

JUNI 2014
DANSK FJERNVARMES F&U KONTO

ETABLERING AF LAVTEMPERATURFJERN- VARME I EKSISTERENDE FJERNVARMEFORSYNING

PROJEKTRAPPORT



COWI

ADRESSE COWI A/S
Jens Chr. Skous Vej 9
8000 Aarhus C

TLF +45 56 40 00 00

FAX +45 56 40 99 99

WWW cowi.dk

JUNI 2014
DANSK FJERNVARMES F&U KONTO

ETABLERING AF LAVTEMPERATURFJERN- VARME I EKSISTERENDE FJERNVARMEFORSYNING

PROJEKTRAPPORT

PROJEKTNR.	A001130-009
DOKUMENTNR.	A001130-009-01
VERSION	1
UDGIVELSESDATO	Juni 2014
UDARBEJDET	TMM/FHA/PKO/PAKO
KONTROLLERET	Projektgruppen
GODKENDT	Projektgruppen

INDHOLD

Resume	4
1 Projektets baggrund og formål	6
1.1 Projektdeltagere	6
2 Lavtemperaturfjernvarme	8
2.1 Væsentlige fordele ved lavtemperaturfjernvarme	9
3 Kendte initiativer	10
3.1 Eksisterende bygningsmasse	12
3.2 Nybyggeri	17
3.3 Interesse fra vidensinstitutioner, støtteprogrammer og energibranchen	20
3.4 Opsummering af de kendte initiativer	21
4 Udfordringer	25
4.1 Eksisterende bygningsmasse	25
4.2 Legionella	27
4.3 Eksisterende fjernvarmenet og komponenter	29
4.4 Planlægning	30
5 Perspektiver	32
5.1 Anbefalinger til videreudvikling og behov for undersøgelser	32
5.2 Myndighedernes rolle	34
5.3 Liste af muligheder	35
6 Referencer	37

Resume

Formålet med dette projekt har været at udvikle metoder til implementering af lavtemperaturfjernvarme i eksisterende fjernvarmeforsyningsområder. Dette indebærer tilslutning af nye og omstilling af energirenoverede bygninger, som ikke har behov for traditionelle fjernvarmetemperaturer på 70/40 °C, men som i fremtiden vil kunne klare temperaturer ned mod 50/25 °C. I den forbindelse har der i arbejdet været fokus på, at dette skal kunne ske uden at forringe forholdene for de bestående kunder, og samtidig gøre det muligt for sidstnævnte med tiden at tilpasse deres bygning til lavtemperaturdrift.

Projektet er gennemført i et samarbejde mellem Albertslund Forsyning, Affald-Varme Aarhus, Bjerringbro Varmeværk, Silkeborg Forsyning, Gentofte Fjernvarme, Arbejdernes Andelsboligforening Aarhus, Aalborg Universitet repræsenteret ved projektet "4. generationsfjernvarme" samt COWI, som alle har erfaringer med eller konkrete planer om anvendelse af lavere temperaturer i deres net. Projektet er blevet støttet af Dansk Fjernvarmes F&U-konto.

Baggrunden for lavtemperaturfjernvarme er at gøre det muligt både at spare energi og at reducere afhængigheden af fossile brændsler. Målet med de tanker og idéer, der er behandlet i denne rapport, har været at muliggøre en glidende overgang til 100 procent lavtemperaturdrift på en for alle parter hensigtsmæssig måde.

I rapportens kapitel 3 er der gennemgået en række eksempler på projekter, som alle indebærer brug af lavere temperaturer end de traditionelle. I nogle eksempler er skridtet taget næsten fuldt ud, idet det drejer sig om forsyning af totalrenoveret byggeri, mens andre med udgangspunkt i bestående byggeri og anlæg løbende foretager en reduktion af de anvendte temperatursæt. Eksemplerne favner meget bredt med hensyn til både udbredelse, omfang af ændringer i bygninger og ledningsnet samt anvendte metoder. Det har derfor ikke været hensigten med denne rapport at udføre analyser af de økonomiske aspekter, idet resultaterne næppe vil have megen værdi.

I kapitel 4 behandles nogle af de mange udfordringer, som reduktion af temperaturerne i nettet indebærer. Disse knytter sig blandt andet til energibehovet i de enkelte bygninger, om der fortsat vil være tilstrækkelig kapacitet i nettet, risikoen for legionella i varmtvandsforsyningen samt forhold med hensyn til langsigtet planlæg-

ning, som værkerne må tage med i deres betragtning, når der tages fat på at sænke temperaturerne. Sidstnævnte udfordring drejer sig i høj grad om at få forbrugerne med på idéerne, og netop denne opgave stiller store krav til den nødvendige information, som værkerne skal give i tide, så mulighederne ikke bliver spillet af hænde.

I kapitel 5 er der gjort rede for de perspektiver og de muligheder, som branchen har for at påvirke udviklingen i retning af lavtemperaturdrift. Her nævnes blot enkelte vigtige eksempler:

- › Rettidig information om værkets langsigtede mål og planer, så brugerne får mulighed for at energirenovere og tilpasse deres anlæg over tid.
- › Løbende tilpasning af de tekniske og almindelige betingelser, som følger de langsigtede mål.
- › Identifikation af såkaldte "røde forbrugere", som her og nu bør hjælpes til at forbedre deres installationer i forhold til lavere retur- og fremløbstemperaturer.
- › Tæt dialog med ejere af større byggeri som boligselskaber, private og offentlige bygningsejere, så planer om renovering af bygningerne kommer til at spille sammen med fjernvarmeværkernes bestræbelser.

Overordnet kan det konkluderes, at for at opnå fremtidssikre løsninger er det vigtigt, at hele 'kæden' fra energikilde, gennem ledningsnettet til og med bygningernes klimaskærm inddrages i en koordineret indsats, som giver optimale løsninger. Det kræver en stor indsats af alle implicerede og som udgangspunkt især fra fjernvarmeværkernes side, hvis det skal lykkes.

1 Projektets baggrund og formål

Projektet "Etablering af lavtemperaturfjernvarme i eksisterende fjernvarmeforsyning" blev til på baggrund af et samarbejde mellem Albertslund Forsyning og boligforeningen Bo-Vest vedrørende omstilling af Albertslund Syd Rækkehusene til lavtemperaturfjernvarme i forbindelse med, at rækkehusene energirenoveres.

Der var et ønske om at udvikle metoder til lavtemperaturfjernvarme for at tilslutte nye og energirenoverede boliger, som ikke har behov for traditionelle fjernvarmetemperaturer på typisk 70-80 °C og 40 °C i retur. Dette samtidig med at fordelene ved lavtemperaturfjernvarme udnyttes uden at forringe forholdene for de bestående kunder, og desuden gøre det muligt for sidstnævnte med tiden også at ombygge til lavtemperaturdrift.

Dansk Fjernvarme valgte at støtte projektet gennem F&U-kontoen, hvor lavtemperaturkonceptet undersøges i forhold til samspil med traditionel fjernvarme. Projektets formål er at fremme lavtemperaturfjernvarme i eksisterende fjernvarmeforsyning gennem en beskrivelse af allerede kendte initiativer og udfordringer, der kan optræde, når lavtemperaturfjernvarme kommer i spil i den eksisterende fjernvarmeforsyning.

1.1 Projektdeltagere

Projektet er formelt organiseret med Albertslund Forsyning som projektansøger og COWI som projektkoordinator og pennefører. Derudover er projektdeltagerne repræsenteret ved fem fjernvarmeforsyninger, en boligforening og et forskningsinstitut/universitet. Projektdeltagerne har deltaget i møder og med sparring på rapporten.

- › Albertslund Forsyning, Hans Henrik Høg, Erik Lyhne og Wisam El-Khatib
- › AffaldVarme Aarhus, Bent Olsen
- › Bjerringbro Varmeværk, Lars Bjerring Laursen
- › Silkeborg Forsyning, Søren Junge Bak
- › Gentofte Fjernvarme, Johan Sølvhøj Heinesen
- › Arbejdernes Andelsboligforening, Aarhus, Signe Friis Christensen

- › 4DH v. Aalborg Universitet, Carsten Bojesen
- › COWI, Theodor Møller Moos, Flemming Hammer, Peter Kaarup Olsen og Pia Kvorning.

Rammerne for projektet udgøres af fire projektmøder over projektperioden fra juni 2013 til juni 2014. Produktet af projektet er denne rapport, to artikler i Fjernvarmen i sommeren og efteråret 2014 og et seminar, hvor resultaterne præsenteres.

2 Lavtemperaturfjernvarme

I 2013 udgjorde fjernvarmen ca. 50 procent af Danmarks varmebehov, og fjernvarmens andel af varmemarkedet forventes at stige i de kommende år (Energistyrelsen 2013). Det er dermed væsentligt at se på fjernvarmen som en kilde til store energibesparelser.

Der er en mangeårig tradition for sænkning af fjernvarmetemperaturen i mange fjernvarmeområder i Danmark. Der er som noget relativt nyt sat fokus på en væsentlig sænkning af temperaturen, herunder lavtemperaturfjernvarme og de tekniske og økonomiske muligheder og fordele. Der kan være tale om temperaturer på helt ned til 50/25 °C hos forbrugeren.

Lavtemperaturfjernvarme betegnes også som den fjerde generation af fjernvarme, hvor de forskellige generationer ofte betegnes som nedenfor:

- › 1. generation: Damp, 160 °C
- › 2. generation: Hedt vand, 130 °C
- › 3. generation: Varmt vand, 80 °C
- › 4. generation: Lavtemperatur, 50-55 °C

Lavtemperaturfjernvarme har lavere temperaturer i hele fjernvarmesystemet i forhold til det temperaturniveau, som oftest forekommer i traditionelle fjernvarmesystemer på typisk 70-80 °C i fremløb og 40 °C i retur. Lavtemperaturfjernvarme er ikke entydigt defineret i forhold til, hvor meget temperaturen kan sænkes. Det afhænger fuldt ud af de lokale muligheder, herunder bygningernes varmebehov og opvarmningssystem samt af ledningsnettet det pågældende sted.

Danske traditionelle fjernvarmetemperaturer vil mange steder i udlandet i dag allerede betragtes som lavtemperaturfjernvarme. Det placerer Danmark som langt i udviklingen af fjernvarmen set i forhold til udlandet, men i forhold til den danske regerings målsætning om en fossilfri energiforsyning i 2035, er der stadig behov for udvikling inden for området.

En undersøgelse af lavtemperaturfjernvarme fra 2014 demonstrerer konceptet i tre forskellige testområder i Danmark, som beskrevet i afsnit 3.1.2, 3.1.3 og 3.2.2. Un-

dersøgelsen understreger samtidig, at lavtemperaturfjernvarme er i samspil med to væsentlige faktorer for den fremtidige fjernvarmeforsyning og hele energi branchen: Energieffektivitet og udnyttelsen af en stor andel af vedvarende energi. (Christiansen, et al. 2014).

2.1 Væsentlige fordele ved lavtemperaturfjernvarme

Lavtemperaturfjernvarme kan medføre værdifulde økonomiske og miljømæssige besparelser, gennem:

- › Lavere varmetab i fjernvarmenettet. Der kan opnås en reduktion af nettabet på op til ca. 75 procent ved lavtemperaturfjernvarme i forhold til traditionel fjernvarme (Fjernvarmens Udviklingscenter (nu Grøn Energi) u.d.). Reduktionen i varmetab forudsætter ud over lavere temperaturer i fjernvarmenettet også optimalt design af fjernvarmenettet samt anvendelse af høj isoleringsklasse, dobbeltrørssystem mv.
- › Bedre brændselsudnyttelse i kraftvarmesystemet, idet elvirkningsgraden øges på kraftværket ved anvendelse af koldere kølevand (Lund 1996).
- › Bedre udnyttelse af varmekilder, som primært på grund af lave temperaturer ellers kan være problematiske at integrere i fjernvarmesystemet. Det gælder bl.a. overskudsvarme fra industrielle processer og udnyttelse af varmekilder som geotermi og sol (Moos 2010), herunder også i samspil med varmelagring og varmepumper.

Med de ovennævnte fordele taget i betragtning kan lavtemperaturfjernvarme gøre fjernvarme til et relevant alternativ til andre opvarmningskilder, herunder også individuel opvarmning (Christiansen, et al. 2014).

3 Kendte initiativer

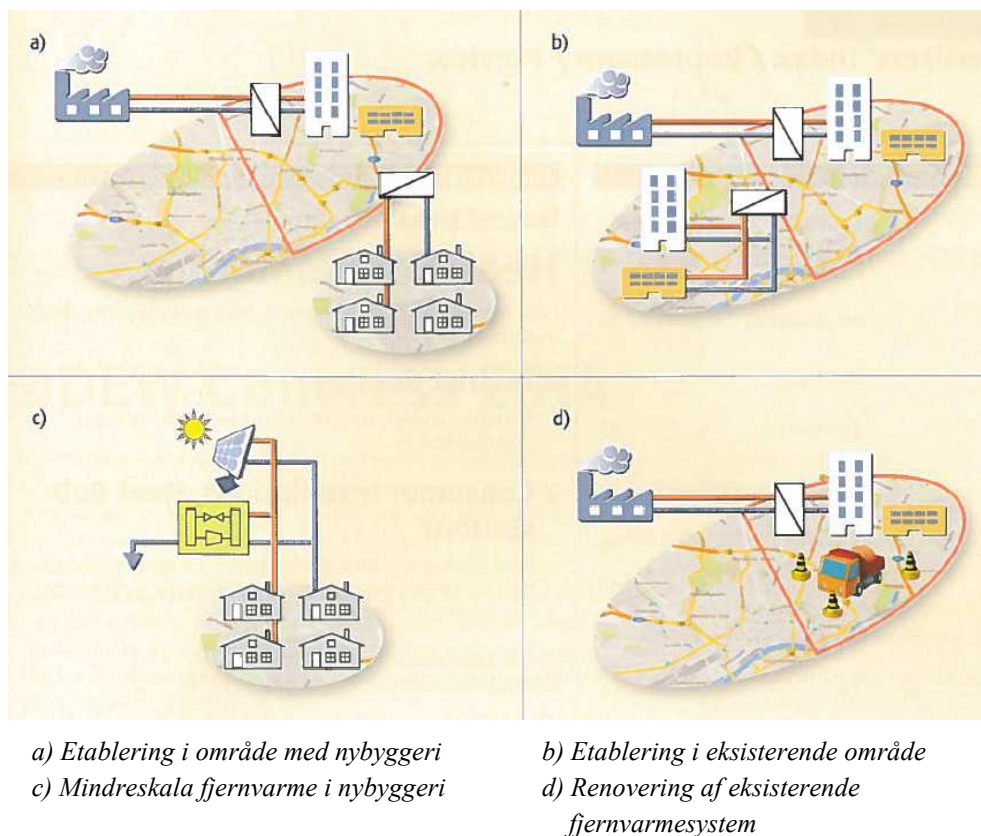
I forhold til fjernvarmens historie, der i Danmark tæller lidt mere end 100 år, er lavtemperaturfjernvarme et relativt ungt koncept. I dette kapitel beskrives et udvalg af allerede kendte initiativer inden for lavtemperaturfjernvarme, se Figur 1.



Figur 1 Kendte lavtemperaturfjernvarme-initiativer

Kapitlet afslører en stigende interesse inden for området og en særdeles stor mangfoldighed i initiativerne, der både rummer etablering af lavtemperaturfjernvarme i eksisterende byggeri og nybyggeri. Initiativerne beskriver også en bred vifte af forskellige tilgange og teknologier, som er benyttet.

Projektet sætter således fokus på etablering af lavtemperaturfjernvarme i eksisterende fjernvarmeforsyning, og at etableringen både foregår i den eksisterende bygningsmasse og ved nybyggeri, som eksemplificeret i Figur 2 nedenfor.



Figur 2 Eksempler på etablering af lavtemperaturfjernvarme (Christiansen, et al. 2014)

I mange af de beskrevne initiativer er der endnu et for lille erfaringsgrundlag til at udtale sig om totaløkonomien. Det forventes dog, at der ved etablering af lavtemperaturfjernvarme vil være store energibesparelser at hente, jf. de væsentlige fordele beskrevet i afsnit 2.1. Det er også i nogle tilfælde dokumenteret, at nettabet er væsentligt nedsat i forhold til et traditionelt fjernvarmesystem.

For Albertslunds vedkommende, som er det mest omfattende af eksemplerne, var det ikke forbundet med meromkostninger at etablere det nye ledningsnet som lavtemperaturanlæg frem for som et traditionelt net.

I de anlæg, hvor online temperaturoptimering er introduceret, opnås der i almindelighed ganske korte tilbagebetalingstider af investeringerne. Endelig er der gruppen af projekter, der er gennemført som forsøgs-, udviklings- eller demonstrationsprojekter, hvor de økonomiske forhold ikke har spillet en afgørende rolle for projekternes gennemførelse.

Det bemærkes, at ud over de initiativer, det er valgt at medtage i dette projekt, findes der mange eksempler på fjernvarmesystemer, hvor der målrettet arbejdes med at sænke fjernvarmetemperaturen. På samme måde er der potentielt iværksat flere projekter inden for lavtemperaturfjernvarme end beskrevet.

I afsnit 3.4 opsummeres initiativerne, som er beskrevet i de to følgende afsnit. Initiativerne er opstillet i Tabel 1 og Tabel 2, som både har til formål at skabe overblik og synliggøre mangfoldigheden af initiativerne.

3.1 Eksisterende bygningsmasse

Afsnittet beskriver kendte initiativer, hvor lavtemperaturfjernvarme er etableret i den eksisterende bygningsmasse. I afsnit 4.1 er der beskrevet en række udfordringer, som kan opstå.

3.1.1 Albertslund Syd – Rækkehusene

Bydelen Albertslund Syd blev opført i 1963-1968 og består af i alt ca. 2.000 boliger, skoler og institutioner. I oktober 2012 startede renoveringen af 544 rækkehuse i området og samtidig udskiftning af det bestående fjernvarmenet med et nyt ledningsnet designet til temperatursættet 50/25 °C.



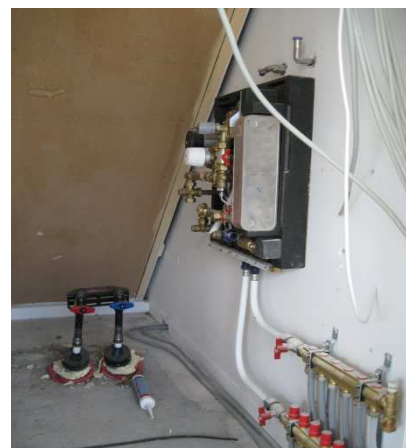
Figur 3 Gennemgribende renovering af rækkehuse i Albertslund Syd og nyt fjernvarmenet

Energirenoveringen af bygningerne reducerer varmebehovet med ca. 60 procent, og hver bolig har fået installeret en ny fjernvarmeunit, der har høj effektivitet ved de lave fjernvarmetemperaturer og sikrer en god afkøling.

Etablering af nyt fjernvarmenet har medført overgang fra mineraluldsisolerede rør (placeret i krybekælder) til optimeret netdesign med præisolerede serie 3-rør (lagt i jord).

Ledningstab er reduceret til det halve af et almindeligt fjernvarmenets, og anvendelsen af fleksible fjernvarmerør i PEX har gjort udskiftningen enkel og nem.

Albertslund Syd forsynes fremover via en blandeshunt, der udnytter returvarmen fra Albertslund Vest.



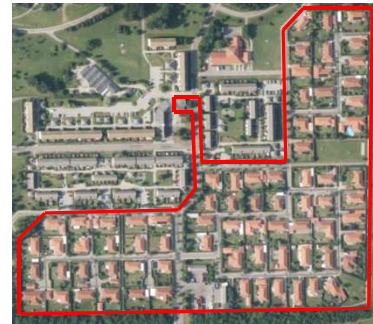
Figur 4 Ny fjernvarmeunit i rækkehus

I Albertslund pågår projekteringen af de næste etaper Albertslund Syd Gårdhusene (1.000 boliger) og Albertslund Vest Gårdhusene (456 boliger).

3.1.2 Sønderby, Høje-Taastrup

Der er gennemført fuldskalademonstration i bydelen Sønderby i Høje Taastrup vest for København. Demonstrationen indeholdt 75 parcelhuse fra 1997 og 1998, der alle har gulvvarme. Husene er på 110-212 m², og det opvarmede areal for området er på 11.230 m² i alt. Det årlige varmeforbrug ligger i gennemsnit på ca. 13 MWh

per hus (eksklusiv tabet i ledningsnet) og varmedensiteten for området er 12,5 kWh/m².



Figur 5 Etablering af ny stikledning til et af demonstrationshusene i Sønderby, Høje-Taastrup

Det bestående ledningsnet var ineffektivt med et højt varmetab. Høje Taastrup Fjernvarme installerede et helt nyt ledningsnet med højeffektive dobbeltrørsledninger, etablerede en fælles varmecentral til en blandeshunt med booster-pumpe og 3-vejs ventil, der sikrer at mest muligt returvand fra naboområdet benyttes som fremløb i lavtemperaturområdet. Herudover nye fjernvarmeunits med gennemstrømningsveksler i alle 75 huse. Systemet blev idriftsat i efteråret 2011.

Med lavtemperaturkonceptet, hvor der i gennemsnit fremføres 55 °C i fjernvarmenettet, er varmetabet i Sønderby blevet reduceret fra ca. 41 til ca. 13 procent, hvilket svarer til en energibesparelse på omkring 555 MWh per år. Demonstrationen har vist, at den lave fjernvarmetemperatur fint kan dække rumvarmebehov og produktion af varmt brugsvand. Fuldskalademonstrationen har også været innovativ ved, at blandeshunten i varmecentralen er indrettet, så den udnytter returvand fra et naboområde. Omkring 80 procent af den totale forsyning i lavtemperaturnettet dækkes herved.



Figur 6 Etablering af nyt fjernvarmenet i Sønderby

Demonstrationen var en del af projektet ”Fuldskalademonstration af lavtemperaturfjernvarme i eksisterende bebyggelser” (EUDP 2010-II, journal nr. 64010-0479), som var støttet af Energistyrelsens Energiteknologiske Udviklings- og Demonstrationsprogram, EUDP. Projektkonsortium: Høje Taastrup Fjernvarme a.m.b.a., AffaldVarme Aarhus, Boligforeningen Ringgården, Teknologisk Institut, Dansk Fjernvarme, Danfoss A/S, Kamstrup A/S, Logstor A/S, Danmarks Tekniske Universitet, DTU-Byg, Ribe Jernindustri A/S og COWI A/S. Projektperiode: 2010-2013.

3.1.3 Skjoldhøjparken, Tilst

Der er gennemført fuldskalademonstration i en del af Danmarks største parcelhuskvarter Skjoldhøjparken i Tilst, nordvest for Aarhus. Demonstrationen omfattede otte parcelhuse fra 1970'erne, alle beliggende på den samme vej. Husene i gaden

har alle radiatorer og et areal på 108-178 m², og det totale opvarmede areal for de otte huse er 1050 m². Halvdelen af Danmarks parcelhuse er fra 1960-70'erne, så gaden med de 8 huse er repræsentativ for mange parcelhuse landet over.

AffaldVarme Aarhus installerede en blandeshunt for enden af gaden, og i første omgang blev der kørt forsøg med at sænke temperaturen i det eksisterende ledningsnet. Efterfølgende blev ledningsnettet udskiftet til effektive dobbeltrørsledninger. Undervejs er der også udskiftet enkelte fjernvarmeunits og foretaget tilpasning af et par varmeanlæg samt gennemført enkelte energirenoveringstiltag. Ved hjælp af shunten blev fremløbstemperaturen sænket fra det normale niveau på 70-80 °C.

Demonstrationen viste, at fjernvarmetemperaturen kunne sænkes til ca. 60 °C. I perioder er det dog nødvendigt med 65 °C i fremløbet. Med yderligere energirenoveringer, bl.a. udskiftning af enstrengs radiatoranlæg i et enkelt hus samt eventuel efterisolering af klimaskærmen, eller installation af større radiator effekt i flere af husene, ville det være muligt at sænke fjernvarmetemperaturen yderligere. Varmetabet i ledningsnettet (kun for de 8 parcelhuse) er gået fra ca. 28 til ca. 12 procent. Samlet set er varmetabet dermed reduceret med 63 procent.

Demonstrationen var ligeledes en del af projektet Fuldskalademonstration af lavtemperaturfjernvarme i eksisterende bebyggelser", Projektperiode: 2010-2013.

3.1.4 Gentofte udnytter overskudsvarme til lavtemperaturfjernvarme

I et boligområde ved Gentofte Hospital vil Gentofte Fjernvarme i efteråret 2014 etablere et nyt lavtemperaturområde. Forsyningsområdet består af tæt-lav bebyggelse, der i dag er kollektivt forsynet med naturgas og forventes at kunne forsynes med lavtemperaturfjernvarme. Initiativet kræver, at der etableres et nyt ledningsnet i området, samt en bygning til shuntanlæg for at sænke fremløbstemperaturen fra den nuværende fjernvarme.

Det forventes, at der i mange huse skal moderate tiltag til (forøgelse af radiator kapacitet i enkelte rum) for, at det kan lykkes at sænke temperaturen. Det er derfor vigtigt i begyndelsen at kunne køre frem med en højere temperatur end hvad, der forventes på sigt. Det er dog tidligere vurderet at være muligt at sænke temperaturen.

Lavtemperaturområdet vil desuden få 12 procent af sin varme i vintermånederne fra overskudsvarme fra en varmepumpe. I forbindelse med et projekt om grundvandskøling af Gentofte Hospital etableres en varmepumpe, og det er overskudsvarme fra denne, som bidrager til det nye lavtemperaturfjernvarmeområde. For at udnytte overskudsvarmen fra varmepumpen etableres et varmegenvindingsanlæg.

3.1.5 Geding Energi-Spot 2014

I Geding ved Aarhus, forsynes 23 fjernvarmeforbrugere med varme fra en midlertidig, oliefyret central. Det samlede varmebehov for de 23 huse er på 410 MWh

(eksklusive tabet i fjernvarmenettet). Som led i satsningen på vedvarende energi i Aarhus Kommune er Geding, som det første mindre bysamfund i kommunen, udvalgt til en ny fjernvarmeløsning. Stort varmetab i ledningsnettet (ca. 50 procent) har hidtil blokeret for et skifte til vedvarende energi.

Som forudsætning for at kunne gennemføre projektet skal fjernvarmesystemet i Geding ombygges til en mere energieffektiv drift ved en lavere fremløbstemperatur. Ledningsnettet bevares, men alle fjernvarmekunder får installeret en ny fjernvarmeunit, som kan drives ved lave temperaturer. Ombygningen vil betyde lavere omkostninger gennem mindre varmetab og udfasning af olie fra varmforsyningen i Geding.

Indtil nu er der indgået aftale med de fleste fjernvarmeforbrugere om, at de får monteret den nye fjernvarmeunit. Der er tale om en microboosterunit (MBU), som er udviklet af Danfoss og forsynet med en varmepumpe til opvarmning af varmt brugsvand. Unitten finansieres af AffaldVarme Aarhus.



Figur 7 Geding Energi-Spot 2014 logo

Den midlertidige central bruger i dag ca. 93.000 liter fyringsolie, svarende til ca. 900 MWh brændselsenergi. Ombygningen vil betyde reduktion af olieforbruget med ca. 30.000 liter per år (ned til 63.000 liter) og CO₂-udledningen vil herved årligt være reduceret med ca. 80 tons. Til drift af de nye units medgår 6 MWh om året i form af el.

Den samlede besparelse for AffaldVarme Aarhus bliver ca. 200.000 kr. per år inklusive afskrivninger.

Projektet har fået navnet Geding Energi-Spot 2014, og det forventes, at fjernvarmeinstallationerne i alle 23 huse er idriftsat i efteråret 2014. Der afprøves nye og innovative teknologier, så fjernvarmen kan bidrage til energieffektiv og fleksibel varmforsyning af nye boligområder samt landsbyer i "det åbne land" (område 4, dvs. landområder uden for kollektiv forsyning med fjernvarme eller naturgas).

Geding Energi-Spot 2014 støtter forskning og udvikling gennem deltagelse i Energistyrelsens demonstrationsprojekt "Lavtemperaturfjernvarme og varmepumper"

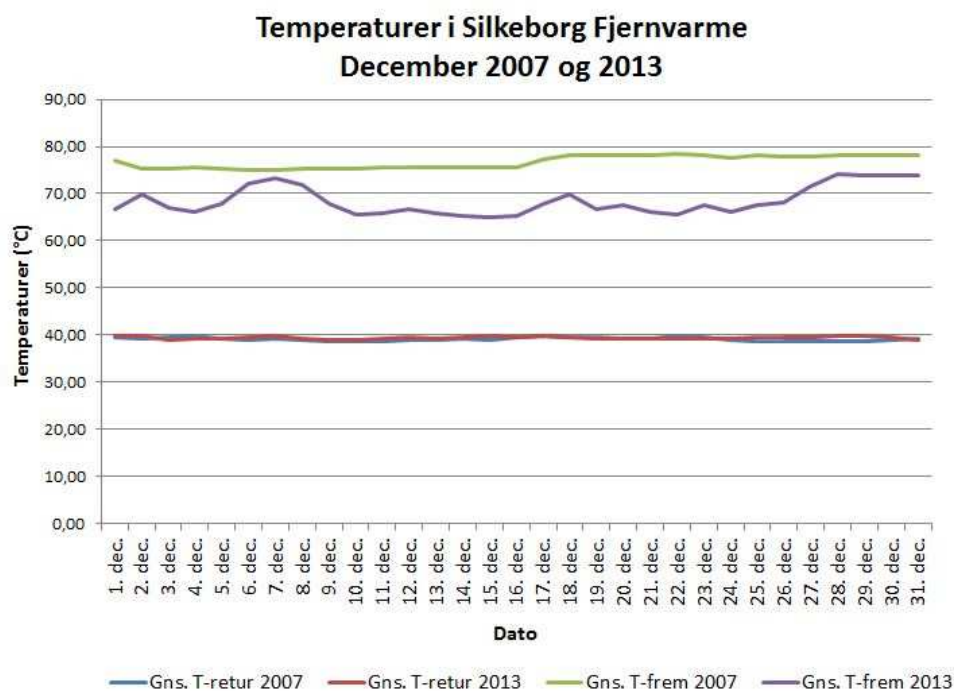
3.1.6 Silkeborg Fjernvarme og Bjerringbro Varmeværk sænker temperaturen

I starten af 2007 påbegyndte Silkeborg Fjernvarme et realtids-temperaturoptimeringsprojekt. I 2008 overgik værket fra traditionel styring af fremløbstemperaturen til online temperaturoptimering.

Online temperaturoptimering har betydet en generel sænkning af fremløbstemperaturen og reduceret det årlige varmetab med 8,5 procent. Anlægget kører 24 timer i døgnet og opererer med den lavest mulige fremløbstemperatur, der sikrer at Silke-

borg Forsynings 10.500 forbrugere altid har minimum den temperatur, som de er blevet garanteret. Figur 8 viser fremløbs- og returtemperaturerne for december 2013 og for december 2007, hvor temperaturoptimeringen endnu ikke var rullet ud.

Ledningsnettet er på 224 km hovedledning og 317 km stikledning, og ved hjælp af software og eksisterende SRO-anlæg er den årlige besparelse på varmetabet 6.000 MWh.



Figur 8 Temperaturer i Silkeborg Fjernvarme for december 2007 og 2013

Ligesom Silkeborg Fjernvarme, har Bjerringbro Varmeværk siden 2009 sænket fjernvarmetemperaturen i nettet. Ved hjælp af TERMIS-temperaturoptimering er temperaturen reduceret med 7 °C, svarende til en reduktion af den gennemsnitlige fremløbstemperatur fra ca. 75 °C til 68 °C. Derudover er andelen af omløb i hele byen blevet reduceret med 40 procent. Der er i forbindelse med udrulning af TERMIS ligeledes blevet installeret fjernaflæsningsmålere inklusive lækagemåling hos forbrugerne.

Anlægget kører 24 timer i døgnet og opererer med den lavest mulige fremløbstemperatur, der sikrer at forbrugerne i Bjerringbro altid har minimum den temperatur, som de er blevet garanteret.

Bjerringbro Varmeværk forsyner 2.110 forbrugere med fjernvarme og ledningsnettet i Bjerringbro er på ca. 50 km hovedledning. Ved hjælp af TERMIS og eksisterende SRO-anlæg er den årlige besparelse på varmetabet ca. 1.800 MWh.

3.1.7 Skanderborg-Hørning og Middelfart

Der udføres to fuldskalaforsøg med optimering af returtemperatur i Skanderborg-Hørning Fjernvarme og Middelfart Fjernvarme ved hjælp af ny softwareløsning til

returtemperaturoptimering (RTO), som en applikation til TERMIS. Det energiteknologiske udviklings- og demonstrationsprogram, EUDP, støtter projektet "Energieffektivisering ved optimering af returtemperatur i fjernvarmesystemer".

Skanderborg-Hørning og Middelfart fjernvarme leverer varme til hhv. 8.500 og 5.000 kunder med fjernaflæste målere. Begge fjernvarmeområder benytter allerede TERMIS til fremløbsoptimering, og det forventes, at RTO vil betyde store brændselsbesparelser for begge værker.

Der er endnu ikke konkrete resultater for projektet, som løber indtil slutningen af 2014.

Initiativer for Skanderborg-Hørning, Middelfart og Silkeborg ovenfor viser, at selvom det ikke er muligt at totalrenovere, som i Albertslund Syd, så er det stadig muligt at foretage sig noget, der har en effekt for fjernvarmetemperaturen. Det gælder både fremløbet og returløbet.

3.2 Nybyggeri

I forbindelse med nybyggeri er det særlig relevant at overveje lavere temperaturer i fjernvarmenettet. På den måde undgår man, at varmetabet i nettet ikke kommer til at udgøre en for stor andel i forhold til det samlede energibehov i nybyggeriet, der ofte vil være lavenergibyggeri.

Lavtemperaturfjernvarme i nybyggeri møder anderledes udfordringer end i den eksisterende bygningsmasse, idet bygningerne og nettet fra starten forberedes til lavere fremløbstemperatur.

Tidligere rapporter f.eks. (Energistyrelsen 2009) viser, at lavtemperaturfjernvarme kan være fuldt konkurrencedygtig med individuelle opvarmningsløsninger, såsom varmepumper til lavenergibyggeri, så længe der er en vis varmedensitet i det planlagte udbygningsområde.

3.2.1 Æblelunden, Hjortshøj ved Aarhus - Lavenergi boliger AAB

AABs nyeste afdeling består af 23 lavenergidobbelthuse (46 boliger), der opfylder energikrav til lavenergiklasse 2020. Beregnet gennemsnitligt varmebehov per bolig er 4,01 MWh (eksklusive tab i nettet).

Boligerne har areal på 4.655 m² (per bolig 86-114 m²). Alle boligerne har gulvvarme, og varmtvandsproduktion sker i varmtvandsbeholdere med supplerende el-patron.



Figur 9 Dobbelthuse i Æblelunden

Husene er ikke koblet på det bestående fjernvarmenet, men der er i stedet lavet et separat varmenet til forsyning af de 23 huse. Varmenettet forsynes af tre store varmepumper (luft/vand), der leverer vand ved ca. 35 °C.

I afdelingen udføres et måleprojekt, der skal give boligforeningen målbare erfaringer med lavtemperatur anlæg og forbrug. Disse erfaringer kan anvendes ved fremtidige lavtemperaturanlæg, herunder også omlægning til lavtemperaturfjernvarme i eksisterende byggeri, hvor der kan være et behov for supplerende varme (el fra solceller, varme fra solpaneler el. lign).



Figur 10 Fjernvarme- og brugsvandsinstallationen i dobbelthusene

I alle huse er der installeret målere, som registrerer fordelingen af varme til gulvvarme og produktion af varmt brugsvand. Der er desuden målere til at registrere elforbruget til at supplere behovet til produktion af varmt brugsvand, da varmepumperne forsyner nettet med kun ca. 35 °C.

Afdelingen har desuden eget solcelleanlæg, der primært leverer strøm til drift af varmepumperne og sekundært til boligerne.

Boligerne ibrugtages i foråret/sommeren 2014.

3.2.2 Lystrup ved Aarhus

Der er udført fuldskalademonstration i byen Lystrup nord for Aarhus. Demonstrationen indeholdt lavenergirækkehuse med 40 boliger og et fælleslokale opført i 2009-2010 af Boligforening Ringgården. Boligerne er på 87-109 m² og det opvarmede areal udgør 4115 m² i alt. Boligerne er indrettet med radiatorer i opholdsrum og gulvvarme i badeværelser.



Der er installeret et ledningsnet med højeffektive dobbeltrørsledninger, en blandeshunt med boosterpumpe i en fælles varmecentral og to typer fjernvarmeunits hhv. med gennemstrømningsveksler (30 stk.) og med fjernvarmebeholder (11 stk.).

Figur 11 Nyetablerede rækkehuse i Lystrup

Lavtemperaturnettet forsynes med varme fra Lystrup Fjernvarmes forsyningsnet, og vha. shunten blandes fremløbet ned til omkring 53 °C i gennemsnit. Der er målt et varmekonsum i boligerne på ca. 230 MWh/år og et varmetab i lavtemperaturnettet på ca. 50 MWh/år svarende til ca. 18 procent. Dette varmetab er ca. 75 procent lavere end hvis, der havde været benyttet traditionelt design med enkeltrørsystem og fjernvarmetemperaturer på 80/40 °C.

Demonstrationen har vist, at lavtemperaturfjernvarme er velegnet som varmekørsyning til lavenergibyggeri. Herudover blev det dokumenteret, at den lave fjernvarmetemperatur fint kan dække rumvarmebehov og produktion af varmt brugsvand.

Demonstrationen har været en del af to EUDP-projekter støttet af Energistyrelsen. Først "*CO₂-reductions in low energy buildings and communities by implementation of low temperature district heating systems. Demonstration cases in EnergyFlexHouse and Boligforeningen Ringgården*" (EUDP08-II, journal nr. 63011-0152), hvor fjernvarmesystemet blev opført, og de første analyser foretaget. Projektperiode: 2009-2010. Dernæst har projektet været en del af "*Fuldskalademonstration af lavtemperaturfjernvarme i eksisterende bebyggelser*", hvor opfølgende analyser og driftsoptimeringer blev gennemført. Projektperiode: 2010-2013. Bygherre: Boligforeningen Ringgården.

3.2.3 Odder

Et nyt udviklings- og demonstrationsprojekt vedrørende ultralavtemperaturfjernvarme er startet op. I projektet udvikles en fjernvarmevarmeunit med gennemstrømningsveksler og indbygget elpatron, og der foretages fuldskalademonstration i 5-10 huse i Odder syd for Aarhus.

Konceptet er, at der leveres fjernvarmevand ved ca. 35-40 °C i forsyningsnettet, og at en elpatron i varmekonsumerens fjernvarmeunit hæver brugsvandstemperaturen de sidste grader typisk til ca. 50 °C. Det forudsættes, at rumopvarmningen er et lavtemperatursystem, typisk gulvvarme. Elpatronen skal bruges (enten på primær- eller sekundærsiden af veksleren) til at "spidse" brugsvandet med de sidste 10-15 grader og kommer energimæssigt kun til at udgøre en mindre del på maks. 5-10 procent af det samlede varmekonsum.

Det overordnede mål er at udvikle og demonstrere et koncept for fremtidens fjernvarmesystem: "5. generations fjernvarme". Med ultralavtemperaturkonceptet kan der opnås et meget lavt varmetab i ledningsnettet, og der vil være mulighed for langt større indpasning af vedvarende energi og spildvarmeressourcer. Endvidere kan effektiviteten på eventuelle varmepumper i fjernvarmesystemet forøges. Elforbruget til elpatronen ses ikke som en ulempe pga. den stigende grad af "grøn" (vindbaseret etc.) el i elsystemet.

Konceptet er også egnet til eksisterende byggeri, hvis der er lavtemperaturrumvarmesystem.

Projekttitel: "Fjernvarmeunit med elpatron til ultralavtemperaturfjernvarme", (EUDP 13-II, journalnr.: 64013-0554). Projektperioden er fra januar 2014 til februar 2016.

Projektpartnere: Odder Varmeværk A.m.b.A., Danfoss A/S, Teknologisk Institut og COWI A/S.

3.2.4 Østre Hageby, Stavanger, Norge

Et lavtemperatur- nærvarmenet til 66 passivhusboliger i en blanding af rækkehuse og boligblokke. Varmeforsyningen er baseret på varmepumper med borehuller i fjeldet. Et lille lokalt rørsystem forsyner boligerne med varme fra varmecentralen med varmepumpen. Hver bolig har sin egen fjernvarmeunit med gennemstrømningsvandvarmer. Lavtemperatur-nær-/fjernvarmekonceptet er ideelt til bebyggelsen, idet de centrale varmepumper kan nøjes med at levere en lav temperatur. Herved kan der opnås en højere virkningsgrad (energieffektivitet). Lavtemperatursystemet idriftsættes i 2014.

Opvarmet areal: 6.800 m²

Bygherre: INEO Eiendom

Projektpartnere: AC ENKO, COWI Norway og COWI A/S.

3.3 Interesse fra vidensinstitutioner, støtteprogrammer og energibranchen

Ud over de mange initiativer for at etablere lavtemperaturfjernvarme, både i eksisterende og nye bebyggelser, er der interesse for konceptet fra andre vinkler.

Videns- og uddannelsesinstitutioner melder sig på banen med forskning og udvikling af konceptet. Der er oprettet et internationalt strategisk forskningscenter under Aalborg Universitet, kaldet 4DH (4. generationsfjernvarme). Forskningscentret er støttet af Det Strategiske Forskningsråd og har fokus på 4. generationsfjernvarme (lavtemperaturfjernvarme) fra komponenter til implementering. Forskningscentrets arbejde består bl.a. i en række igangværende ph.d.- afhandlinger.

Interessen for 4. generationsfjernvarme, herunder lavtemperaturfjernvarme, er også til stede blandt undervisere og studerende på andre universiteter, som f.eks. Ingeniørhøjskolen Aarhus Universitet og DTU Byg.

Som det fremgår af projektreferencerne for både den eksisterende bygningsmasse og for nybyggeri har der været og pågår der en række andre initiativer vedrørende lavtemperaturfjernvarme med støtte fra EUDP.

I energibranchen har leverandører interesse i markedspotentialt for lavtemperaturfjernvarme. Der sker udvikling af bl.a. fjernvarmeunits, som er forberedt til de lave driftstemperaturer.

3.4 Opsummering af de kendte initiativer

Eksemplerne på lavtemperaturfjernvarme, som er beskrevet i de foregående afsnit, viser både en stor interesse for lavtemperaturfjernvarme og en stor mangfoldighed i de allerede kendte initiativer. I Tabel 1 og Tabel 2 på de efterfølgende sider er initiativerne kortfattet gengivet for henholdsvis eksisterende bygningsmasse og ny-byggeri.

Det er især positivt med den store interesse for lavtemperaturfjernvarme, når det må forventes, at der vil opstå udfordringer med etableringen af konceptet. I kapitel 4 er der sat fokus på en del af de udfordringer, som kan forekomme. Efterfølgende ses der på forskellige muligheder for etablering af konceptet, når der tages højde for de udfordringer, som kan opstå.

Sted	Albertslund Syd	Sønderby, Høje Taastrup	Skjoldhøjparken, Tilst	Gentofte
Projektets oprindelse	Albertslund Forsyning	EUDP-projekt	EUDP- projekt	Gentofte Fjernvarme
Bygning og varmeinstallation				
Antal huse og type	544 rækkehuse og 1.000 gårdhuse i Syd samt	75 parcelhuse	8 parcelhuse på samme gade	Boligområde med tæt-lav bebyggelse
Etableringsår	1963-1968	1997-1998	1970'erne	-
Areal stk./areal total	-	110-112 m ² / 11.230 m ²	108-178 m ² / 1.050 m ²	-
Opvarmningsform	Radiatorer og gulvvarme	Gulvvarme	Radiatorer	Radiator
Renoveringsomfang	Total renovering	Ingen renovering	Enkelte energirenoveringstiltag	Der forventes behov for moderate tiltag i mange af husene (forøgelse af radiatorkapacitet mv.)
Fjernvarmeunit	Ny højeffektiv unit ved lave temperaturer	Ny unit med gennemstrømningsveksler	Udskiftning af enkelte units og tilpasning af enkelte eksisterende varmeanlæg	-
Forventet reduktion af varmebehov	Reduceret med ca. 60 %	Ingen reduktion	-	-
Ledningsnet og nettab				
Designtemperatur	50/25 °C	55 °C frem	60 °C frem (enkelte perioder behov for 65 °C)	Gradvis sænkning af fremløbstemperatur med behov for at kunne øge i enkelte perioder
Udskiftning/renovering af ledningsnet	Udskiftning af eksisterende mineraluldisolerede ledninger i krybekældre med præisolerede rør serie 3. Blandeshunt, der udnytter returvarmen fra Albertslund Vest	Udskiftning af eksisterende net med højeffektive dobbeltrør. Blandeshunt med 3-vejs ventil og boosterpumpe. Omkring 80 % af varmebehovet dækkes af returvand fra naboområde.	Blandeshunt for enden af gaden og forsøg med at sænke temperatur i eksisterende net. Efterfølgende udskiftning af net til effektive dobbeltrør	Behov for udskiftning af eksisterende net, samt etablering af bygning til shuntanlæg. 12 % af varmebehov i vintermånederne fra varmepumpe via varmegenvindingsanlæg
Forventet reduktion af nettab	Reduceret med 50 %	Reduceret fra 41 % til 13 %, svarende til 555 MWh/år.	Reduceret fra 28 % til 12 %, svarende til en reduktion på 63 %.	-
Tabel fortsættes på næste side				

Sted	Geding, ved Aarhus	Silkeborg	Bjerringbro	Skanderborg-Hørning/Middelfart
Projektets oprindelse	AffaldVarme Aarhus	Silkeborg Fjernvarme	Bjerringbro Varmeværk	EUDP-projekt
Bygning og varmeinstallation				
Antal huse og type	23 varierende huse i mindre landsby	10.500 fjernvarmekunder	2.110 fjernvarmekunder	Skanderborg-Hørning: 8.500 Middelfart: 5.000
Etableringsår	-	-	-	-
Areal stk./areal total	(total årligt varmebehov 410 MWh, ekskl. nettab)	-	-	-
Opvarmningsform	-	-	-	-
Renoveringsomfang	-	-	-	-
Fjernvarmeunit	Installation af microboosterunit. Unit inkl. varmepumpe til varmt brugsvand	-	-	-
Forventet reduktion af varmebehov	-	-	-	-
Ledningsnet og nettab				
Designtemperatur	-	Generel sænkning af temperatur.	Reduktion af fremløbstemperatur på 7 °C, svarende til reduktion af gennemsnitslig fremløbstemperatur fra ca. 75 °C til 68 °C	-
Udskiftning/renovering af ledningsnet	Ombygning af fjernvarmesystem, hvor eksisterende net bevares, men nye units	Realtids- og online-temperaturoptimering. 224 km hovedledning og 317 km stikledning	75 km hovedledning. Omløb i nettet reduceret med 40 %, og installation af fjernaflæsningsmålere og lækagemåling hos forbrugere.	Eksisterende TERMIS-fremløbsoptimering i begge fjernvarmeområder. Implementering af applikation til returtemperaturoptimering
Forventet reduktion af nettab	Nuværende tab (ca. 50 %) forventes reduceret væsentligt. Forventet besparelse 200.000 kr. årligt som følge større effektivitet og lavere nettab	Årlig besparelse på varmetabet, 6.000 MWh, svarende til 8,5 %	Årlig besparelse på varmetabet, 1.800 MWh	Forventet store brændselsbesparelser for begge værker

Tabel 1 Opsummering af kendte initiativer – Eksisterende byggeri

Sted	Æblelunden, Hjortshøj ved Aarhus	Lystrup ved Aarhus	Odder	Østre Hageby, Stavanger i Norge
Projektets oprindelse	Arbejdernes Andelsboligforening	EUDP-projekt	EUDP-projekt	INEO Eiendom
Bygning og varmeinstallation				
Antal huse og type	23 dobbelthuse (46 boliger).	40 lavenergirækkehuse og fælles-lokale	5-10 huse	66 boliger fordelt på rækkehuse og boligblokke
Etableringsår	2013/2014	2009/2010	-	-
Areal stk./areal total	86-114 m ² / 4.655 m ²	87-109 m ² / 4.115 m ²	-	Areal total 6.800 m ²
Opvarmningsform	Gulvvarme	Radiatorer og gulvvarme i badeværelse	Der forudsættes lavtemperatursystem for projektet, typisk gulvvarme	-
Fjernvarmeunit	Unit med varmtvandsbeholder og elpatron	2 typer: 30 stk. med gennemstrømningsveksler 11 stk. med varmtvandsbeholder	Udvikling af unit med gennemstrømningsveksler med indbygget elpatron til at hæve brugsvands-temperaturen	Unit med gennemstrømningsvandvarmer
Energiklasse	Lavenergiklasse 2020	-	Det forventes at systemet også kan benyttes ved eksisterende byggeri med f.eks. gulvvarme	Passivboliger
Ledningsnet og nettab				
Design temperatur	35 °C fremløb	Ca. 53 °C fremløb i gennemsnit	35-40 °C	-
Varmekilde	3 store varmepumper (luft/vand), med eget solcelleanlæg til primært at levere strømmen til varmepumperne	Lystrup Fjernvarme	Odder Varmeværk A.m.b.A.	Varmepumper med borehuller i fjeldet
Ledningsnet	Separat ledningsnet til de 23 huse	Højeffektive dobbeltrør og blandedshunt med boosterpumpe i fælles varmecentral	-	Nærvarmenet
Forventet nettab	-	18 %, svarende til 75 % lavere end ved traditionelt design med enkelttrør og temperatursæt på 80/40 °C	Formålet med projektet er at udvikle og demonstrere fremtidens fjernvarme, "5. generation", med ekstremt lave nettab	-

Tabel 2 Opsummering af kendte initiativer – Nybyggeri

4 Udfordringer

Planlægning, udvikling og implementering af lavtemperaturfjernvarme i eksisterende forsyningsområder vil potentielt møde udfordringer af teknisk, økonomisk og lovgivningsmæssig karakter.

Rapporten har fokus på fire teoretiske områder, der potentielt vil møde udfordringer ved etablering af lavtemperaturfjernvarme. Projektgruppen har gennem dialog og erfaringsudveksling identificeret udfordringerne, som det er valgt at arbejde videre med.

- › Eksisterende bygningsmasses effektforhold og afkøling.
- › Legionella i varmt brugsvand.
- › Eksisterende fjernvarmenet.
- › Planlægning.

Udfordringerne i de fire områder beskrives nedenfor, hvor der også for hvert område gives forslag til tiltag, der kan være med til at fremme etableringen af lavtemperaturfjernvarme.

4.1 Eksisterende bygningsmasse

Den eksisterende bygningsmasse er en væsentlig udfordring for etablering af lavtemperaturfjernvarme. En given bygning skal energimæssigt og gennem dens installationer være i stand til at yde tilfredsstillende rumopvarmning og brugsvandsopvarmning ved lavere temperaturer fra fjernvarmenettet, end bygningernes varmeinstallationer er designet til.

Det vil ofte kræve omfattende indgreb i bygningen:

- › Energirenovering af bygningens klimaskærm.
- › Udskiftning eller supplering af varmeinstallationerne.

- › Udskiftning af fjernvarmetilslutningsanlægget.

Det siger sig selv, at så omfattende indgreb først kan komme på tale, når bygningen er nedslidt og utidssvarende, og selv da vil indgrebet kræve stor planlægning, stort kapitalbehov og vilje/fremsynethed fra bygningsejeren.

Erfaringerne viser da også

- › at "pengene ikke kommer hjem igen" gennem energibesparelser og energisparelser
- › at der hos bygningsejer/bruger ligger en barriere i at værdsætte en energibesparelse og et forbedret indeklima på samme måde, som man værdsætter f.eks. et nyt køkken
- › at ejendomme "løbende renoveres/vedligeholdes" gennem småprojekter, uden der nødvendigvis skeles til de energipolitiske energisparemål
- › at ejendomme ofte renoveres uden dialog med energiselskaberne (bortset fra aftale om energispareydelsen)
- › at energiselskaber og værker ikke (eller kun i begrænset) omfang oplyser bygningsejerne om de langsigtede gevinster ved planlægning af en gennemgribende bygningsrenovering, så der kan opnås en lav returtemperatur til nettet. Det ideelle mål for returtemperaturen vil være en temperatur på 25-30 °C.

Erfaringen viser, at gennemgribende renoveringer af fjernvarmeinstallationer er udført mange gange, men at det er omkostningstungt for ejeren. Hvis ikke penge var en barriere, kunne man efterisolere klimaskærmen optimalt og opdatere varme-anlægget til lavtemperaturfjernvarme.

Alligevel viser afsnit 3.1 eksempler på, at der allerede er taget mange gode initiativer til etablering af lavtemperaturfjernvarme – eller væsentlig sænkning af temperaturerne - i den eksisterende bygningsmasse, og at det kan lade sig gøre.

Der er forskellige tekniske løsninger i forskellige bygningstyper, og derfor opdeles den eksisterende bygningsmasse i de fire kategorier nedenfor:

- › En- og tofamiliehuse samt rækkehuse.
- › Etageboliger (almene boliger, ejerlejligheder, andelsboliger og private udlejningsboliger).
- › Offentlige bygninger.
- › Industri- og erhvervsbygninger.

Det er en stor udgift for en privatperson at skulle energirenovere og/eller optimere sin bolig til lavere fjernvarmetemperaturer. Derfor kan det også være svært for ejeren at se fordelene, idet tilbagebetalingen, i form af lavere udgifter til varme, sker

over en meget lang periode. Der er altså mere tale om et spørgsmål om økonomi end en egentlig udfordring på det tekniske område. Det står derfor klart, at en del af løsningen kunne være en finansieringsordning, som er nævnt i afsnit 5.3.

Etageboliger og offentlige bygninger har større organisationer, ejerforeninger eller lignende bag. I boligforeninger betyder det bl.a., at der henlægges midler til gennemgribende renoveringer af bygningerne med passende mellemrum. I det offentlige er der stor interesse for energirenoveringer, omend det stadig kniber med finansieringen heraf.

Ved gruppen industri- og erhvervsbygninger kan forholdet mellem ejer og lejer bliver en udfordring, hvis hverken ejer eller lejer tager ansvar for energiforbruget. Hos ejerne kan der opstå en holdning til, at når bare der er lejere til at betale fjernvarmeregningen, er det ikke af den store betydning for ejeren, hvor effektiv bygningen er.

Finansiering af nødvendige tiltag i bygningerne for lavtemperaturfjernvarme er især en udfordring for privatejede bygninger. Da der imidlertid allerede sker meget inden for de offentlige bygninger og boligforeningerne, kan der drages nytte af den erfaring, der er gjort her. Kun når alle bygninger i et givet fjernvarmenet er egnede til lavtemperaturforsyning, opnås det fulde udbytte i form af lavere nettab og mere effektiv varmeproduktion. Derfor bør fokus især rettes mod løsninger for private bygninger.

4.1.1 Finansiering af ombygninger og installation

Som nævnt sker der i boligforeninger en opsparring via henlæggelsesordninger, så der er penge til at renovere for. Eksempelvis hvert 30. år kan bygningen gennemgå en større renovering som ombygning fra enstrengede til tostrengede anlæg, der er nødvendigt, hvis bygningen skal forsynes med lavtemperaturfjernvarme.

Det er interessant at lege med tanken om en lignende ordning for de private boliger/bygninger. Det kunne være en "bunden opsparring" i private boliger som administreres af ejer, grundejerforening, fjernvarmeselskab eller andet på lige fod med boligforeninger. Noget lignende er kendt fra f.eks. asfaltering af privatveje.

I afsnit 5.3 nævnes en mulighed for at flytte leveringsgrænsen for at afhjælpe finansieringen af ny fjernvarmeinstallation "up front". Denne mulighed kunne benyttes ved private og industrien. Samtidig kan forsyningsselskabet sørge for driften og vedligeholdelsen af fjernvarmeinstallationen for at sikre den mest optimale indstilling af installationen, som nærmere beskrevet i afsnit 5.1. Denne ordning kan eventuelt også påføres interne ledninger i jord ved boligforeninger mv., hvor forsyningsselskabet overtager og vedligeholder ledningerne.

4.2 Legionella

Ved planlægning og implementering af lavtemperaturfjernvarme er det naturligvis væsentligt at sikre, at lavtemperaturfjernvarme ikke betyder større legionellarisiko end traditionel fjernvarme. Udfordringerne ligger ikke mindst i den måde tilslut-

ningsanlæg og de interne bygningsinstallationer for varmt brugsvand er opbygget og drives på.

4.2.1 Forskning i legionellarisiko

Dansk Fjernvarme har i 2010 bevilliget midler til et projekt med titlen "Fjernvarmeanlæg med lavtemperatur – uden legionellaproblemer", hvor det konstateres, at legionellaproblemet er relevant og fortsat skal have stor opmærksomhed. Undersøgelsen konkluderer, at der er problemer med bakterier i bygningsinstallationer for varmt brugsvand, specielt ved "døde ender" som f.eks. bruserslanger. Undersøgelsen fokuserer meget på tilslutningsanlæg med varmtvandsbeholder og kun i mindre grad på gennemstrømningsløsninger.

Som følge af undersøgelsen er det projektdeltagernes opfattelse, at der især bør følges op på de muligheder, der er for en nedsættelse af temperaturen i små installationer med varmeveksler og et vandindhold på maks. tre liter. Som overbygning til undersøgelsen ovenfor, måler varmeforsyningsselskaberne i fem byer derfor omfanget af legionellabakterier i testopstillinger af brugsvandsinstallationer. Testopstillingerne svarer til størrelsen af en installation i et enfamiliehus. Der måles på to testopstillinger i hver by, ved en fremløbstemperatur på henholdsvis 45 °C og 52 °C. De fem byer, der sammen med Teknologisk Institut selv har taget initiativ til undersøgelsen, er Aarhus, Albertslund, Roskilde, Fredericia og Esbjerg. På baggrund af undersøgelsen forventer projektdeltagerne, at de vil rette henvendelse til normudvalg omkring legionellarisiko, med reference i brugen af tyske regler og lavtemperaturfjernvarme.

4.2.2 Reduktion af vandvolumen

For lavtemperaturfjernvarme vil det alt andet lige være en fordel at producere det varme brugsvand så tæt på tapstedet som muligt, hvilket peger på løsninger med gennemstrømningsvandvarmere. Der findes allerede i dag "50/20 °C" gennemstrømningsvekslere, designet efter tyske regler (DVGW W551), hvor der stilles krav til bl.a. små vandmængder i veksleren (der enten er "varm" eller "kold") samt korte afstande til tapstederne.

De danske normer bevæger sig generelt inden for anlæg med brugsvandsbeholder og er derudover normalt ikke opdelt i små og store anlæg. Det betyder altså, at det i højere grad er regler/anbefalinger for store anlæg, der er bestemmende for standarden.

En dansk afklaring af om de tyske regler (DVGW W551) kan følges i forbindelse med lavtemperaturfjernvarme kunne være ønskelig. I forhold til vandvolumen i brugsvandsinstallationen kan forsyningsselskabet således vælge at følge den tyske standard på området, hvor det bl.a. er et krav, at der ikke er mere end tre liter vand i brugsvandsinstallationen fra vandvarmeren til tapstederne. Standarden peger på, at der kun er risiko for legionella, i bebyggelser større end en- og tofamiliehuse. I den sammenhæng kan det anbefales at installere varmtvandsvarmevekslere i det enkelte lejemål, for at undgå de store mængder vand i varmtvandsforsyningen.

4.2.3 Udvikling af løsningsmodeller

Før man kan komme til bunds med udfordringer med legionella i det varme brugsvand, er der behov for fakta på området, der skal komme gennem yderligere forskning. Dog er det kendt, at tilsættes der klor til brugsvandet, belyses dette med UV-lys, eller installeres der en filterløsning, kan legionella "undgås". Andre muligheder, som for eksempel periodevis ophedning af varmtvandsbeholder og brusearmaturer, der automatisk tømmes, når de ikke er i brug, som bl.a. bruges i Norge, kan også inddrages i viften af løsningsmuligheder.

Ud over virkemidlerne med behandling af brugsvandet ovenfor, er der også spændende perspektiver i et samarbejde, hvor boligselskab og fjernvarmeforsyning i fællesskab løser risikoen for legionella.

4.3 Eksisterende fjernvarmenet og komponenter

Eksisterende fjernvarmenet kan give udfordringer for etablering af lavtemperaturfjernvarme.

Hvis et eksisterende net bibeholdes og overgår til lavtemperaturdrift, eller snarere blot en sænkning af fremløbstemperaturen, vil den mindre temperaturdifferens give behov for øget vandflow gennem nettet, hvis returtemperaturen forbliver uændret. Det kan føre til øget pumpebehov i området, hvorved noget af fordelene ved det lavere varmetab bruges på et øget forbrug af el til pumperne. Disse forhold kan kortlægges på forhånd vha. hydrauliske beregninger, og erfaringen viser, at der i de fleste tilfælde opnås løsninger, som er mere energiøkonomiske end den hidtil anvendte praksis med traditionelle temperaturer. Se f.eks. omtalen af forholdene i Silkeborg, Bjerringbro og Skanderborg i afsnit 3.1.6 og afsnit 3.1.7.

En anden løsning, som anvendt i Albertslund Syd, er at etablere et nyt net designet til de renoverede bygninger, der findes i et afgrænset område, som beskrevet i afsnit 3.1.1. Det kan være nødvendigt at opføre et bygværk til installation af shuntanlæg til delområder, hvor der foretages en blanding af fremløbet med koldere returvand for at opnå den ønskede lavere fremløbstemperatur. Der kan ligge en udfordring i at få indpasset sådanne bygværker i gadebilledet.

Den ultimative løsning vil være at udskifte det eksisterende net i et stort område, der ønskes forsynet med lavtemperaturfjernvarme, og som tilsluttes direkte til områdets varmeproducerende anlæg. Herved kan også produktionsanlægget udnytte den fulde fordel af de lave temperaturer, idet det opnås bedre udnyttelse af energien i f.eks. et solfangeranlæg, industriel overskudsvarme eller kraftvarme.

Som det ses, er der mange muligheder for at gennemføre en etapevis konvertering til lavtemperaturforsyning over en årrække, i takt med varmekundernes evne til at anvende lavere temperaturer og værkets og brugernes økonomiske formåen til de nødvendige investeringer.

Ved et nyt net udlagt for lave temperaturer kan det i korte vinterperioder med særligt høje varmebehov være nødvendigt at hæve fremløbstemperaturen i nettet for hele området, for at undgå særligt høje tryktab, som kræver ekstra pumpearbejde

og evt. støj i rørene. Dette er mere økonomisk end at udlægge ledningsnettet for større dimensioner, som ville betyde en større investering og større varmetab i resten af året.

Alternativt kan det evt. være relevant at installere en lokal varmepumpe hos særligt udsatte forbrugere med behov for højere temperaturer i gennem længere perioder, som beskrevet i afsnit 5.3. En anden mulighed er en fjernvarmeunit med fjernvarmebeholder på primærsiden, som der er installeret i det omtalte projekt i Lystrup, se afsnit 3.2.2.

4.4 Planlægning

Med langsigtede ændringer af fjernvarmeforsyningen er omhyggelig planlægning et særdeles vigtigt redskab for at opnå de ønskede resultater med hensyn til reduktion af forbruget af fossile brændsler til mere bæredygtige energikilder.

Kun ved at give brugerne fyldestgørende informationer om forsyningsselskabets langsigtede planer har bygningsejere og brugere mulighed for selv at opstille egne målsætninger og lægge konkrete planer for finansiering af eventuelle energirenoveringer og udskiftning af fjernvarmeinstallation.

Implementering af lavtemperaturfjernvarme i eksisterende fjernvarmeområder kan give større udfordringer end ved etablering af nye fjernvarmeområder. Det er væsentligt, at lavtemperaturfjernvarme tænkes ind som en del af løsningen, når naturgasområder konverteres til fjernvarmeforsyning.

Ved etablering af nye boligområder skal lavtemperaturfjernvarme planlægges tidligt, så nettet anlægges allerede i byggemodningsfasen. Lavtemperaturfjernvarme konkurrerer i nye udstykningsområder ofte med individuelle løsninger som for eksempel varmepumper. For at sikre at lavtemperaturfjernvarme vælges, er det væsentligt at forsyningsselskabet fortæller den gode historie om fjernvarme som den grønne løsning, samt at forsyningsselskabet til stadighed sikrer, at fjernvarmen er konkurrencedygtig på pris.

4.4.1 Informations- og formidlingsstrategi

Det anbefales, at der sammen med planlægningen prioriteres udarbejdelse af en informations- og formidlingsstrategi for, hvordan, og ikke mindst hvornår, lavtemperaturfjernvarme ønskes gennemført i et givent område. Ansvar for planlægningen af lavtemperaturfjernvarme ligger hos forsyningsselskabet, herunder altså også ansvaret for at informere fjernvarmeforbrugere om planlagte projekter. Information skal ske til alle bygningsejere og brugere i det berørte område.

Ved at værkerne åbent og i god tid informerer om planlagte projekter, giver det bygningsejere og brugere større mulighed for fremadrettet at træffe nødvendige beslutninger for at kunne følge implementeringen af lavtemperaturfjernvarme. Forsyningsselskabet kan f.eks. løbende opdatere de tekniske og almindelige betingelser, og det foreslås, at der bør arbejdes med flere versioner, herunder de aktuelle betingelser og forventede nye med en tidshorisont på f.eks. 5, 10, 15 og 20 år.

Ligeledes kan værkerne informere om planlagte finansieringsordninger, eksempelvis hvis værkerne tilbyder finansiering, drift og vedligehold af units, se afsnit 5.1.

Rettes blikket mod spildevandssektoren, er der her et godt eksempel på, hvordan langsigtet formidling har været med til øget accept af indførelsen af separatkloakering, der mange steder kan have haft betydelige økonomiske udgifter for den enkelte bygningsejer. I og med at bygningsejeren i lang tid i forvejen er blevet informeret om separeringen, har denne været forberedt på de økonomiske konsekvenser.

Et virkemiddel til at opnå accept af etablering af lavtemperaturfjernvarme kan være at lægge vægt på de fordele, som fjernvarmebrugeren kan opnå ved at blive forsynet med lavtemperaturfjernvarme. I afsnit 5.3 er kosttætte tariffer og bonusordninger for lavtemperaturfjernvarme samt lav returtemperatur beskrevet. Yderligere kan der tilbydes rådgivning og finansieringsordninger som virkemidler.

Her kan også findes inspiration i mange af de tilbud, der opstod i forbindelse med den store udbygning af fjernvarmeforsyningen, som fulgte efter energikrisen i 1970'erne. Eksempelvis blev der lavet ordninger, som indebar, at forsyningsselskabet kunne tilbyde kommende kunder et interim oliefy, hvis kundens eget gik i stykker kort tid før fjernvarmen nåede frem til den pågældende kunde. Tilsvarende kunne værket overtage en kundes relativt nye fyr, når fjernvarmen var klar, og tilbyde dette til ovennævnte kommende kunder.

4.4.2 Langsigtet – men hvor langt?

Energirenovering af bygninger kræver stor indsats og planlægning af bygningsejer og bruger og er ofte forbundet med store udfordringer med hensyn til finansiering. "Muligheden" for at energirenovere en bygning kommer måske således kun, når det "passer ind i" bygningsejers og brugers planer – måske hvert 20. eller 30. år!

Således er det væsentligt, at forsyningsselskabet angiver en retning eller en ramme, som forsyningsselskabet sigter mod, for at bygningsejere og forbrugere ved, hvad der kan forventes af fjernvarmen i kommende år. Ligeledes er det væsentligt, at forsyningsselskabet er aktiv i det opsøgende arbejde med at rådgive bygningsejere og forbrugere om målene med den fremtidige varmeforsyning.

Der kan defineres ønsker for fjernvarmen 10-20 år ud i fremtiden. Samtidig kan der specificeres en kortsigtet planlægning på 5-10 års basis, herunder konkrete projekter 2-3 år frem. Forsyningsselskaberne bør herudover naturligvis også overveje at sænke temperaturen løbende.

5 Perspektiver

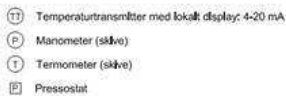
Rapporten har indtil videre beskrevet en bred palette af allerede kendte initiativer inden for lavtemperaturfjernvarme og gennemgået en række af de udfordringer, som implementering af lavtemperaturfjernvarme potentielt vil møde.

Som nævnt i starten af rapporten er Danmark allerede langt med udviklingen, men der er et stort behov for, at den videre udvikling fortsætter. Ikke mindst for at opnå nationale mål for en fossilfri energiforsyning, men også for at udfordringerne, som beskrevet, minimeres så lavtemperaturfjernvarme gøres nemmere tilgængelig for fjernvarmeforsyninger såvel som fjernvarmeforbrugere.

I kapitel 5 beskrives projektgruppens anbefalinger til videreudvikling, og hvor der vil være behov for undersøgelser. Det berøres desuden, hvordan myndighederne kan bidrage til, at lavtemperaturfjernvarme promoveres. Endelig er der listet en række muligheder for etablering af lavtemperaturfjernvarme i eksisterende fjernvarmeforsyning.

5.1 Anbefalinger til videreudvikling og behov for undersøgelser

Et lavtemperaturfjernvarmeområde forsynes typisk fra det eksisterende ledningsnet via en shunt. Etablering af et overjordisk shuntskab giver den bedste løsning driftsmæssigt, men giver ofte udfordringer i forhold til indpasning i bybilledet. Der er således behov for at udvikle en optimal shuntløsning, som værkerne kan købe som hyldevare og anvende (samt flytte og genanvende) som en nem og billig standardløsning. Shuntløsningen kan være med til at minimere udfordringerne ved etapevis udvidelse af lavtemperaturfjernvarme. Figur 12 viser et diagram for en shunt i overjordisk skab.



Figur 12 Diagram for shunt etableret i overjordisk skab

Det er tidligere i rapporten beskrevet, at der især i den eksisterende bygningsmasse kan opstå økonomiske udfordringer i forbindelse med etablering af lavtemperatur-fjernvarme. Der vil i mange tilfælde bl.a. være behov for investering i en ny højeffektiv fjernvarmeunit til de lavere temperaturer, og i den forbindelse er der behov for at videreudvikle løsninger eller retningslinjer for ordninger, hvor forsyningsselskabet finansierer fjernvarmeuniten.

Det betyder, at ejerforholdet ændres fra at være forbrugeren til, at det under en sådan ordning er forsyningsselskabet, der ejer unitten. Det kan også være en ordning, hvor forbrugeren kan betale unitten af via varmeregningen og dermed gradvist over en årrække overtager ejerforholdet af unitten. Det er forskelligt fra sted til sted hvilken ordning, der vil være mest hensigtsmæssig at benytte, og der er behov for undersøgelser på området for at klarlægge, hvordan den bedst mulige løsning for alle parter vælges.

I forlængelse af ovennævnte er der også behov for undersøgelser af, om en finansierungsordning bedst betaler sig sammen med en ordning, hvor forsyningsselskabet desuden tilbyder at drive og vedligeholde fjernvarmeunitten. Idéen er, at forsyningsselskabet får mulighed for at sikre, at forbrugerens fjernvarmeinstallation er korrekt indstillet. Det er set i kapitlet om de kendte initiativer, at forsyningsselskaber flere steder har sænket den gennemsnitlige fremløbstemperatur, men der er ligeledes et behov for, at returtemperaturen følger med ned for optimal udnyttelse af forsyningsselskabets fordele ved lavtemperaturfjernvarme.

Der sættes med undersøgelserne fokus på rådgivning forud for valg af unit og rådgivning om, hvordan unitten indstilles og opereres. Det bemærkes, at fordi leveringsgrænsen ændrer sig, er der ikke nødvendigvis også behov for, at ejerforholdet skifter fra fjernvarmeforbrugeren til forsyningsselskabet. Det er netop denne debat om, hvordan den bedste ordning for alle findes, der skal undersøges.

Når et forsyningsselskab vælger at gå ind i finansiering og drift af fjernvarmeuniten reguleres rammerne og mulighederne af Varmeforsyningsloven, hvor der bl.a. stilles krav om at forsyningsselskabets takster er kostægte, at der er mulighed for prisdifferentiering mellem forbrugere og at forsyningsselskabet medvirker til gen-

nemførelse af energibesparelser mv. En række forsyningsselskaber har allerede indført muligheden for at finansiere og overtage drift og vedligehold af fjernvarmeenheden, eksempelvis:

- › Næstved Varmeværk A.m.b.a.
- › Skive Fjernvarme A.m.b.a.
- › Rønne Vand og Varme A.m.b.a.
- › Sønderborg Fjernvarme A.m.b.a.
- › Høje Taastrup Fjernvarme A.m.b.a.

Forsyningsselskaberne efterspørger videreudvikling af lavtemperaturfjernvarmesystemer (og fjernvarmesystemer generelt) med henblik på at nedbringe materiale- og anlægsmkostninger. Det vurderes, at de hidtil implementerede initiativer ikke har været billigere i materiale og anlæg end traditionel fjernvarme. I forhold til rørene og komponenterne er det leverandørerne, der skal videreudvikle systemerne, men det er samtidig vigtigt, at der fortsat er fokus på høj kvalitet af rørene og komponenterne. I nye udstykningsområder er der flere eksempler på økonomiske besparelser ved benytte graveentreprenøren, der allerede arbejder i området, til også at udføre gravearbejde i forbindelse med ledningsarbejdet.

Hvis der er mulighed for over tid at sikre, at alle i et byområde overgår til lavtemperaturfjernvarme, vil etableringen alt andet lige blive nemmere. Det er i tråd med den langsigtede planlægning, som rapporten tidligere var inde på. Her kan det undersøges hvilke virkemidler, der er mest hensigtsmæssige til at sikre dette.

5.2 Myndighedernes rolle

I det gældende bygningsreglement (BR10) kan det være svært for fjernvarmen at konkurrere på lige fod med f.eks. varmepumper og solceller i energirammeberegningen, når der er tale om lavenergibyggeri. I energirammeberegninger betragtes bygninger individuelt, og i og med at fjernvarme er et kollektivt system (med god samfundsøkonomi), er der en tendens til begunstiggelse af solceller og individuelle varmepumper i situationen, hvor bygningen har behov for ekstra tiltag i energirammeberegningen for at kunne leve op til klassificering som lavenergibyggeri.

Fjernvarmen regnes med en faktor 0,8, men burde i højere grad afspejle et emissionsstal som et vægtet gennemsnit for forsyningsselskaberne.

BR10 er uklar på områder om, hvornår et byggeprojekt på en eksisterende bygning (tilbygning/ombygning/installationer) er forpligtet til at leve op til en given energiramme. Med hjælp fra BR10 kunne lavtemperaturfjernvarme møde stor hjælp, hvis der ved renoveringer (bygning/installationer) eller tilbygning meget klart blev stillet krav om at leve op til gældende energiramme. Derved forhøjes potentialet for at energirenovere og etablere lavtemperaturfjernvarme i den eksisterende bygningsmasse.

Et andet og lidt anderledes område, hvor myndighederne kan have betydning for lavtemperaturfjernvarme, er den branding der sker af miljøtiltag. Det er langt nemmere at brande tiltag som etablering af solceller end de skjulte rørsystemer i

jorden. Der ønskes et større fokus på den gode historie om energibesparelser og udnyttelse af en bred vifte af varmekilder, som lavtemperaturfjernvarme kan bidrage til. Rapporten beskriver vigtigheden af langsigtet planlægning og formidling, som er væsentlig at forsyningsselskaberne udfører. Også her kan myndighederne bidrage, herunder lokalt og nationalt.

5.3 Liste af muligheder

Nedenfor er listet en række forslag og gode råd til etablering af lavtemperaturfjernvarme, som både omfatter tekniske og administrative virkemidler:

- › Opdatere tekniske og almindelige bestemmelser. Forsyningsselskabet kan opdatere betingelserne med en tilføjelse om lavtemperaturfjernvarme og krav til returtemperaturen. Det foreslås, at der bør arbejdes med flere versioner, herunder de aktuelle betingelser og forventede nye med en tidshorisont på f.eks. 5, 10, 15 og 20 år.
- › Indføre kostægte tariffer. Bonustariffer til kunder med lavtemperaturfjernvarme og strafafgifter til forbrugere med høj returtemperatur (dårlig afkøling). Virkemiddel til at tilgodese forbrugere på lavtemperaturfjernvarme og forbrugere med god afkøling.
- › Drift og vedligehold af units. Forsyningsselskabet kan tilbyde finansiering/ejerskab samt drift og vedligehold af fjernvarmeunits.
- › Røde forbrugere. Forsyningsselskabet kan operere med "røde forbrugere" som koncept for forbrugere med dårlig afkøling og etablere en strategi for, hvordan de røde forbrugere gribes an. Det kunne eksempelvis være direkte kontakt, rådgivning og servicetjek af fjernvarmeinstallation.
- › Gratis rådgivning og kundekontakt. Forsyningsselskabet kan tilbyde gratis rådgivning målrettet private, offentlige og boligselskaber.
- › Dialog med bygningsejere og forbrugere. Forsyningsselskabet kan lægge en strategi for at føre en tæt dialog specielt med de store bygningsejere, herunder boligselskaber og offentlige bygningsejere. Lavtemperaturfjernvarme og bygningsrenoveringer spiller godt sammen.
- › Varmepumper. I områder med lavtemperaturfjernvarme kan der installeres varmepumper i bygninger, der på tidspunkter har behov for højere fremløbstemperatur, end fjernvarmen tilbyder i området.
- › Hæve shunttemperaturen. Lavtemperaturfjernvarmeområdets temperatur hæves kun i perioder, hvor der er behov for højere temperaturer.
- › Shunt. Fokus på optimal shuntløsning med hensyn til etablering og indregulering.

- › Separat retur. Etablering af separat returledning direkte fra et område med lavtemperaturfjernvarme til værket, for at kunne udnytte den lave returtemperatur (f.eks. i solvarmeanlæg), og for at undgå opblanding med returvand fra det øvrige fjernvarmeforsyningsområde.
- › Øget uddannelse til VVS-installatører, herunder også certificeringsordning til VVS'er med uddannelsen. Det er VVS-installatørerne, der har den daglige gang hos forbrugeren, og i den forbindelse er det også dem, der kan råde og vejlede forbrugeren om lavtemperaturfjernvarme.
- › Grønne lån til energibesparelser. Forsyningsselskabet i dialog og samarbejde med lokal sparekasse eller bank om mulighed for oprettelse af grønne lån til forbrugere, der ønsker at låne til energibesparelser.
- › Forsyningsselskabet kan købe energibesparelser.

6 Referencer

- Christiansen, Christian H, Peter K Olsen, Oddgeir Gudmundsson, og Morten Hofmeister. »New Guideline for Low Temperature District Heating.« *EuroHeat&Power - English Edition*, Vol. 11 2014: 46-49.
- Dansk Fjernvarme. *Udviklingstendenser i dansk fjernvarme, Årsstatistik 2011*. Kolding: Dansk Fjernvarme, 2012.
- Energistyrelsen. »EFP07 Udvikling og demonstration af lavenergifjernvarme til lavenergibyggeri.« Journal nr. 033001/33033-015, 2009.
- Energistyrelsen. *Energistatistik*. Energistyrelsen, 2011.
- Energistyrelsen. *Fjernvarmens rolle i den fremtidige energiforsyning*. København: Energistyrelsen, 2013.
- Fjernvarmens Udviklingscenter (nu Grøn Energi) - arbejdsgruppe. *Roadmap for fjernvarmen - fjernvarmens rolle i energisystemet*. Fjernvarmens Udviklingscenter, 2011.
- Fjernvarmens Udviklingscenter (nu Grøn Energi). *Lavtemperaturfjernvarme*. u.d. <http://fjvu.dk/lavtemperaturfjernvarme> (senest hentet eller vist den 16. April 2013).
- Lund, Bent H. »Hvorfor god fjernvarmeafkøling.« *VVS/VVB*, 10 1996: 93-94.
- Moos, Theodor Møller. *Albertslund Syd - Lavtemperaturfjernvarme*. COWI, 2010.
- Olsen, Peter K., Henning Lambertsen, og Theodor Moos. »Lavtemperatur fjernvarme - nu også i eksisterende byggeri.« *COWI Nyhedsbrev - Energi*, Oktober 2011.