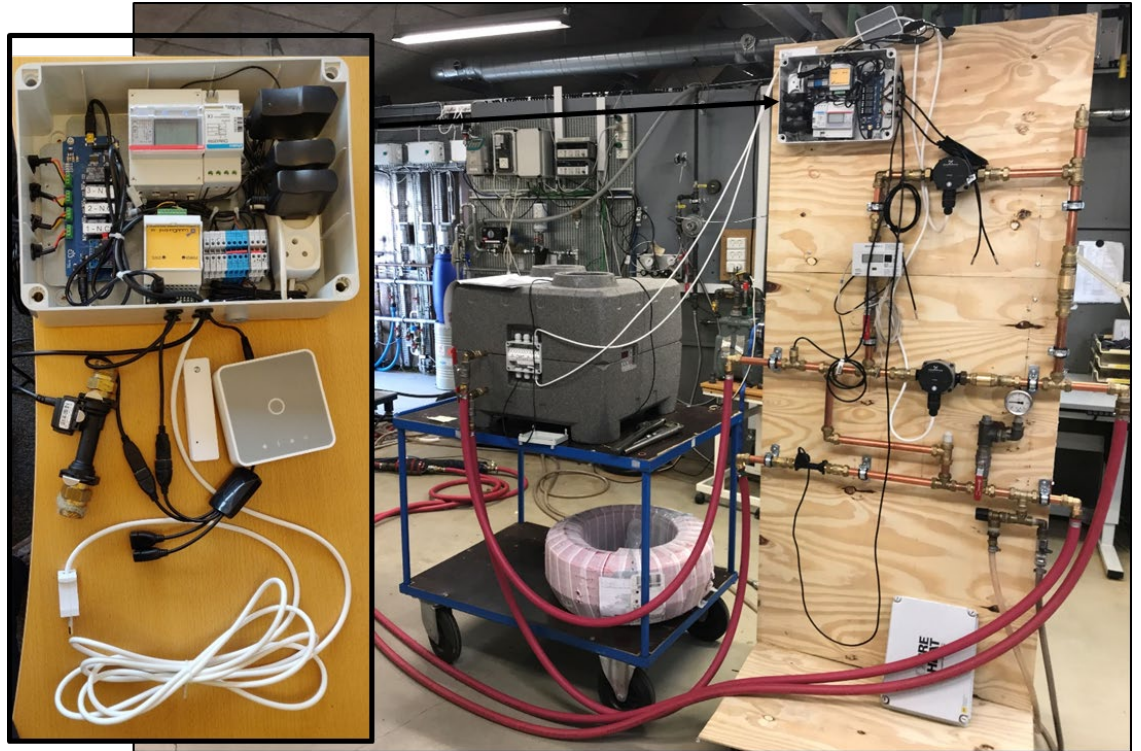
Første milepæl (M1) for projektet har været, at vi ud fra laboratorietests har fastlagt, funktionstestet og dokumenteret flere systemløsninger.

I forbindelse med luft/vand-løsningerne blev der først opbygget en testrig i DGC's laboratorium med det hydradiske system svarende til en typisk villa-gaskedelinstallation og en luft/vand-elvarmepumpe fra METRO THERM /3/, kommunikationsstyreboks fra Neogrid /5/ og varmeaftag via en køletårnskreds. Se Figur 3.

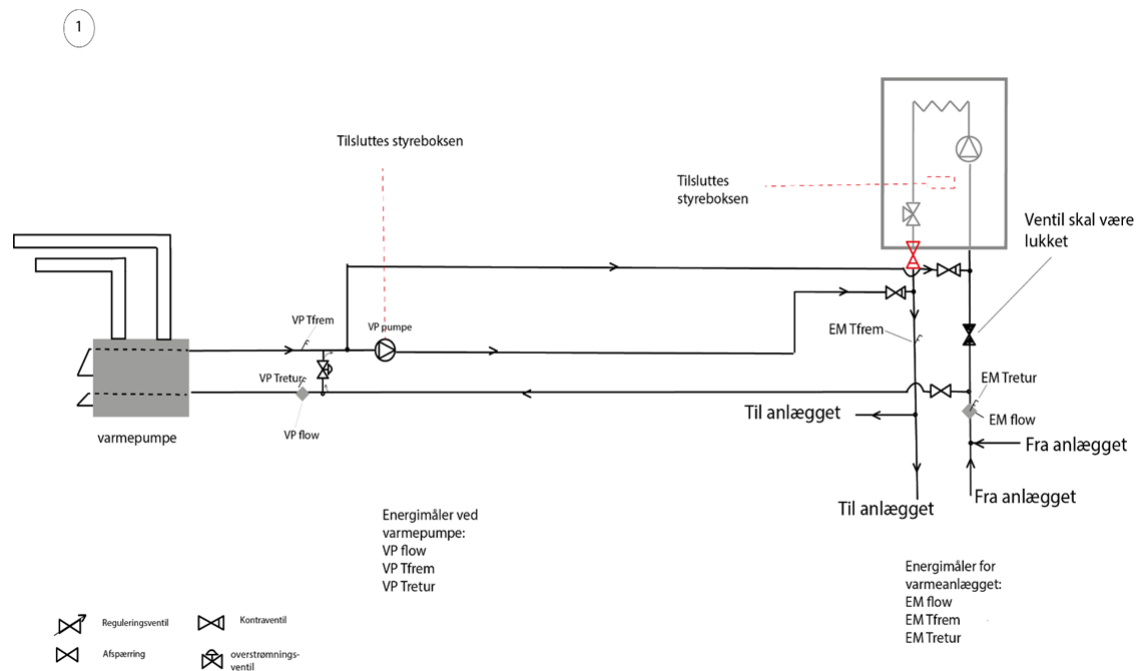
I forbindelse med luft/luft-løsningerne blev der indledningsvis gennemført en skanning af styreboksløsninger, der kunne kommunikere med de fleste eksisterende luft/luft-varmepumper, og det blev undersøgt, om en sådan løsning forventeligt ville kunne kommunikere med typiske intelligente termostatventiler på markedet.

Laboratorietestene og skanningen resulterede indledningsvis i følgende løsninger:

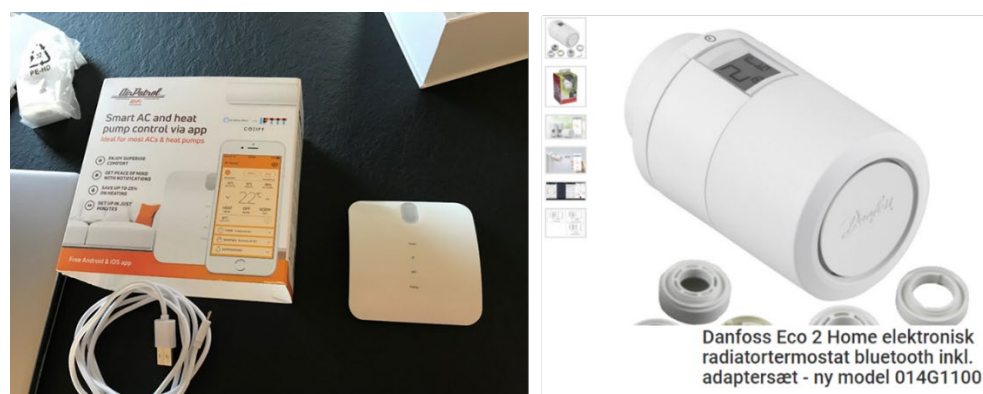
- Luft/vand-varmepumpeløsningen (METRO THERM) placeret på returledningen til kedlen (inkl. tilpasset Neogrid styreboks) med den i Figur 3 viste bestyknings, opbygning og driftsstrategi fungerer efter hensigten.
- De fleste luft/luft varmepumpe anlæg kan suppleres med en Air-Patrol styreboks og med en Bluetooth termostatventil på udvalgte radiatorer kan forventelig fungere efter hensigten. Se Figur 5, samt /4/ og /11/ for yderligere oplysninger.



Figur 3 DGC-testrig med METRO THERM luft/vand-varmepumpe og styreboksløsning.



Figur 4 Tilpasset opbygning af det hydrauliske system for en gaskedelinstallation med eftermonteret METRO THERM luft/vand-varmepumpe.

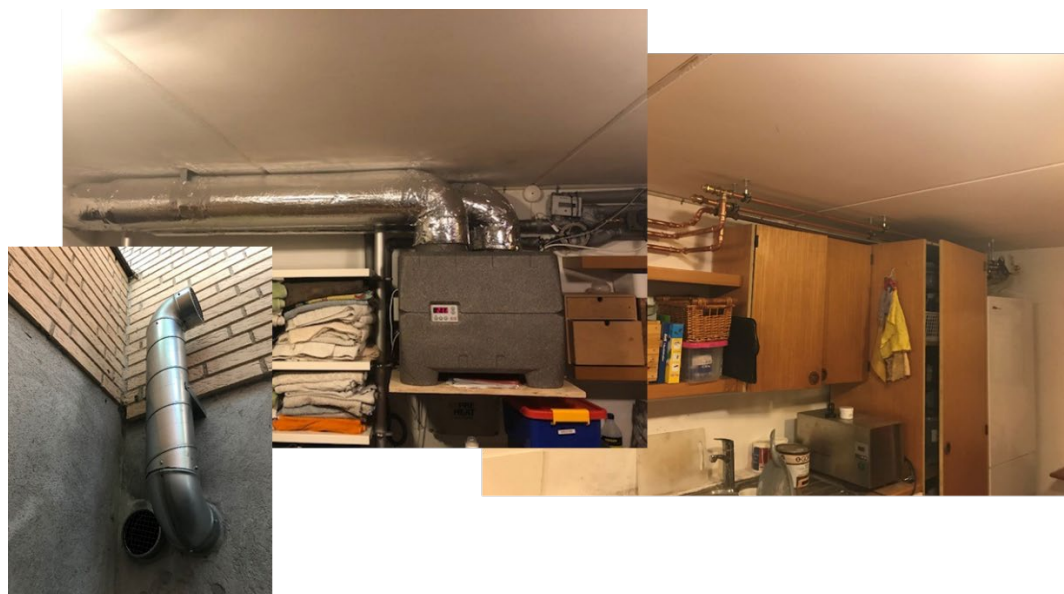


*Figur 5 AirPatrol enheden og Bluetooth termostatventil, der blev udvalgt som del af styreboksløsningen ved test på gaskedelinstallation med luft/luft-varmepumpe.*

Med andre ord viste disse løsninger sig indledningsvis at være egnet til demonstration i praksis.

Efter gennemførelse af arbejdsplan WP1 var spørgsmålet således fortsat, om løsningerne kunne fungere i praksis sammen med en typisk eksisterende gaskedelinstallation.

For luft/vand-løsningen ønskede vi at afklare, om løsningen fortsat fungerede, når køletårskredsen erstattes med et rigtigt varmeanlæg. Her blev to installationer fundet, og aftale med anlægsværterne blev indgået hen over foråret 2019 (Milestone 2 i projektet); et i Kokkedal og et i Allerød (se Figur 6 og Figur 7).



*Figur 6 Foto af eftermonteret luft/vand varmepumpe (inkl. udeluftkanaler) på gaskedelinstallation i Kokkedal.*



*Figur 7 Foto af eftermonteret luft/vand varmepumpe (inkl. udeluftkanaler og styrboks) på gaskedelinstallation i Allerød.*

Med udstyr fra METRO THERM og Neogrid blev luft/vand-anlæggene projekteret, installeret og idriftsat hen over sommeren 2019 i et samarbejde mellem DGC, Neogrid og METRO THERM. DGC udarbejdede en testplan, som Neogrid gennemførte ved at hjemtage måledata fra september 2019 til juni 2020. DGC har gennemført databehandling og udført erfaringsopsamling undervejs, hvor bl.a. COP-værdien for varmepumpen som forventet ligger mellem 2,2 ved nul grader udenfor og er 3 ved 20 grader.



Erfaringerne fra demonstrationsforløbet viser, at det ene luft/vand-testanlæg nu fungerer tilfredsstillende i samspil med en eksisterende gaskedel og vandbåret varmeanlæg. Dog har det været nødvendigt at kondensisolere luftkanalerne og støjisolere varmepumpen i Allerød (se Figur 8).



*Figur 8 Foto af kondens- og støjisoleringsløsning på den eftermonterede luft/vand-varmepumpe i Allerød.*

Det andet testanlæg i Kokkedal har haft udfordringer med at levere passende varme, så i løbet af foråret 2020 blev det tilpasset og kom herved til at fungere som ønsket.

Installationsløsningen til det første luft/vand-testanlæg er bedst egnet i praksis og bør som udgangspunkt anvendes ved implementering af Flexgas II-luft/vand-styreløsning i villamarkedet. Kun hvis denne første løsning skønnes ikke at være egnet i praksis, kan den anden løsning forventelig anvendes, idet den tager højde for mulige hydradiske udfordringer i form af en ”Loop/shunt” løsning med zoneventil på varmepumpekredsen der altid sikrer tilpas høj fremløbstemperatur fra denne.

Den første luft/luft-løsning blev også installeret hen over sommeren 2019 og idriftsat i august 2019. Desværre måtte aftalen med den anden anlægsvært annulleres pga. sygdom. Derfor blev den anden anlægsvært i Silkeborg først

fundet i løbet af efteråret 2019, og løsningen blev således installeret og idriftsat primo 2020.

I forhold til luft/luft-løsningen blev laboratoriet ikke brugt til gennemførelse af funktionstest. Disse blev i stedet udført på felttestanlægget i Nyrup (Sjælland), hvor der i forvejen var en luft/luft-varmepumpe, en gaskedel med vandbåret 2-strengsvarmeanlæg (se Figur 9).

I løbet af foråret 2020 er løsningen også testet på det kaloriferfyrede varmeanlæg i Silkeborg (se Figur 10).



*Figur 9 Foto af gaskedelbaseret radiatorinstallation i Nyrup med luft/luft-varmepumpe (inkl. AirPatrol styreenhed og termostatventil).*



*Figur 10 Foto af gaskedelbaseret kaloriferfyrede varmeanlæg i Silkeborg med luft/luft-varmepumpe (inkl. AirPatrol styreenhed).*

Resultatet af testene på de to anlæg er, at de nu kan styres online via Neogrids styreløsning, og den forventes at kunne etableres og fungere på de fleste af den slags villagasinstitutioner, både med eksisterende og nye luft/luft-varmepumper, og dermed er vejen banet for hurtig implementering af en større pulje af Flexgas-anlæg. På baggrund af målinger/beregninger vurderes varmedækning med luft/luft-varmepumpen i Silkeborg at være på 38-55 % i de koldeste perioder, mens Nyrup-anlægget ligger på 15-20 %.

Den anvendte styreboks til de fire installationer i Flexgas II har kunnet levere den ønskede funktionalitet, men det er ikke en konkurrencedygtig løsning, da stumperne i indkøb kommer op over 3000 kr. inkl. moms. De anvendte blokke i boksen vil relativt nemt kunne integreres i en dedikeret boks til vægmontage eller fx montering i en DIN-skinne.

Det anslås, at dette udviklingsarbejde vil være relevant ved et styktal over 500, og at det så er muligt at få den integrerede løsnings produktionspris ned under 1000 kr. inkl. moms.

Hvad installationsomkostninger angår for luft/vand-løsningerne, viste det sig, at vvs-installatøren i starten brugte en del tid på at sætte sig ind i projektet. På sigt ville vvs-installatøren kunne udføre arbejdet hurtigere: Jo flere opgaver, jo flere erfaringer får man og kan optimere på tidsforbruget. Der har også være udfordringer på installationer, specielt med kanalføring, støjisolering, kondensisolering og hydraulik i radiatorsystemet. Hvis man ser bort fra det og antager, at der er en læringskurve ved at lave flere anlæg, forventes installationsprisen for eftermontering af METRO THERM/Neogrid luft/vand-varmepumpeløsningen at ligge på 42.500 kr. (inkl. moms).

Hvad installationsomkostninger angår for luft/luft-løsningerne, viste det sig, at en forventet installationspris vil ligge på 20.000 kr. (inkl. moms). Her var der ikke specielle udfordringer med installationen; dog skal det nævnes, at kommunikationen umiddelbart er envejs med de begrænsninger, det kan give.

Yderligere beskrivelse af resultaterne er dokumenteret i en Neogrid delrapport /5/ og DGC-delrapport /6/.

## 3.2 Besparelspotentiale

### 3.2.1 Opgavebeskrivelse

I denne del af projektet består besparelspotentialet i at

- eftermontere METRO THERM luft/vand-varmepumpe (inkl. Neogrid styreboksløsning) på en eksisterende villagaskedelinstallation

eller

- eftermontere en AirPatrol/bluetooth termostatventilstyreboksløsning ved en luft/luft-elvarmepumpe på en eksisterende villagaskedelinstallation.

Det antages, at flere varmepumper puljes, og at den samlede kapacitet bydes ind som en enkelt enhed i elmarkederne. Der er lavet en model, der beregner varmeomkostningen i hver time ved at sikre varmekomforten i hjemmet på minimum 21 °C. Modellen simulerer en enkelt husholdning og besparelspotentialet i denne.

Potentialet er estimeret ved at beregne varmeomkostningen i en række alternative scenarier og sammenligne den med varmeomkostningen i et referencescenarie (Ref), der reflekterer den eksisterende varmeinstallation. I de alternative scenarier analyseres tre typer varmepumper (svarende til ovennævnte). En luft/luft-varmepumpe (LL), en luft/vand-varmepumpe med gulvvarme (LVG) og en luft/vand-varmepumpe med radiator (LVR).

Disse er undersøgt ved forskellige rumvarmebehov i huset, nemlig ca. 10.000 kWh (lav), 20.000 kWh (med) og 30.000 kWh (høj). Det giver totalt 9 alternative scenarier. Se oversigten i *Tabel 1* nedenfor.

Det antages, at luft/luft-varmepumper har en årlig dækning af varmebehovet på 30 %, mens luft/vand-varmepumper har en varmedækningsgrad på 70 %.

På baggrund af de faste udgifter til el, gas og virkningsgrader på enhederne beregnes en marginalpris for varmepumper, som reflekterer kippunktet mellem gaskedel og varmepumpe. Der anvendes en timeprofil for

udetemperaturen, som bl.a. anvendes til at regne en COP-faktor på timebasis, og derfor varierer marginalprisen også fra time til time. Hvis elprisen er under marginalprisen i en given time, så kan det betale sig at købe strøm og producere varme på varmepumpen. Jo højere marginalpris, jo flere timer kan det forventes, at varmepumpen aktiveres, med en højere besparelse til følge. I tilfælde af at elprisen er højere end marginalprisen, eller at varmepumpen ikke kan dække det fulde varmebehov i timen, leveres det resterende af gaskedlen.

### 3.2.2 Opsummering af resultater

Begge typer varmepumper har en generel høj COP-faktor, hvilket betyder, at varmepumperne får mange driftstimer i de alternative scenarier. Jo højere årligt rumvarmebehov, jo større er besparelspotentialet. Se Tabel 1 nedenfor. Det største potentiale er i luft/vand-scenarierne, hvor der er mulighed for at reducere elafgiften. Det giver et besparelspotentiale 25-45 %. Luft/luft-scenarierne giver et besparelspotentiale på 14-16 %.

I scenariet med det laveste rumvarmebehov (typisk et lille rækkehus fra 70'erne på 80 m<sup>2</sup>) ligger besparelspotentialet på omkring 1.000 kr./år for luft/luft-varmepumpeløsningen uanset varmeanlæg.

Luft/vand-varmepumpeløsningen i samspil med gulvvarme giver under alle omstændigheder en bedre besparelse i forhold til samspil med radiatoranlæg. Gulvvarme blev først rigtig en del af byggeskikken fra 90'erne og frem.

For luft/vand-løsningen med gulvvarmeanlæg er besparelspotentialet på cirka 3000 kr./år, hvilket bl.a. vil passe for et parcelhus fra 90'erne på 100 m<sup>2</sup>.

I scenariet med det mellemste rumvarmebehov (typisk et parcelhus fra 70'erne på 120 m<sup>2</sup>) er besparelspotentialet omkring 1.900 kr./år for luft/luft-varmepumpeløsningen og 3.300 kr./år for luft/vand med radiator, hvilket bl.a. vil passe for et parcelhus fra 70'erne på over 120 m<sup>2</sup>.

I scenariet med det højeste rumvarmebehov (typisk et ældre hus fra før 70'erne på over 200 m<sup>2</sup>) er besparelspotentialet for luft/luft-varmepumper

på cirka 3.600 kr./år og 8.100 kr./år for luft/vand- med gulvvarme og 4.800 kr./år for luft/vand med radiator.

*Tabel 1 Årlige driftsomkostninger og besparelser i de forskellige scenarier.*

| Scenarie | Omkostning gas (DKK/år) | Omkostning el (DKK/år) | Omkostning total (DKK/år) | Besparelse (DKK/år) | Besparelse (%) |
|----------|-------------------------|------------------------|---------------------------|---------------------|----------------|
| Ref-lav  | 6.868 kr.               | -                      | 6.868 kr.                 | -                   |                |
| Ref-med  | 12.658 kr.              | -                      | 12.658 kr.                | -                   |                |
| Ref-høj  | 18.073 kr.              | -                      | 18.073 kr.                | -                   |                |
| LL-lav   | 4.821 kr.               | 1.091 kr.              | 5.912 kr.                 | <b>956 kr.</b>      | 14%            |
| LL-med   | 8.735 kr.               | 1.980 kr.              | 10.716 kr.                | <b>1.942 kr.</b>    | 15%            |
| LL-høj   | 12.330 kr.              | 2.880 kr.              | 15.210 kr.                | <b>3.566 kr.</b>    | 16%            |
| LVG-lav  | 2.057 kr.               | 1.816 kr.              | 3.873 kr.                 | <b>2.995 kr.</b>    | 43%            |
| LVG-med  | 3.797 kr.               | 3.221 kr.              | 7.017 kr.                 | <b>5.640 kr.</b>    | 45%            |
| LVG-høj  | 5.424 kr.               | 4.569 kr.              | 9.994 kr.                 | <b>8.079 kr.</b>    | 45%            |
| LVR-lav  | 2.096 kr.               | 3.052 kr.              | 5.148 kr.                 | <b>1.720 kr.</b>    | 25%            |
| LVR-med  | 3.883 kr.               | 5.470 kr.              | 9.353 kr.                 | <b>3.305 kr.</b>    | 26%            |
| LVR-høj  | 5.450 kr.               | 7.842 kr.              | 13.292 kr.                | <b>4.781 kr.</b>    | 26%            |

Der blev udført følsomhedsanalyser for at vurdere robustheden af resultaterne i forhold til variationer i gaspris, COP og elpris. Med de værdier, der er valgt i følsomhedsanalyserne, kan det konkluderes, at gasprisen har en meget stor indflydelse på besparelsen, specielt for luft/luft-varmepumperne. COP har medium til høj indflydelse, mens variationer i elprisen og gaske-delvirkningsgrad har en lav indflydelse på de årlige omkostninger.

Alt i alt kan det konkluderes, at der kan skabes et solidt besparelspotentiale ved at installere en varmepumpe i en varmeløsning med eksisterende gaskedel specielt for luft/vand-varmepumperne.

Resultaterne i denne del af projektet er dokumenteret i detaljer i en delrapport fra Centrica /7/ og anvendt af BestGreen/Insero Energy vedr. økonomi-vurderinger og mulig implementeringsplan af systemet.

### 3.3 Markedspotentiale

#### 3.3.1 Opgavebeskrivelse

Denne del af projektet har haft til formål at belyse markedet ved Flexgas II-konceptet.

Markedsstørrelse er fastlagt, både set i forhold til det samlede og de lokale el- og gasnet i Danmark. Der er analyseret et antal installationer, og hvor det er realistisk at installere disse løsninger.

SWOT-analyse gennemføres på baggrund af de i afsnit 3 demonstrerede løsninger.

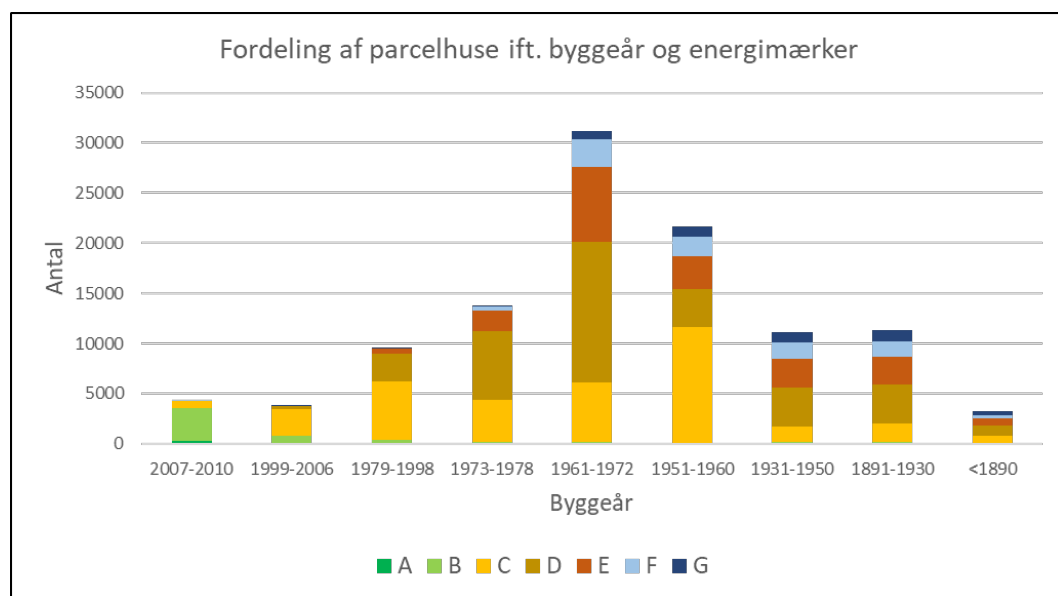
#### 3.3.2 Opsummering af resultater

I denne del af projektet er den første kortlægning af antal danske bygninger med et potentiale for én af ovennævnte Flexgas-løsninger, både mht. byggeår og ift. den geografiske beliggenhed. Ud fra kortlægningen ses det bl.a., at mange huse er fra 60'erne med energimærke fra C-D, og Holbæk og Silkeborg Kommuner har mange gaskunder. De bygninger kan med fordel overveje en af Flexgas-løsningerne. Se Figur 11 og Figur 12.

I Figur 13 og Figur 14 ses, hvor meget der kan spares hos en slutbruger målt i tilbagebetalingstid for A-G-mærkede huse, hvor Flexgas-løsningerne installeres.

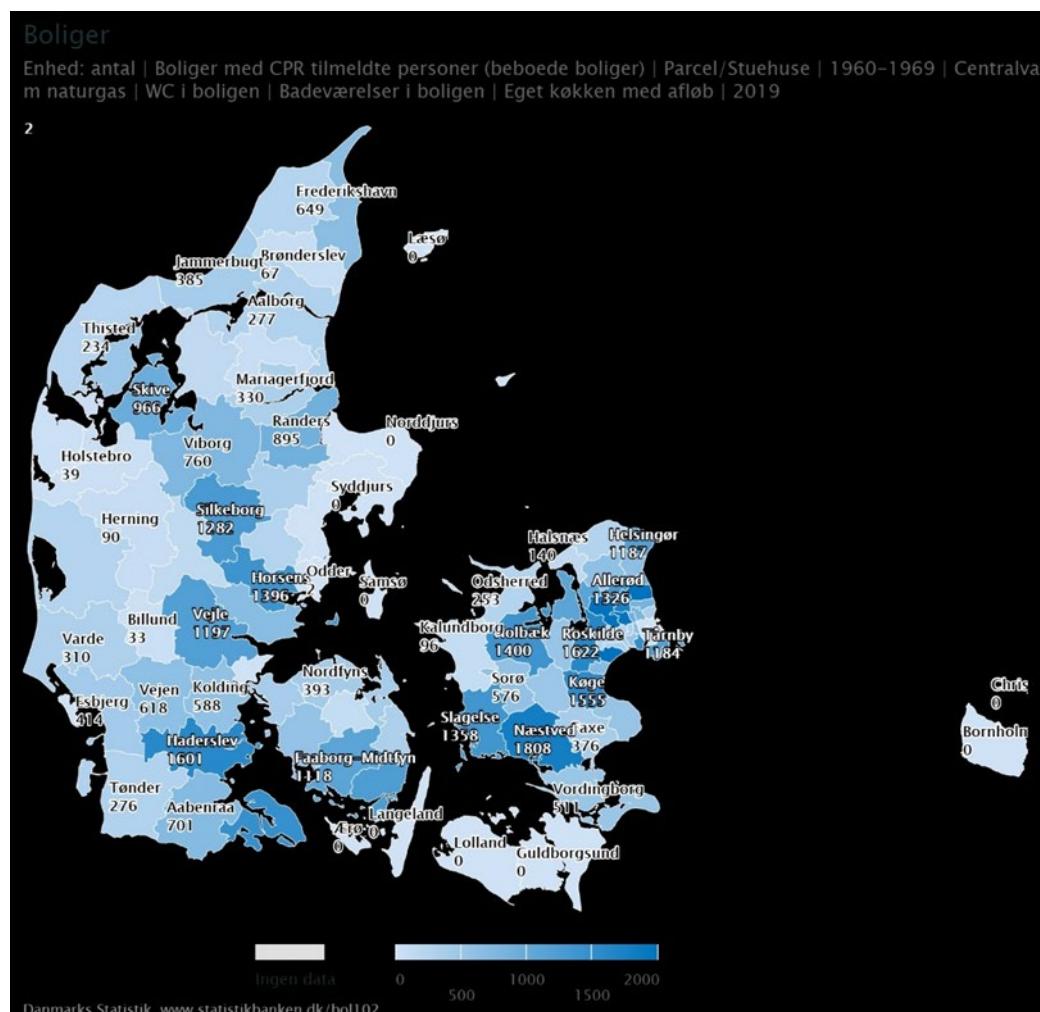
Samlet kan resultaterne bruges til at lave en målrettet markedsføring af disse Flexgas-løsninger i en prioritet rækkefølge, hvor man starter med slutbrugere, der i forvejen har en gasinstallation og en luft/luft-varmepumpe. De vil være nemmest at overbevise om en konvertering.

Der er ligeledes lavet en bedømmelse af Flexgas II-løsningerne ift. styrker, svagheder, muligheder og trusler. Se Figur 15.



Figur 11 Fordeling af parcelhuse med naturgas som opvarmningsform





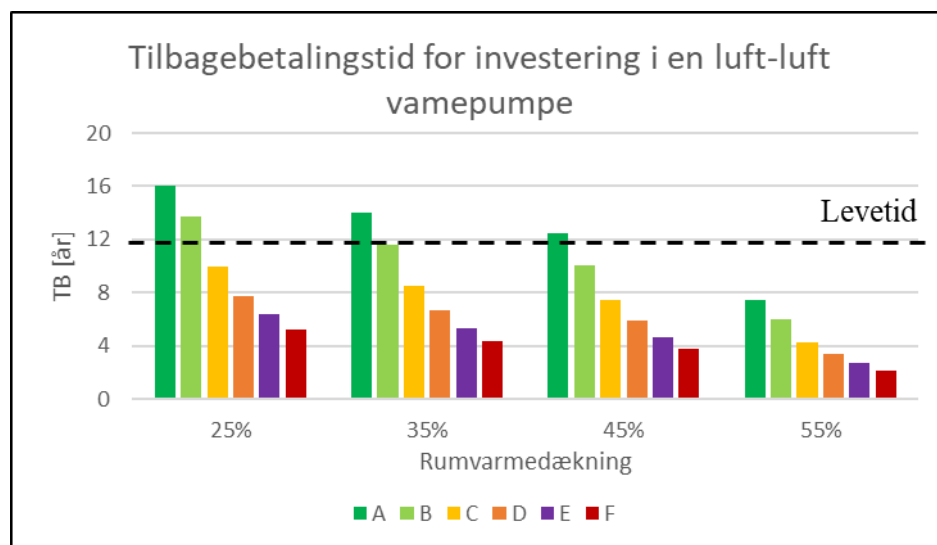
Figur 12 Kortlægning af parcelhuse med naturgas til opvarmning.

Tilbagebetalingstid (TB) for luft/luft-løsning, jf. Figur 13 og Figur 14:

*Forudsætninger*

Styreboks + montering: 3.000 kr.

Anlæg + installation: 17.000 kr.

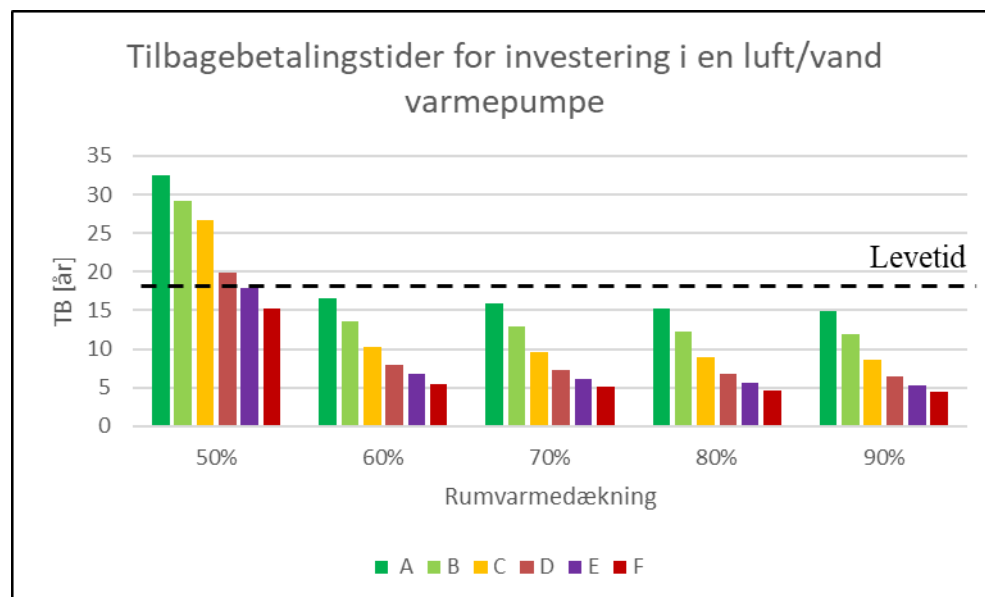


Figur 13 Tilbagebetalingstid for husstande med gasfyr kombineret med en luft/luft-varmepumpe ved forskellige rumvarmedækningsgrader.

Tilbagebetalingstid (TB) for luft/vand-løsning, jf. Figur 14:

*Forudsætninger*

Anlæg + installation (inkl. styreboks): 42.500 kr.



Figur 14 Beregnede tilbagebetalingstider for gasopvarmede husstande, der investerer i en luft/vand-varmepumpe. Beregningerne er foretaget ved forskellige rumvarmedækningsgrader. Den stiplede linje indikerer den typiske levetid for en luft/vand-varmepumpe.

| <b>Intern situation</b>  |   |
|--|---|
| <b>STÆRKE</b> sider ved Flexgas-løsning<br>(Strengths)   | <b>SVAGE</b> sider ved Flexgas-løsning<br>(Weaknesses)  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Besparelse i årlig energiomkostning</li> <li>➤ Komfort i sammenspil med gasfyr</li> <li>➤ Fleksibelt samspil ift. energisystemet</li> <li>➤ Større besparelse for husstande med større energibehov</li> <li>➤ Kort tilbagebetalingstid for husstande med højt varmebehov</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Udfordring ved varmedækning ift. rumfordelinger i visse husstande</li> <li>➤ Lav besparelse for lavenergi bygninger</li> <li>➤ Ikke egnet til alle typer husstande/varmeanlæg</li> <li>➤ Støj fra varmepumpens udedel</li> </ul>   |
| <b>Ekstern situation</b>   |   |
| <b>MULIGHEDER</b> for Flexgas-løsning<br>(Opportunities)   | <b>TRUSLER</b> for Flexgas-løsning<br>(Threats)   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Tilskud</li> <li>➤ Bidrager til CO<sub>2</sub>-reducering</li> <li>➤ Aflastning af elnettet</li> <li>➤ Forbedring af husstandens energimærke</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Fjernvarme (støtter projekter for udfasning af gas til boligopvarmning)</li> <li>➤ Elselskaber (favoriserer udfasning af gas til boligopvarmning)</li> <li>➤ Afskaffelse af tilskudsordning til fordel for andre typer løsninger</li> <li>➤ Regeringens nye klimahandlingsplan, der fokuserer på udfasning af gassen til rumvarme</li> </ul> |

*Figur 15 Flexgas II-løsningerne ift. styrker, svagheder, muligheder og trusler.*

Se yderligere dokumentation i DGC-delrapport /8/.

### 3.4 Økonomi og implementering

#### 3.4.1 Opgavebeskrivelse

Denne del af projektet har haft til formål at belyse både de privatøkonomiske og selskabsøkonomiske aspekter ved Flexgas-konceptet.

De selskabsøkonomiske aspekter kan indgå i et forretningskoncept, hvor et kommercielt varmeselskab overtager leverancen af varme til private husejere, hvorefter varme bliver en ydelse i lighed med fjernvarme. Varmeselskabet afholder udgiften til investering og installation af Flexgas II-løsningen i husstanden, som kobles på det eksisterende varmesystem. I perioder med lave elspot-priser eller fordelagtige regulerkraftpriser kan selskabet aktivere elvarmepumperne og dermed spare udgifter til gas til opvarmning.

#### 3.4.2 Opsummering af resultater

På baggrund af resultaterne fra demonstrationsanlæggene om investeringsomkostninger til indkøb og installation af elvarmepumper (beskrevet i afsnit 3.1), samt oplysninger og driftsøkonomi fra de 9 scenarier (beskrevet i afsnit 3.2) har BestGreen/Insero gennemført økonomibetragtning for slutbrugere og vurderet en businesscase for en varmevirksomhed. Hertil kommer at de med baggrund i markedsanalyserne (beskrevet i afsnit 3.3) har leveret et forslag til implementeringsplan for en varmevirksomhed/aggregator.

I følgende afsnit præsenteres resultaterne af beregningerne på de enkelte scenarier. Her er medregnet de faktorer, som er beskrevet i foregående afsnit. Disse resultater præsenteres fra to perspektiver. Dels fra kundens privatøkonomiske perspektiv og dels fra en varmevirksomhed, som potentielt vil skabe en forretning på baggrund af resultaterne.

Scenarierne er som følger:

- Luft-luft-varmepumpe (LL VP) årligt rumvarmebehov på 21.314
- Luft-luft-varmepumpe (LL VP) årligt rumvarmebehov på 30.433
- Luft/vand-varmepumpe radiator (LV VPR) årligt rumvarmebehov på 21.314
- Luft/vand-varmepumpe radiator (LV VPR) årligt rumvarmebehov på 30.433
- Luft/vand-varmepumpe gulvvarme (LV VPG) årligt rumvarmebehov på 21.314
- Luft/vand-varmepumpe gulvvarme (LV VPG) årligt rumvarmebehov på 30.433



De privatøkonomiske og selskabsøkonomiske aspekter er estimeret ved at beregne forskellen mellem den eksisterende varmeinstallation og en række alternative scenarier. Her er anvendt økonomiske og tekniske faktorer såsom installationsomkostninger, virkningsgrad og elpris.

Samlet set kan det udledes, at for en aggregator er Flexgas II-konceptet attraktivt for luft/vand-varmepumper med gulvvarme, hvor varmebehovet er forholdsvis stort. Scenarierne med luft/vand-varmepumpe med gulvvarme tilbydes kunden en varmepris på henholdsvis 0,40 kr./kWh og 0,32 kr./kWh, et abonnement på 2.500 kr. samt en startinvestering på 15.000 kr. Scenarierne viser en samlet årlig privatøkonomisk varmeudgift på henholdsvis 13.802 kr. for varmebehovet på 21.314 kWh og 16.279 kr. for varmebehovet på 30.433 kWh. Den årlige besparelse sammenlignet med udgifterne forbundet med en 100 % gasinstallation er samtidig henholdsvis 3 % og 17 %.

Der er i resultaterne ikke taget højde for eventuelle stordriftsfordele forbundet med konceptet. Det antages, at en aggregator vil kunne opnå en række stordriftsfordele ved at indkøbe, installere og drifte en række varmepumper. Der vil antagelsesvis kunne opnås en besparelse på indkøb og installation af varmepumper samt på selve driften, hvor virkningsgraden på varmepumpen antagelsesvis kan forbedres. Derudover vil en højere gaspris i form af øgede afgifter betyde et større incitament til at skifte for en villaejer.

BestGreen/Insero har gennemført en perspektivering, hvis installationsprisen kan sættes 20 % ned. Den årlige besparelse sammenlignet med udgifterne forbundet med en 100 % gasinstallation vil således blive mellem 9 % og 23 % i ovennævnte scenarier for kunderne med luft/vand-varmepumpe og gulvvarme. Det betyder, at installationer med gulvvarme og mellemstort varmebehov også kan være interessante for en aggregator.

BestGreen/Inseros beskrivelse af en overordnet implementeringsplan for en varmevirksomhed bygger på markedsanalyserne i afsnit 3.3 og forholder sig til følgende overordnet elementer i en sådan plan:

- Anvendelse af forretningsmodel
- Aftale med installatører
- Marketing

- 
- Tilbudsgivning på varmepumpeløsning
  - Installation, drift og overvågning
  - Prissætning
  - Kundesupport

Med hensyn til udrulning (markedsføringsplan) forholder BestGreen/Insero sig til følgende overordnede elementer:

- Målgruppe
- Værditilbud
- Salgskanaler

Ovennævnte er uddybet i delrapport fra BestGreen/Insero /9/.

### 3.5 Aggregatorløsning og skaleringsmuligheder

#### 3.5.1 Opgavebeskrivelse

Neogrid har opstillet en mulig styremodel for en aggregator, hvor METRO THERMs luft/vand-løsning og luft/luft-varmepumpe indgår i samspil med en eksisterende gasfyrinstallation. De har også afdækket skaleringsmulighederne.

#### 3.5.2 Opsummering af resultater

Ift. aggregatorrollen og samspil mellem Datahub (elprisdata m.m.), aggregatorsoftware og mange Flexgas-installationer har Neogrid opstillet en billig simkort-model, der også er driftssikker i offlinedrift, og som kan bruges af en konceptudvikler i praksis på installationer med gasfyr og elvarmepumpe.

Neogrids styreboks har vist, at den kan styre luft/vand-varmepumpen direkte som fjernbetjeningen, så en pulje af varmepumper kan levere fleksibilitetsydelse til elsystemet (specielt regulerkraft). Ved at tilkoble Air Patrol styreenheden og Bluetooth Termostater på relevante radiatorer er det også muligt at styre luft/luft-varmepumper direkte med fjernbetjening fra en aggregator, så en pulje af den slags varmepumper også kan levere fleksibilitetsydelse til elsystemet og som alternativ til netselskabers netforstærkning.

Vedrørende levering af frekvensreserver, hvor en pulje af anlæg skal levere en bestemt respons inden for 150 sekunder, er AirPatrol/Bluetooth løsningen stadig under udvikling, mens Neogrids styreløsning allerede kan leve op til disse responskrav nu.

Hvis det viser sig, at AirPatrol styringen af luft/luft-varmepumpen ikke kan udføres inden for sekunder, vil det således betyde, at det alene er luft/vand-flexløsningen, der kan bruges som frekvensreserve i forhold til elnettet. Herved vil antallet af mulige Flexgas-anlæg, som en aggregator kan bruge i en pulje, i forhold til det økonomiske mere attraktive frekvensmarked, være reduceret en del.

Resultaterne fra projektet og andre projekter har dog vist, at når der puljes tilstrækkelig mange flexanlæg, kan summen af varmepumpeaftaget (MW) ændres både op og ned inden for de tidskrav, som frekvensmarkedet



foreskriver. Det er dog fortsat et uafklaret spørgsmål, om en aggregator kan få tilstrækkelig mange anlæg med i en pulje, så summen kommer over minimumskravet på 0,3 MW.

BestGreen vil være oplagt som aggregator, men hvis de ikke kan mønstre tilstrækkelig mange villakunder i en aggregatorpulje, bør de store energiselskaber som Andel (tidligere SEAS-NVE), OK, EnergiFyn og Nordlys kontaktes. De har i forvejen mange gas- og elkunder. Tanken kunne være at inspirere dem til at konceptudvikle på aggregatormodellen med baggrund i Flexgas II-resultaterne.

Se yderligere dokumentation i Aggregator-delrapport fra Neogrid /10/.

## 4 Sammenfatning og perspektiver

Undervejs i arbejdet er styreboksløsningen til eksisterende gasinstallationer med eftermonteret luft/vand-varmepumpe tilpasset og testet af METRO THERM, Neogrid og DGC. Løsningen er også tilpasset installationer med luft/luft-varmepumpe.

Styreboksløsning til luft/vand-varmepumpe bygger på en varmepumpe fra METRO THERM, som er testet i DGC's laboratorium og på to fieldtest-anlæg.

Resultatet er, at det ene luft-/vand-testanlæg nu fungerer tilfredsstillende i samspil med en eksisterende gaskedel og vandbåret varmeanlæg. Dog har det været nødvendigt at støjisolere varmepumpen. Det andet testanlæg er i løbet af foråret 2020 blevet tilpasset og fungerer også nu.

Installationsløsningen til det første testanlæg er mest enkel og forventes også at være den mest energieffektive. Den bør som udgangspunkt anvendes ved implementering af Flexgas II luft/vand-styreløsninger i villamarkedet.

Hvis denne løsning skønnes ikke at være egnet i praksis i forhold den hydrauliske balance, forventes den anden installationsløsning at kunne anvendes. Her indgår en loop/shunt, der sikrer passende fremløbstemperatur til et hvilken som helst varmeanlæg.

Neogrids styreløsningen fungerer tilfredsstillende på begge anlæg.

Mht. til eksisterende gasinstallationer med eftermonteret luft/luft-varmepumpe er resultatet, at to anlæg (Silkeborg og Sjælland) er blev etableret, idriftsat af Neogrid og DGC, og kan nu styres online via en Flexgas II luft/luft-styreløsning. Den løsning forventes at kunne etableres på de fleste af den type villainstallationer og dermed indgå i en større pulje af Flexgas-anlæg.

Styreboksene til de 4 anlæg har kunnet levere den ønskede funktionalitet til projektet, men det er ikke en konkurrencedygtig løsning, da stumperne kommer op over 3000 kr. inkl. moms. De anvendte blokke vil relativt nemt kunne integreres i en dedikeret boks til vægmontage eller fx montering i en

DIN-skinne. Det anslås, at dette udviklingsarbejde vil være relevant ved et styktal over 500, og at det så er muligt at få den integrerede løsnings produktionspris ned under 1000 kr. inkl. moms.

Forventet installationspris for METRO THERMs luft/vand-løsning (inkl. styreboks) ligger på 42.500 kr. (inkl. moms) og luft/luft-løsningen (inkl. styreboks) ligger på 20.000 kr. (inkl. moms)

Besparelsespotential har Centrica Energy Trading (balanceansvarligt el-selskab) estimeret ved at beregne varmeomkostningen i en række alternative boligscenarier og sammenligne den med varmeomkostningen i et reference-scenarie, der reflekterer den eksisterende varmeinstallation. Det har givet et besparelsespotentiale på 26-45 %.

Mhp. at kunne lave en implementeringsplan for markedsintroduktion har DGC og Evida undersøgt markedspotential. Resultatet er, at der er foretaget en første kortlægning af antal danske gasbaserede bygninger med et potentiale for én af ovennævnte Flexgas-løsninger, både mht. hvor meget der kan spares hos en slutbruger, og ift. den geografiske beliggenhed. Ud fra kortlægningen ses det bl.a., at Holbæk og Silkeborg Kommuner har mange gaskunder, der med fordel kan overveje en Flexgas-løsning.

Markedsundersøgelsen omfatter også en SWOT-analyse, der bl.a. viser, at en af styrkerne ved Flexgas II-løsningerne er, at gaskunder med et nyt og ikke udtjent gasfyr kan føle sig sikker på komfort også efter en konvertering, og det betyder meget for mange. En svaghed er, at specielt luft/luft-løsningerne typisk ikke kan nå en særlig høj elvarmepumpedækning af bygningen. En af mulighederne er derimod, at løsningerne kan hjælpe til med at løse fremtidige kapacitetsudfordringer på det lokale elnet, når der kommer mange elbiler. En vigtig trussel, er at andre aktører med interesse i bygningsopvarmning (el og fjernvarme specielt) ikke kan se nødvendigheden af sektorkobling med gas, og at gasnettet kan bidrage som buffer for fluktuerende grøn elproduktion, specielt hvis Danmark ikke ønsker at være afhængig af dyr udenlandsk strøm fremover, når det ikke blæser, og solen ikke skinner.

Privatøkonomiske og selskabsøkonomiske aspekter ved Flexgas-konceptet har BestGreen/Insero analyseret, hvor en varmepumpe installeres som supplement til en eksisterende villagaskedel, og hvor en varmevirksomhed puljer en række varmepumper og byder den samlede kapacitet ind som en enkelt enhed på elmarkederne som aggregator.

De privatøkonomiske og selskabsøkonomiske aspekter er estimeret ved at beregne forskellen mellem den eksisterende varmeinstallation og en række alternative scenarier.

Samlet set kan det udledes, at for en aggregator er Flexgas II-konceptet attraktivt for luft/vand-varmepumper med gulvvarme, hvor varmebehovet er forholdsvis stort. Scenarierne med luft/vand-varmepumpe med gulvvarme tilbyder kunden en varmepris på henholdsvis 0,40 kr./kWh og 0,32 kr./kWh, et abonnement på 2.500 kr. samt en startinvestering på 15.000 kr. Scenarierne viser en samlet årlig privatøkonomisk varmeudgift på henholdsvis 13.802 kr. for varmebehovet på 21.314 kWh og 16.279 kr. for varmebehovet på 30.433 kWh. Den årlige besparelse sammenlignet med udgifterne forbundet med en 100 % gasinstallation er samtidig henholdsvis 3 % og 17 %.

Der er i resultaterne ikke taget højde for eventuelle stordriftsfordele forbundet med konceptet. Det antages, at en aggregator vil kunne opnå en række stordriftsfordele ved at indkøbe, installere og drifte en række varmepumper. Der vil antagelsesvis kunne opnås en besparelse på indkøb og installation af varmepumper samt på selve driften, hvor virkningsgraden på varmepumpen antages at kunne forbedres. Derudover vil en højere gaspris i form af øgede afgifter betyde et større incitament til at skifte for en villaejer. En perspektivering med en lavere installationsprisen har vist, at installationer med gulvvarme og mellemstort varmebehov også kan være interessante for en aggregator.

Endeligt har BestGreen/Insero lavet en overordnet implementeringsplan bl.a. med indstilling til valg af salgskanaler for Flexgas II-konceptet baseret på de udførte markedsanalyser.

Neogrid har opstillet en styremodel for en aggregator, hvor hhv. METRO THERMs luft/vand-løsning og luft/luft-varmepumpe indgår i samspil med

en eksisterende gasfyrinstallation. Ift. aggregatorrollen og samspil mellem Datahub (elprisdata m.m.), aggregatorsoftware og mange Flexgas-installationer bruges en billig simkort-model, der også er driftssikker i offlinedrift, og som kan bruges af en konceptudvikler i praksis.

Anlægsløsninger, styremodellen, besparelspotentialet, markedsundersøgelsen, økonomimodel og implementeringsplan forventes nu at kunne bruges af konceptudviklere, aggregator, energihandelsselskaber og andre, der ønsker at fremme den type grønne energiløsninger i større skala.

Mht. perspektiverne for Flexgas II-konceptet er det kommet frem, at regeringen i deres klimahandlingsplan pr. oktober 2020 påtænker en hurtig udfasning af olie og naturgas i bygningsopvarmningen til fordel for anden varmforsyning, bl.a. varmepumper /12-13/. Med henblik på et sådant ønske om hurtig overgang til 100 % grøn boligopvarmning vil det være oplagt at bruge Flexgas-løsningerne fra nærværende projekt. Ved en relativt billig eftermontering af elvarmepumper på mange af de ca. 375.000 danske villagasfyr (400.000 stk. samlet) med en restlevetid på op til 20 år kan gasforbruget umiddelbart reduceres i størrelsesorden 80-90 %. Dette vil umiddelbart mindske CO<sub>2</sub>-aftrykket fra villaer med gasinstallationer væsentligt – specielt i de timer, hvor vind og sol bidrager substantielt til elproduktionen, og andelen af grøn gas giver lavere CO<sub>2</sub>-aftryk. Der er således endnu større muligheder for kommercialisering af de løsninger, der foreslås i Flexgas II. Både FutureGas-projektet med DTU i spidsen /14/ og Ea Energianalyses samfundsøkonomiske analyser /15/ understøtter, at der bør være grøn gas i boligopvarmningen både om 10 år og i 2050.

Problemet er bare p.t., at de nye tilskudsordningerne lige nu ikke omfatter Flexgas-løsninger. Årsagen er tilsyneladende, at den lille andel grøn gas fra gasnettet, der skal bruges i Flexgas-løsningerne, fortsat forventes at ville indeholde et fossilt element fremover. I lighed med grønne elcertifikater findes der også grønne gascertifikater, og det bør undersøges nærmere, om det ikke kan åbne op for at sikre et fuldt fleksibelt grønt energisystem fremover.

Hvis det kan løses, vil et oplagt videre forløb efter Flexgas II med de to funktionsdygtige styreboksløsninger være at udvikle og teste en styringsalgoritme, der hurtigt kan sikre optimal drift mellem kedel og varmepumpe på

den enkelte installation, men også som en pulje af mange installationer, der kører samtidig.

I forhold til den enkelte installation skal den optimale algoritme sikre højest muligt samlet energieffektivitet og lavest mulige CO<sub>2</sub>-aftryk og til lavest mulige el- og gaspris; samtidig med at Flexgas-anlægget altid kan leve op til de basale komfortkrav i bygningen. Dvs. tilpas høj fremløbstemperatur til varmeanlæg og varmtvandsbeholder, intet spændingsfald i stikkontakten og lavt støjniveau fra anlægget.

I forhold til puljen af mange installationer skal den optimale styringsalgoritme sikre, at en aggregator kan opfylde kravene for at stå til rådighed med reservekapacitet på frekvensmarkedet. Derved er der nemlig udsigt til en god betaling fra det balanceansvarlige elselskab. Kravene i forhold til frekvensmarkedet er kort fortalt, at puljen af Flexgas-anlæg skal tælle det, der svarer til et elaftag på minimum 0,3 MW, og de skal kunne opregulere eller nedregulere lige meget på elaftag fra varmepumperne inden for 150 sekunder fra det tidspunkt, hvor den balanceansvarlige ønsker det.

Set i det lys vil BestGreen være oplagt som aggregator, men hvis de ikke kan mønstre tilstrækkelig mange villakunder i en pulje, bør de store energiselskaber, der i forvejen har mange gas- og elkunder, inspireres til at tage aktion.

## Referencer

- /1/ EUDP 17-II ” Flexgas II–Villagaskedel i samspil med luft/luft-varmepumpe eller luft/vand-varmepumpe” (j.nr. 64017-0551)
- /2/ EUDP 14-I ”FlexGas - Fleksibelt energiforbrug med elpatron i villagaskedel” (j.nr. 64014-0123).
- /3/ METROAIR Heat pump module, METRO THERM. Link til manual pr. oktober 2020: <https://www.metrotherm.dk/download/18.5c71c6011719e0d7f0075c/1588842143884/METROAIR-AQUA-Varmepumpemodul-346635002-Manual-08965-1912.pdf>
- /4/ AirPatrol WiFi enhed. Link til hjemmeside pr. oktober 2020: <https://airpatrol.com/products/airpatrol-wifi-smart-and-universal-air-conditioner-controller> og Link til manual pr. oktober 2020: <https://airpatrol.zendesk.com/hc/en-us/articles/203199125-Full-Manual>
- /5/ Flexgas II - Delrapport WP1 Styreboks, Oktober 2020, Neogrid Technologies ApS, Per D. Pedersen. Delrapport i Projekt EUDP 17-II (j.nr. 64017-0551).
- /6/ FlexGas II - Fleksibelt energiforbrug med elvarmepumpe og villagasfy, Delrapport WP1: Systemtilpasning, styring og placering, Delrapport WP3: Afprøvning og brugererfaringer, oktober 2020, DGC, Iannina Mofid. Delrapport i Projekt EUDP 17-II (j.nr. 64017-0551).
- /7/ FlexGas II – Besparelspotentialet ved installation af varmepumper i villaer med eksisterende gasinstallation, maj 2020, Centrica Energy Trading A/S: Lotte Holmberg Rasmussen, Bruno Stefano Bez og Lasse Helleskov Ravn. Delrapport WP2 i Projekt EUDP 17-II (j.nr. 64017-0551)
- /8/ Flexgas II - Markedsstørrelse, potentiale og begrænsninger, September 2020, DGC, Mamadou Koné, Delrapport i Projekt EUDP 17-II (j.nr. 64017-0551).
- /9/ Økonomibetragtning for slutbruger og business case for varmevirksomhed, Delrapport WP2, September 2020, BestGreen, Martin Bak, Delrapport i Projekt EUDP 17-II (j.nr. 64017-0551).
- /10/ Flexgas II - Delrapport, WP3 Aggregator, Oktober 2020, Neogrid Technologies ApS, Per D. Pedersen. Delrapport WP3 i Projekt EUDP 17-II (j.nr. 64017-0551).
- /11/ Danfoss termostat Bluetooth. Link pr. oktober 2020: <https://assets.danfoss.com/documents/DOC235786405825/DOC235786405825.pdf>

- /12/ Bygningspuljen - tilskudsordninger for varmepumper: Link pr. oktober 2020: <https://ens.dk/service/tilskuds-stoetteordninger/bygningspuljen>
- /13/ Skrotningsordning - tilskudsordninger for Energileverandører ift. varmepumper på abonnement: Link pr. oktober 2020: <https://ens.dk/service/tilskuds-stoetteordninger/skrotningsordningen>
- /14/ FutureGas: DTU-styret udviklingsprojekt vedr. Gassens rolle i fremtiden, afsluttet i 2020. Link pr. oktober 2020: <https://futuregas.dk/>
- /15/ EA-Energianalyses rapport vedr. udfasning af naturgas til rumvarme, 2020. Link pr. oktober 2020: [https://www.ea-energianalyse.dk/wp-content/uploads/2020/04/1926\\_Udfasning-af-naturgas-til-rumvarme-hovedrapport\\_29apr.pdf](https://www.ea-energianalyse.dk/wp-content/uploads/2020/04/1926_Udfasning-af-naturgas-til-rumvarme-hovedrapport_29apr.pdf)

Delrapporterne /5-10/ i projektet kan rekvireres enten hos DGC eller hos den pågældende partner, men bemærk at ift. anonymitetskrav i Persondataforordningen (GDPR) kan der være begrænsninger i adgangen.

Kontakt DGC, hvis linket er blevet forældet, eller der i øvrigt er problemer med at tilvejebringe referencen.