

Fremtidens fjernvarme

Lavtemperaturfjernvarme
i nye boligområder



SUSTAINABLE ENERGY
PLANNING AND
MANAGEMENT



AALBORG UNIVERSITET
STUDENTERRAPPORT



Synopsis

Titel:

Fremtidens Fjernvarme
- Lavtemperaturfjernvarme i nye
boligområder

Semester:

4. semester

Semester tema:

Speciale

ECTS:

30

Projekt periode:

3. februar 2014 til 4. juni 2014

Projekt gruppe:

Gruppe SEPM42014-2

Forfattere:

Kasper Varn Qvist
Lars Grundahl

Vejleder:

Henrik Lund

Antal kopier: 4**Antal sider:** 120**Bilag:** 4 + CD**Resume:**

Baseret på en generel konsensus om, at fjernvarmens forsyningsområder skal udvides i Danmark undersøges i dette speciale samspillet mellem lavtemperaturfjernvarme og lavenergibyggeri gennem et casestudie for et nyudstykket område til lavenergibebyggelse i Godthåb, nær Aalborg. Dermed undersøges det, om fjernvarmen kan indgå som valgmulighed til opvarmning af nye boligområder.

Gennem en aktøranalyse identificeres kommunerne, forsyningsselskaberne og forbrugerne som værende de tre aktører, der har direkte indflydelse på valget af varmeforsyningsteknologi i de enkelte boliger.

På baggrund heraf beregnes det for det valgte område, om der findes et samfundsøkonomisk rationale for at etablere fjernvarme, et selskabsøkonomisk rationale for at etablere fjernvarme som lavtemperaturfjernvarme samt et forbrugerøkonomisk rationale for at vælge fjernvarme som opvarmningsteknologi frem for individuelle varmepumper.

Det konkluderes, at der for den valgte case, i hver af de tre økonomiske beregninger, findes rationale for at etablere lavtemperaturfjernvarme i området. Denne konklusion er dog casespecifik og bør beregnes for hver enkelt case, da problemstillingens kompleksitet medfører, at der ikke kan drages generelle konklusioner.

Indholdet i denne rapport er frit tilgængeligt, men må kun refereres med kildeangivelse.



English summary

The Future of District Heating:

Low-temperature district heating in new residential areas.

Based on the general consensus that district heating is vital in the future Danish energy system and should be expanded, this report carries out a case study investigating the area Danagården north of Godthåb. This area is located within the municipality of Aalborg and thus the supply area of Aalborg District Heating. The area is currently used for agricultural purposes but is through the municipal district planning proposed converted into an urban area with low-energy houses.

The aim is to determine if there is a future for district heating as a heating technology in new residential areas. This is done through a series of analysis investigating the legal and actor framework for decision making within heat planning.

To determine the key actors involved in the decision of heating installation in individual houses a stakeholder analysis is conducted. Through this analysis the municipality, the district heating company and the consumers are found to be the main actors in this decision making process.

Based on this a socio-economic, business-economic and consumer-economic analysis is carried out. The socio-economic analysis reveals, that it is socio-economic beneficial to establish district heating in the case area. From the business-economic analysis it is found, that the net-present-value of establishing the district heating system as low-temperature district heating is greater than establishing it with traditional temperatures. Through the consumer-economic analysis it is found that for the specific case investigated the individual consumers will benefit from choosing district heating instead of individual heat pumps. However, it is also found that these conclusions are all case dependent and cannot be easily generalised. It is therefore necessary to investigate each individual case separately to determine which heating system would be most beneficial for the identified key actors.

The calculations performed for all new houses in Denmark in order to establish if they fulfil the energy requirements are also found to differ largely from the actual consumption measured. This leads to misleading information for the consumer when the heating system of the house is to be chosen.



Forord

Dette speciale er udarbejdet som afslutning af masteruddannelsen Sustainable Energy Planning and Management ved Institut for Planlægning på Aalborg Universitet. Specialet er udarbejdet i perioden 3. februar 2014 til 4. juni 2014 og behandler problematikker forbundet med samspillet mellem fjernvarme og lavenergibyggeri. Specifikt undersøges de samfunds-, selskabs- og forbrugerøkonomiske rationaler for lavtemperaturfjernvarme som opvarmnings-teknologi, fremfor jordvarme, i et område udlagt til nyt lavenergibyggeri.

Kilder vil blive anvist løbende vha. Harvardmetoden og refererer til kildelisten bagerst i rapporten. Kildehenvisninger består således af efternavnet på forfatter(e) samt udgivelsesår, fx [Diget, 2014]. Kilder med samme forfatter og udgivelsesår adskilles alfabetisk, eksempelvis [Aalborg Forsyning Varme, 2013a], [Aalborg Forsyning Varme, 2013b] etc.

Figurer, tabeller og bokse er nummereret med to tal. Det første tal repræsenterer kapitelnummer og det andet placeringen i kapitlet. "Figur 2.2" vil således være figur to i kapitel to.

Vedlagt bagerst i rapporten er fire bilag benævnt alfabetisk A til D, samt en CD indeholdende de i forbindelse med specialet udarbejdede beregningsmodeller.

Vi vil gerne takke følgende for at bidrag og faglig sparring til specialets udarbejdelse: Aalborg Forsynings planlægningsafdeling for at bidrage med information omkring det valgte caseområde. Brønderslev forsyning for muligheden for deltagelse i workshop omkring lavtemperaturfjernvarme. Rasmus Lund Jensen, Lektor ved Institut for Byggeri og Anlæg, AAU, for data til modelarbejdet. Henrik Lund, Professor ved Institut for Planlægning, AAU, for kyndig vejledning og faglig sparring.

Kasper Varn Qvist

Lars Grundahl

Billedet på forsiden stammer fra [TREFOR, 2014].



Indholdsfortegnelse

1	Indledning	1
1.1	Problemformulering	4
1.2	Fokus for rapporten	5
1.3	Struktur	6
2	Metode	9
2.1	Dataindsamling	9
2.2	Casestudie	10
2.3	Økonomiske beregninger	10
2.4	Beregningsgrundlag	14
3	Analyse af varmeplanlægningens aktører	21
3.1	Varmeplanlægningens juridiske struktur	21
3.2	Aktørnetværksanalyse	30
3.3	Opsamling	34
4	Definition af Case	35
4.1	Området	35
4.2	Baggrund for valg af caseområde	38
5	Beskrivelse af forbrugermodel	39
5.1	Antagelser	39
5.2	Investeringspriser	41
5.3	Forbrugspriser	42
5.4	Data for husstande og forbrug	46
5.5	Modelarbejde	49
6	Kommunalt og forsyningsmæssigt rationale for anlæg af fjernvarme	51
6.1	Samfundsøkonomisk rationale for etablering af fjernvarme	51
6.2	Selskabsøkonomisk rationale for etablering af lavtemperaturfjernvarme	54
6.3	Opsamling	60
7	Forbrugerøkonomiske resultater	63
7.1	Grundberegning	63
7.2	Følsomhedsanalyser	64

7.3 Opsamling	74
8 Diskussion	77
8.1 Aktøranalyse	77
8.2 Samfundsøkonomi	78
8.3 Selskabsøkonomi	78
8.4 Forbrugerøkonomi	79
9 Konklusion	81
Litteratur	87
A Workshop om Lavtemperaturfjernvarme	93
A.1 Indlæg	93
A.2 Workshops	95
B Anlægsomkostninger for distributionsnet	97
B.1 Beregnede anlægsomkostninger for 5 kW varmebehov per hus	97
B.2 Beregnede anlægsomkostninger for 10 kW varmebehov per hus	98
B.3 Beregnede anlægsomkostninger for 25 kW varmebehov per hus	99
C Distributionstab	101
C.1 Beregnede distributionstab for 5 kW varmebehov per hus	101
C.2 Beregnede distributionstab for 10 kW varmebehov per hus	102
C.3 Beregnede distributionstab for 25 kW varmebehov per hus	104
D Varmtvandsforbrug	107
D.1 Data	107
D.2 Beregninger	108

Indledning

„Det 20. århundrede blev i høj grad drevet af adgang til billig og rigelige mængder af kul, olie og gas. I det 21. århundrede skal der findes andre måder at opfylde behovet for energi på.“

[Regeringen, 2011]

Således indledes publikationen *“Energistrategi 2050 - fra kul, olie og gas til grøn energi”* [Regeringen, 2011], omhandlende regeringens vision om en dansk energiforsyning fri for fossile brændsler. Heri fremsættes en række problemstillinger samt indsatsområder, der ønskes adresseret for at skabe gunstige betingelser for det danske energisystems transformation mod en fossilfri fremtid. En udbygning af fjernvarme baseret på vedvarende energi (VE) anses heri som værende nødvendig sammen med en overgang til VE-baseret individuel opvarmning. Fjernvarmen vil særligt kunne udbygges i tætbebyggede områder, mens der uden for disse områder i fremtiden vil skulle benyttes varmepumper evt. kombineret med solvarme. Det anses blandt andet for muligt, at fjernvarmen kan overtage varmforsyningen i en del af de områder, der i dag forsynes med naturgas.

Regeringen er ikke alene om, at anse en øget fjernvarmebaseret varmforsyning som værende et strategisk gunstigt tiltag i forbindelse med udviklingen af Danmarks fremtidige energisystem. Ingeniørforeningen IDA anser i publikationen *“IDAs klimaplan 2050”* [IDA, 2009] en forsat udvikling samt udbygning af det danske fjernvarmesystem som værende essentielt for at kunne opnå en øget effektivitet af det danske energisystem. Specifik foreslås det, at fjernvarmen udbygges til at kunne dække op mod 70 % af det nationale varmebehov. En sådan udbygning understøttes endvidere af rapporten *“Varmeplan Danmark”* [Dyrelund et al., 2008] udarbejdet for Dansk Fjernvarme af Rambøll og Aalborg Universitet. Heri undersøges forskellige scenarier for den fremtidige varmforsyning i Danmark, og det fremhæves, at fjernvarme spiller en nøglerolle i forbindelse med realiseringen af et brændselseffektivt energisystem baseret udelukkende på VE. Begge rapporter angiver en positiv samfundsøkonomi ved en gradvis udvidelse af fjernvarmens forsyningsområde.

For at opnå optimal effekt bør en udvidelse af fjernvarmens forsyningsandel og en omlægning til VE, ifølge alle nævnte parter, suppleres af forbrugsreducerende tiltag i bygningsmassen. Som led heri stilles der krav til blandt andet efterisolering i forbindelse med renovering af bygninger og krav til energiforbrug i nybyggeri [Videncenter for energibesparelser i bygninger, 2014, Energistyrelsen, 2014c]. Energikravene i forbindelse med nybyggeri af boliger opgøres på nuværen-

de tidspunkt i tre kategorier; Energiramme for boliger, Lavenergiklasse 2015 og Bygningsklasse 2020, se tabel 1.1. Ved nybyggeri er det obligatorisk, at overholde den nuværende energiramme for boliger, og det forventes, at Lavenergiklasse 2015 bliver et krav fra 2015 [Energistyrelsen, 2014a].

Energiramme	Krav	Enhed
Energiramme for boliger	52,5+1650/Areal	kWh/m ² /år
Lavenergiklasse 2015	30+1000/Areal	kWh/m ² /år
Bygningsklasse 2020	20	kWh/m ² /år

Tabel 1.1: Energirammer for nye boliger i bygningsreglementet 2010 [Energistyrelsen, 2014a].

Ved løbende at mindske den krævede energimængde til opvarmning, reduceres behovet for etablering af yderligere termisk kapacitet til fjernvarme, idet den eksisterende kapacitet således vil kunne forsyne et stigende antal bygninger. Derved er det muligt, at opnå en øget fjernvarmebaseret forsyningsandel og samtidigt mindske omkostningerne forbundet hermed.

En reduktion af den enkelte boligs behov for energi til opvarmning skaber dog også en række problematikker for udbredelse af fjernvarmen, som den kendes i dag. I det nuværende system designs der ofte efter fremløbs- og returtemperaturer på henholdsvis 80 °C og 40 °C, kendt som tredje generations fjernvarme [Lund, 2014]. En forudsætning for en energieffektiv og økonomisk rentabel fjernvarmeforsyning er, at de energimæssige tab minimeres. Ideelt set bør tilsluttede bygninger aftage mest muligt af den producerede varme, således at distributionstab minimeres. Dette påvirkes blandt andet af varmedensiteten, hvor en høj varmedensitet betyder et stort aftag, og dermed at distributionstab udgør en mindre andel af det samlede varmeforbrug. En reduktion af varmebehovet i de enkelte boliger betyder i midlertidig også en lavere varmedensitet, hvilket resulterer i, at et uændret transmissionstab vil udgøre en større andel af det samlede varmeforbrug.

For at modvirke denne problemstilling og skabe forbedrede rammer for en integration af lavenergibyggeri i fjernvarmens forsyningsområder anbefales det af [IDA, 2009] og [Dyrelund et al., 2008], at en udbygning af fjernvarmens forsyningsområder suppleres med en omlægning til lavtemperaturfjernvarme, hvor de anvendte fremløbs- og returtemperaturer sænkes til henholdsvis 50°C og 30°C. Dette beskrives som en del af overgangen til fjerde generations fjernvarme [Lund, 2014]. Idet størrelsen af energitabet i distributionsnettet afhænger af temperaturforskellen mellem fjernvarmemedie og omgivelsestemperatur, vil en sådan omlægning medvirke til at reducere energitabet fra distributionen. Dermed bliver det procentmæssige tab holdt lavt samtidig med, at varmedensiteten falder.

Også andre aspekter end de rent tekniske udgør potentielle barrierer for den ønskede udbredelse af fjernvarme. Den nuværende udformning af bygningsreglementet muliggør, at bygninger, der ikke alene på baggrund af klimaskærmens isoleringsevne kan kategoriseres som lavenergibyggeri, kan opnå en sådan status ved at etablere individuelle energiproducerende anlæg. Bygningsreglementers energirammer sætter krav til den maksimale mængde *tilført* energi, der i en bolig samlet må anvendes til opvarmning, varmt brugsvand, ventilation og køling, se boks 1.1 på næste side [Energistyrelsen, 2014a]. Ved at have en egenproduktion af energi bliver det der-

med muligt, at overholde rammen på trods af et større faktisk energiforbrug. Det kan være en potentiel udfordring for udbredelse af fjernvarme, da en del af forsyningen til boligen på denne måde allerede er etableret.

Boks 1.1: Lavenergiramme for boliger, kollegier, hoteller m.m.

Stk. 1) En bygning kan klassificeres som en lavenergibygningsklasse 2015 når det samlede behov for *tilført* energi til opvarmning, ventilation, køling og varmt brugsvand per m² opvarmet etageareal ikke overstiger 30 kWh/m² per år tillagt 1000 kWh per år divideret med det opvarmede etageareal.

Kilde: [Energistyrelsen, 2014a]

“Tilslutningsbekendtgørelsen” [Klima-, Energi- og Bygningsministeriet, 2011b] indeholder ligeledes elementer, der kan hindre udvidelsen af fjernvarmens forsyningsområder i kombination med etablering af lavenergibyggeri. I henhold til bekendtgørelsen skal der dispenseres for tilslutningspligt for ejendomme, der ved opførsel overholder kravene til lavenergibyggeri, samt hvor mere end 50 % af varmebehovet dækkes af vedvarende energianlæg. Ligeledes kan der også dispenseres fra tilslutningspligten i tilfælde, hvor økonomien forbundet med en sådan tilslutning vil være økonomisk urentabel sammenholdt med forbruget af energi, se boks 1.2. Ifølge [Energistyrelsen, 2014e], skal der også meddeles dispensation for nye lavenergibygningsanlæg. En lignende dispensation findes ligeledes i planloven, der dispenserer alt byggeri kategoriseret som lavenergibygger for pligt til tilslutning til kollektiv varmforsyning, se boks 1.3 på næste side [Miljøministeriet, 2013].

Boks 1.2: Bekendtgørelse om tilslutning m.v. til kollektive varmforsyningsanlæg

§ 15. Følgende kategorier af eksisterende bebyggelse kan ikke pålægges tilslutningspligt:

- 1) Bygninger, hvor omstilling til kollektiv varmforsyning på grund af nødvendige, større installations- eller bygningsmæssige ændringer efter kommunalbestyrelsens skøn vil være uforholdsmæssig bekostelig.
- 2) Bygninger, der er indrettet med et vedvarende energianlæg, som eksempelvis solvarmeanlæg, varmepumper, vindmøller, biogasanlæg, brintanlæg, komposteringsanlæg, vandkraftanlæg, træfyr eller halmfyr, og hvor anlægget – eller anlæggene tilsammen – efter kommunalbestyrelsens skøn har en kapacitet, som kan dække mere end halvdelen af bygningens energiforbrug til opvarmning og forsyning med varmt vand.
- 6) Eksisterende lavenergibygningsanlæg, jf. § 1, nr. 5.

Kilde: [Klima-, Energi- og Bygningsministeriet, 2011b]

Boks 1.3: Bekendtgørelse af lov om planlægning

§ 19, Stk. 4. Kommunalbestyrelsen skal dispensere fra en lokalplans bestemmelser om tilslutning til et kollektivt varmforsyningsanlæg som betingelse for ibrugtagning af ny bebyggelse, når bebyggelsen opføres som lavenergibebyggelse, jf. § 21 a.

Kilde: [Miljøministeriet, 2013]

At lavenergibyggeri, jf. gældende lovgivning, ikke kan kræves tilsluttet kollektiv varmforsyning, skaber en problemstilling, hvis ønsket om en udvidet forsyningsandel fra fjernvarme skal realiseres. Da der er påvist positiv samfundsøkonomi i en udvidelse af fjernvarmenettet, er der behov for at undersøge, om der også er positiv forbruger- og selskabsøkonomi i at vælge fjernvarme som opvarmningsform. Eftersom alle fremtidige boliger skal overholde det nyeste bygningsreglement, og Lavenergiklasse 2015 forventes at blive obligatorisk fra 2015, vil flere og flere boliger have et varmebehov svarende til denne standard. Eksisterende bebyggelse vil også løbende blive energirenoveret, og derfor bør det undersøges, om der kan opnås positiv forbruger- og selskabsøkonomi i at etablere fjernvarme til laveenergibyggeri.

Det er samtidig væsentligt, at undersøge valget af fjernvarmenet, da et fjernvarmenet forventes, at have en levetid på 30-50 år [Energistyrelsen, 2013]. Dette betyder at fjernvarmenet, der etableres i dag ikke blot skal passe til det nuværende fjernvarmesystem, men også til fjernvarmesystemet som det forventes at blive mange år ud i fremtiden. Derfor bør det allerede på nuværende tidspunkt beregnes, hvorvidt et lavtemperaturfjernvarmesystem kan anlægges med en positiv selskabsøkonomi sammenlignet med et traditionelt system.

1.1 Problemformulering

Med baggrund i den allerede påvist positive samfundsøkonomi for en udvidelse af fjernvarme i Danmark vil denne rapport fokusere på, hvilke andre barrierer, der er, for dels at fjernvarmeselskaber og kommuner vælger, at tilbyde fjernvarme til forbrugerne, samt at forbrugerne vælger, at tilslutte sig fjernvarmen. Rapporten vil fokusere på lavtemperaturfjernvarme, da det anses som den naturlige efterfølger til det nuværende fjernvarmesystem og da der med den lange levetid for fjernvarmenet hele tiden bør fokuseres på, at alle etableringer er tilpasset fremtidens fjernvarme bedst muligt. På denne baggrund er det målet for indeværende speciale at undersøge følgende problemformulering:

„Under forudsætning af, at der er en berettigelse for fjernvarme i fremtidens energisystem, i hvilket omfang findes der barrierer for lavtemperaturfjernvarme som opvarmningsteknologi i lavenergibyggeri, og hvilke aktører påvirker, om fjernvarme vælges som opvarmningsteknologi i nye boligområder?”

Til at besvare den opstillede problemformulering er der opstillet en række spørgsmål, der behandles gennem rapporten:

1. Hvilke aktører indgår i den danske varmeplanlægning, og hvilke dele heraf påvirker de enkelte aktører? - En lang række aktører påvirker lovgivnings- og planlægningsprocessen

for fjernvarme. Det er derfor væsentligt at fastslå, hvem disse aktører er, samt hvilken påvirkning de har.

2. Hvilke af disse aktører har en direkte indflydelse på valget af varmforsyning i de enkelte boliger? - Det skal fastslås, hvilke aktører, der har den mest direkte indflydelse på valget af varmforsyning, som grundlag for det efterfølgende analysearbejde.
3. Er det muligt, under overholdelse af bestemmelserne i varmforsyningsloven, at etablere fjernvarme til lavenergibyggeri?
4. Er der et økonomisk incitament i at vælge lavtemperaturfjernvarme frem for fjernvarme med traditionel systemtemperatur?
5. Hvad er den forbrugerøkonomiske konsekvens af at vælge fjernvarme frem for individuel varmforsyning i lavenergibyggeri? - Da forbrugerøkonomien antages at have en stor indflydelse på valg af varmforsyning, kræver en sammenligning af forskellige varmforsyninger en analyse af de økonomiske konsekvenser for varmeforbrugerne. Dermed skal en model opbygges, således at det bliver muligt at sammenligne forbrugerøkonomien mellem fjernvarmforsyning og individuel forsyning med varmepumper.

1.2 Fokus for rapporten

Denne rapport vil arbejde med varmforsyning i forbindelse med etablering af nye byområder. Områder med eksisterende boliger, hvor en konvertering til fjernvarme fra andre opvarmningsformer kan komme på tale, vil altså ikke være inkluderet i analysen. Da nyopførte boliger skal bygges efter det nyeste bygningsreglement, forventes det, at de har et lavere gennemsnitligt varmebehov end eksisterende boliger. Dermed må der forventes en lavere varmedensitet i områder med nybyggeri end i områder med eksisterende boliger, hvilket giver fjernvarmen de sværeste konkurrencevilkår. Til gengæld har nye boliger den fordel, at de under opførslen kan tilpasses den tilgængelige opvarmningsform, mens eksisterende boligernes interne varmesystem muligvis har behov for en ombygning, før det passer til lavtemperaturfjernvarme.

Der arbejdes med en case, hvor et nyt område inddrages til bebyggelse, således at der er tale om et barmarksprojekt. For den valgte case gælder desuden, at området er beliggende i umiddelbar forlængelse af bymæssig bebyggelse, samt at det i lokalplanen kræves, at alt byggeri opføres som lavenergibyggeri. Dette valg medfører, at resultaterne af denne rapport først og fremmest vil kunne overføres til lignende områder. Dette sikrer samtidig, at forudsætningerne for etablering af lavtemperaturfjernvarme eksisterer i området, idet alle bygninger skal overholde energikravet for lavenergibyggeri, hvilket betyder, at ingen boliger vil have et markant større varmebehov end de øvrige. Samtidig er der ingen eksisterende infrastruktur i området, der vil påvirke omkostningerne for valget mellem fjernvarme og individuel varmforsyning.

Der fokuseres på valg af opvarmningsteknologier samt distribution i lokalområdet, og rapporten behandler dermed ikke produktionen af hverken varme til levering i fjernvarmesystemet eller el leveret til produktion af varme på varmepumper.

1.3 Struktur

Dette afsnit vil gennemgå strukturen på rapporten samt, hvorledes besvarelsen af problemformuleringen og spørgsmål er struktureret igennem rapporten. Strukturen er også præsenteret grafisk på figur 1.1 på modstående side.

Kapitel 1 indleder projektet og beskriver baggrunden for den problemstilling, der arbejdes med. Kapitlet indeholder problemformuleringen og spørgsmål, der skal besvares. Desuden beskrives fokus og struktur for rapporten.

Kapitel 2 er en gennemgang af de metoder, der benyttes i denne rapport for at besvare den opstillede problemformulering. Kapitlets formål er dermed at klarlægge, hvordan de efterfølgende kapitler er udarbejdet.

Kapitel 3 starter med en gennemgang af den juridiske struktur indenfor varmeplanlægning i Danmark. Dette leder til en aktørnetværksanalyse, hvor de aktører, der har en direkte indflydelse på valget af varmforsyning i de enkelte boliger, analyseres med hensyn til deres individuelle målsætninger. Dermed besvarer kapitlet *spørgsmål 1 og 2*, samtidig med at det udvælges, at den økonomiske analyse af problemstillingen skal foregå på lokalplansniveau og fordeles på samfunds-, selskabs- og forbrugerøkonomi.

Kapitel 4 er en beskrivelse af det område, der er udvalgt som case for de økonomiske analyser.

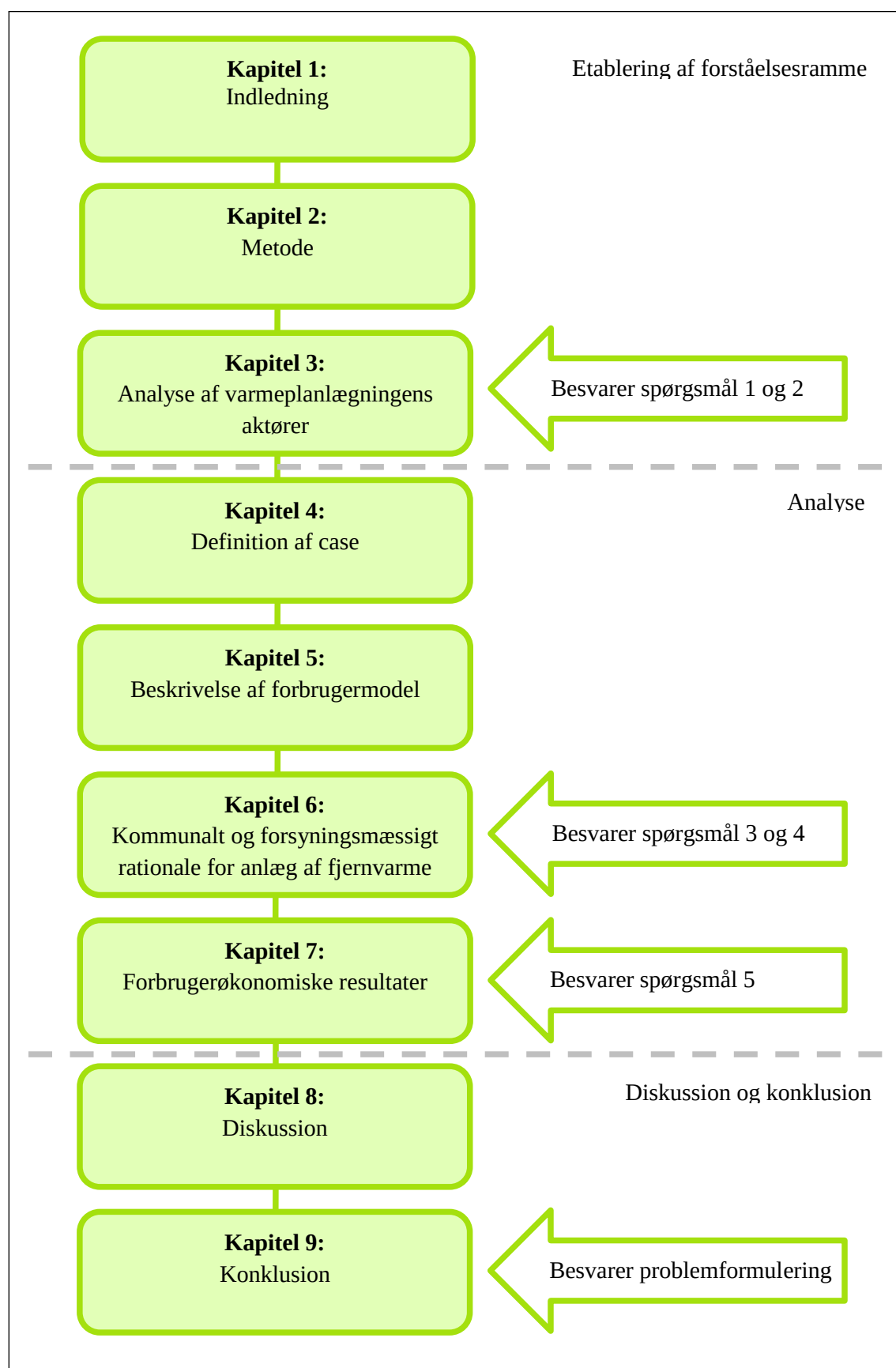
Kapitel 5 gennemgår opbygningen af den forbrugerøkonomiske model, der benyttes i de efterfølgende kapitler.

Kapitel 6 undersøger, om fjernvarme er et samfundsøkonomisk rentabelt valg i forhold til jordvarme i områder, der er valgt som case. Dette gøres for at sikre, at det efter varmforsyningsloven er tilladt at udlægge fjernvarme til boligerne i området, og besvarer dermed *spørgsmål 3*. Herefter beregnes den selskabsøkonomiske konsekvens af at udlægge et rørsystem med henholdsvis traditionelle systemtemperaturer og lavtemperatur. Derved undersøges det, om det er selskabsøkonomisk rentabelt at vælge lavtemperaturfjernvarme, og *spørgsmål 4* besvares.

Kapitel 7 er forbrugerøkonomiske beregninger. I dette kapitel beregnes det, hvordan varmeudgiften for boliger påvirkes af en række parametre når varmforsyningen er enten fjernvarme eller individuel jordvarme ved hjælp af den forbrugerøkonomiske model. Det undersøges yderligere, hvor mange af landets fjernvarmeselskaber, der forbrugerøkonomisk vil kunne konkurrere med varmepumper. Dette kapitel besvarer *spørgsmål 5*.

Kapitel 8 er en diskussion af de fremkomne resultater fra de foregående kapitler, samt en diskussion af en række andre parametre, der påvirkes af valget af varmforsyning i boliger. Yderligere emner til videre arbejde med lavtemperaturfjernvarme bliver også diskuteret.

Kapitel 9 konkluderer på rapporten og besvarer problemformuleringen.



Figur 1.1: Strukturen gennem rapporten samt angivelse af, hvilke kapitler, der besvarer spørgsmål og problemformuleringen.

Metode

Gennem dette kapitel gennemgås de vidensindsamlende og -behandlende metoder anvendt i indeværende speciale. Dette gøres ved at beskrive metoderne, samt hvordan de er anvendt i rapporten. Metoderne gennemgås kronologisk med kapitlerne i rapporten. Formålet hermed er at etablere en forståelse af de forudsætninger, der ligger til grund for de opnåede resultater og den kontekst hvori disse gør sig gældende. Dette er vigtigt, idet valget af anvendte metoder ikke blot har indvirkning på de resultater, der opnås, men ligeledes, hvilken anvendelse disse resultater kan have.

2.1 Dataindsamling

I hele rapporten benyttes dataindsamling. Hovedkilden til denne dataindsamling har været oplysninger i tilgængelig litteratur.

I kapitel 3 er der foretaget et mere dybdegående litteraturstudie. Formålet hermed er, at afdække aktører involveret i planlægningen af den kollektive varmforsyning, samt varmeplanlægningens juridiske rammebetingelser. Dette giver en indsigt i, hvilke muligheder og begrænsninger de nuværende rammebetingelser skaber for de enkelte aktører i forbindelse med varmeplanlægningen.

For at sikre aktualitet af de anvendte kilder, er det forsøgt at benytte kilder, der er så nye som muligt. Dette skyldes, at fx lovgivningen indenfor energiområdet oplever store ændringer. Et eksempel herpå er *“Elafgiftsloven”* [Skatteministeriet, 2011], der i nyeste og gældende udgave er vedtaget i april 2011, men siden er ændret 13 gange. En af disse ændringer omhandler energiafgiften på elektricitet ved opvarmning af helårsboliger, hvilket i dette projekt anvendes ved beregninger med varmepumper.

Der er, hvor det har været muligt, benyttet oprindelige kilder for informationer fremfor fortolkninger af disse. I kapitel 3 betyder det, at informationer om de indbyrdes planlægningsmæssige roller findes i lovtekster, mens beskrivelser af fx udvalg findes på deres egne hjemmesider.

For at underbygge og supplere viden tilegnet gennem litteraturen er personer med kendskab til området blevet konsulteret. En stor del af den viden, der kommer herfra er ikke benyttet i traditionel kildeform, men har medvirket til at opnå en forståelse af samspillet mellem forskellige aktører samt givet en indsigt i, hvordan forskellige aktører benytter de forskellige muligheder

inden for rammebetingelserne. Et eksempel herpå er deltagelsen i en workshop om lavtemperaturfjernvarme hos Brønderslev Forsyning. En kort beskrivelse af workshopen findes i bilag A på side 93.

2.2 Casestudie

Med udgangspunkt i de kontekstuelle forståelsesrammer, defineret gennem kapitel 3, udføres et casestudie for at afprøve løsningsforslag og -værktøjer til den opstillede problemformulering på et virkeligt område og ikke blot udelukkende teoretisk. Casestudiet tillader, at generelle samt teoretiske løsningsmodeller kan afprøves i en specifik kontekst og derved skabe kontekstafhængig viden, der kan videreføres til et bredere mere generelt vidensgrundlag [Flyvbjerg, 2010]. I indeværende speciale gøres dette gennem en række computermodellerede simulationer for et konkret fysisk område.

Casestudiet er flere gange blevet kritiseret som videnskabelig metode til at beskrive bredere perspektiver, eksempelvis i [Andersen, 2008]. Ifølge Bent Flyvbjerg er det dog en udbredt misforståelse, at casestudiet som værktøj skulle være en fejlbehæftet metode til at generalisere til egnet viden, idet det specifikke ikke direkte kan overføres til det bredere generelle plan. Han mener i stedet, at casestudiet med fuld berettigelse kan anvendes hertil og argumenterer følgende:

„Man kan ofte generalisere på grundlag af en enkelt case, og casestudiet kan bidrage til den videnskabelige udvikling gennem generalisering som supplement eller alternativ til andre metoder. Formel generalisering er imidlertid overvurderet som kilde til videnskabelig udvikling, mens „eksemplets magt“ er undervurderet.“

[Flyvbjerg, 2010]

Den undersøgte case i dette projekt er valgt ud fra tilgængelighed af informationer om området og under antagelse af, at lignende områder kan findes andre steder. Det sidste er særligt væsentligt for et casestudie, da værdien af studiet går tabt, hvis der ikke er muligheder for at generalisere til andre lignende området. Det valgte område beskrives i kapitel 4 på side 35. Alle efterfølgende beregninger i kapitel 6 og 7 er baseret på denne case.

2.3 Økonomiske beregninger

For at undersøge fjernvarmens rolle som opvarmningsteknologi i nye boligområder foretages en række økonomiske beregninger. Disse er fordelt på tre kategorier, der tager udgangspunkt i den opstillede problemformulerings hovedaktører, se afsnit 3.2 på side 30, og er således henholdsvis samfundsøkonomi, selskabsøkonomi og forbrugerøkonomi.

2.3.1 Samfundsøkonomi

Samfundsøkonomien forbundet med at udlægge fjernvarme i caseområdet vurderes i kapitel 6, idet den mest samfundsøkonomiske anvendelse af energi til opvarmning skal fremmes jf. varmeforsyningsloven. Samfundsøkonomien vurderes ud fra nutidsværdiberegninger foretaget ud fra formel 2.1 [Pitt et al., 2009].

$$NV = \sum_{t=0}^n NV_t \cdot (1+r)^{-t} + NV_0 \quad (2.1)$$

Hvor:

NV	=	Nutidsværdien for projektet	[DKK]
NV_t	=	Nutidsværdien i tiden t	[DKK]
NV_0	=	Økonomisk investering i tiden 0	[DKK]
r	=	Diskonteringsrenten	[%]
t	=	Løbetid	[År]

For investeringer, der pålægger kommune og/eller forsyningsselskab anvendes finansministeriets fastsatte diskoteringsrente for offentlige investeringer. Efter den seneste ændring i 2013 er diskonteringsrenten ændret fra en fast procentsats til en variabel på baggrund af det pågældende projekts levetid. Diskonteringsrente fastsættes af Finansministeriet, og satserne kan ses i boks 3.9 på side 30.

2.3.2 Selskabsøkonomi

Det ønskes ligeledes at undersøge, hvorvidt der foreligger et økonomisk potentiale for forsyningsselskaberne i at etablere distributionsnettet til fjernvarme som lavtemperatur i stedet for med traditionelt anvendte temperaturer. Denne beregning udføres i kapitel 6. Omkostningerne for at anlægge distributionsnettet med rørdimensioner, der kan forsyne boligerne i det undersøgte caseområde med tilstrækkelig varmeeffekt ved henholdsvis traditionelle og lave temperaturer beregnes. Som supplement hertil undersøges det ligeledes, hvorvidt en alternativ rørledning til den traditionelle forgreningsstruktur kan indeholde et besparelspotentiale

Til at værdisætte de forskellige rørtyper samt omkostninger forbundet med nedgravning og etablering anvendes Svensk Fjärrvärmes "*Kostnadskatalog*" [Svensk Fjärrvärme, 2012]. Denne kilde er valgt, idet det ikke har været muligt at identificere andre kilder, der giver et samlet overblik over generelle anlægsomkostninger for forskellige rørtyper i forskellige typer af anlægsområder. Priserne indeholdt heri dækker samtlige udgifter til materialer, herunder rør, samlinger, fittings m.v. samt udgifter til gravearbejde. Prisen per meter rør dækker således ikke blot det enkelte rørs pris, men den samlede omkostning forbundet med nedgravning af den enkelte rørtype. De anvendte priser for de enkelte rørdimensioner anvendt i denne rapport fremgår af tabel 2.1 på den følgende side og er omregnet fra svenske kroner til danske kroner ud fra en kurs på 0,83 DKK/SEK [Valutakurser.dk, 2014].

Rørdimension	Anlægspris [DKK/m]
DN20	789
DN25	832
DN32	951
DN40	1.112
DN50	1.373
DN65	1.575
DN80	1.717
DN100	2.198
DN125	2.630

Tabel 2.1: Anvendte anlægspriser per løbende meter twinrør i et barmarksområde opdelt efter rørdimension [Svensk Fjärrvärme, 2012].

Ydermere beregnes de samlede varmetab for de forskellige distributionssystemer, for at sammenligne systemernes energieffektivitet. De anvendte varmetabsværdier fremgår af tabel 2.2 og er baseret på data fra Dansk Fjernvarmes model *“Beregning af varmetab i fjernvarmenet”* [Dansk Fjernvarme, 2010].

Rørdimension	Tab Normal [W/m]	Tab Lavtemperatur [W/m]
DN20	9,8	6,0
DN25	10,8	6,6
DN32	11,8	7,2
DN40	14,2	8,7
DN50	13,9	8,6
DN65	16,7	10,3
DN80	18,7	11,5
DN100	18,8	11,5
DN125	18,9	11,7

Tabel 2.2: Varmetab per løbende meter, ved anvendelse af henholdsvis traditionelle temperaturer og lavtemperatur i twinrør [Dansk Fjernvarme, 2010].

Til beregning af selskabsøkonomi benyttes samme fremgangsmåde som ved samfundsøkonomi, da investeringer i varmemforsyningen jf. varmemforsyningsloven skal fremme den mest samfundsøkonomiske anvendelse af energi.

2.3.3 Forbrugerøkonomi

Som beskrevet i kapitel 1, ligger der en udfordring i at skabe en attraktiv brugerøkonomi, og således et økonomisk incitament for at forbrugeren vælger fjernvarme som opvarmningsteknologi. Derfor beregnes forbrugerens omkostninger forbundet med opvarmning for hver af de undersøgte teknologier. Til at foretage disse beregninger er der i løbet af projektperioden opbygget en model. Denne model beskrives i kapitel 5, mens resultaterne af beregningerne præsenteres i kapitel 7. Beregningerne omfatter alle forbrugerens omkostninger forbundet med opvarmning, dvs. investeringsomkostninger, pris per leveret varmenhed samt drift og vedligehold. Til at bestemme de økonomiske værdier for henholdsvis investeringsomkostninger

samt drift og vedligehold, anvendes Energistyrelsens "*Teknologikatalog for individuel varme og energitransport*" [Energistyrelsen, 2013]. Værdierne heri er opgivet i Euro, hvorfor disse er omregnet til danske kroner ved brug af teknologikatalogets anvendte kurs på 7,42 DKK/Euro.

Den af forbrugeren krævede investering for hver af de undersøgte opvarmningsteknologier spredes ud som en ydelse over en årrække, således at der betales det samme beløb hvert år, ud fra formel 2.2 [Jørgensen, 2004]. Dette svarer til et annuitetslån, hvor der i de første år betales høje renteomkostninger og de senere år betales mere af på lånets hovedstol. Denne udgift er dermed låst fast i hele lånets løbetid, medmindre lånet på et tidspunkt lægges om. Formålet med at sprede investeringsomkostningen for de undersøgte opvarmningsteknologier ud som et fast årligt beløb er at etablere et økonomisk sammenligningsgrundlag, hvorpå de forskellige teknologier vurderes i forhold til hinanden.

$$y = H \cdot \frac{r}{1 - (1 + r)^{-n}} \quad (2.2)$$

Hvor:

y	=	Ydelse per termin	[DKK]
H	=	Hovedstol for lån	[DKK]
r	=	Rente	[%]
n	=	Antal terminer	[-]

Det antages, at den krævede investering finansieres gennem lånoptagning efter samme vilkår som lån til boligkøb. Her antages det, at forbrugeren selv kan finansiere den krævede mindste egenfinansiering, mens resten af investeringen finansieres gennem en blanding af realkreditlån og boliglån i banken med en løbetid på 30 år. Fordelingen kan ses i tabel 2.3. Idet realkreditlånet rentemæssigt er den billigste lånetype at optage, antages det, at der optages maksimal belåning i realkredit, svarende til 80 % af den samlede købssum [Realkreditrådet, 2014]. De anvendte rentesatser er ikke de forskellige lånetypers nominelle rente, men i stedet de årlige omkostninger i procent (ÅOP) før skat, idet dette afspejler de reelle omkostninger forbundet med de enkelte låntyper [Arendt, 2013]. Den resulterende rente er beregnet efter formel 2.3.

$$\begin{aligned} \text{Resulterende rente} &= \text{Boliglånsrente} \cdot \text{Andel} + \text{Realkreditrente} \cdot \text{Andel} \\ &= 6,35 \cdot 0,15 + 4,08 \cdot 0,8 \\ &= 4,22\% \end{aligned} \quad (2.3)$$

Finansieringsform	Andel	Rente (ÅOP)
Egenfinansiering	5 %	-
Boliglån	15 %	6,35 %
Realkredit	80 %	4,08 %
Resulterende rente		4,22%

Tabel 2.3: Sammensætningen af den anvendte diskonteringsrente for private investeringer [BRFkredit, 2014].

2.4 Beregningsgrundlag

Dette afsnit gennemgår metoderne, der anvendes til at beregne anlægsomkostninger og tab fra fjernvarmenet samt input til forbrugerøkonomi. Resultaterne heraf anvendes i de økonomiske beregninger beskrevet i afsnit 2.3 på side 10.

2.4.1 Anlægsomkostninger

Som input til de økonomiske beregninger er anlægsomkostningerne til fjernvarmenet beregnet i bilag B på side 97. Det undersøges ligeledes, hvilken effekt anvendelsen af lavere systemtemperaturer har på omkostningerne forbundet med at anlægge den kollektive varmedistribution. Dette gøres for at undersøge, om der opnås bedst selskabsøkonomi ved at anlægge fjernvarmenettet med traditionelle temperaturer eller med lavtemperatur.

Ved at anvende lavere systemtemperaturer påvirkes den effekt de anvendte distributionsrør kan levere. Dette skyldes, at den leverede effekt afhænger af temperaturdifferensen mellem fremløbs- og returtemperaturen. Effekten, der kan overføres gennem et rør beregnes med formel 2.4 [Nave, 2012].

$$Q = m \cdot c_p \cdot (T_{Frem} - T_{Retur}) \quad (2.4)$$

Hvor:

Q	=	Varmeoverførsel	[W]
m	=	Masseflow	[kg/s]
c _p	=	Specifikke varmekapacitet	[kJ/kg · K]
T _{Frem}	=	Fremløbstemperatur	[K]
T _{Retur}	=	Returtemperatur	[K]

Det beregnes derfor, hvilken effekt de forskellige rørtyper i det modellerede distributionssystem kan levere. Dermed kan det bestemmes, hvilke dimensioner, der skal anvendes gennem systemet, så der som minimum kan leveres den krævede effekt til hver forbruger. Der tages udgangspunkt i TwinPipes fra LOGSTOR [LOGSTOR, 2013]. De beregnede effektoverførsler for de enkelte rørdimensioner fremgår af tabel 2.4.

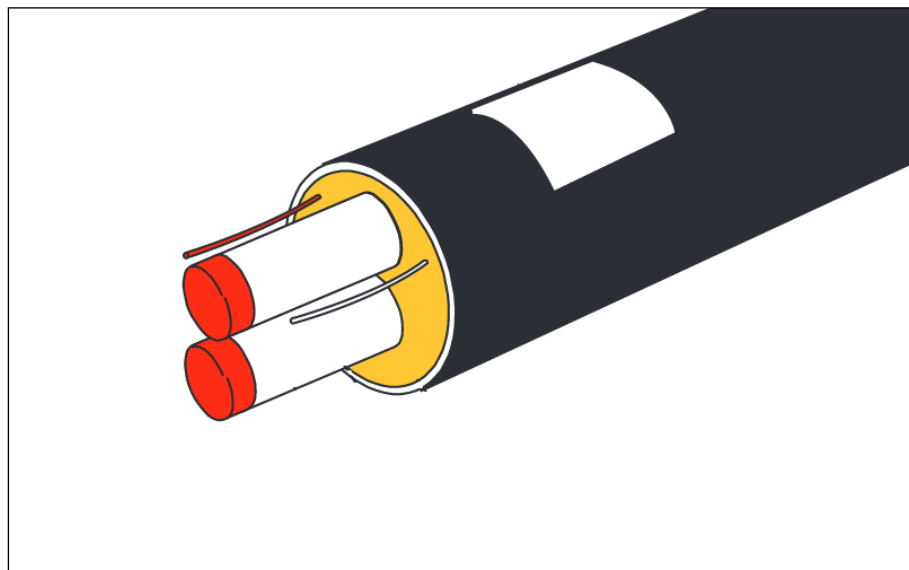
Rørdimension	Indvendig diameter [mm]	Effekt 50/30 [kW]	Effekt 80/40 [kW]
DN20	20	9,6	19,3
DN25	25	20,2	40,5
DN32	32	42,2	84,5
DN40	40	63,4	127,1
DN50	50	118,9	238,2
DN65	65	234,9	470,4
DN80	80	361,9	724,8
DN100	100	723,0	1.448,0
DN125	125	1.295,5	2.594,7

Tabel 2.4: Beregnede mulige effektoverførsler for de anvendte rørdimensioner, med anvendte frem- og returløbstemperaturer på henholdsvis 50/30 (lavtemperatur) og 80/40 (traditionel) [LOGSTOR, 2013].

På baggrund af de modellerede boligers varmekonsum beregnes det, hvor mange boliger de enkelte rørdimensioner kan forsyne. Med udgangspunkt heri udlægges et distributionsnet, hvor den mindst mulige rørdimension anvendes for at minimere anlægsomkostningerne. Nettet etableres ved at regne baglæns fra den sidste bolig i nettet. Her anvendes en rørdimension, der kan levere tilstrækkelig varme til denne ene bolig. Derefter anlægges den næste dimensionsstørrelse, indtil der igen er behov for at gå op i størrelse, for at kunne levere tilstrækkelig varme gennem distributionsnettet. Den sidste meter rør skal således være dimensioneret til forsyne alle boliger i det udlagte distributionsnet.

2.4.2 Beregning af varmetab i fjernvarmerør

For at undersøge, hvilke eventuelle driftsfordele lavere frem- og returløbstemperaturer i fjernvarmedistributionen medfører, undersøges størrelsen af varmetabet for to identiske distributionssystemer udlagt med henholdsvis traditionelle temperaturer og lavtemperatur. Systemerne antages udlagt med twin-pipes, hvor både frem- og returløb ligges i samme rør, som illustreret på figur 2.1. Der skal således ikke blot tages højde for det enkelte rørs varmetab, men ligeledes for energioverførslen mellem frem- og returløb som eksemplificeret i formel 2.5.



Figur 2.1: Twin-pipe til fjernvarme, hvor samme rør indeholder både frem- og returløb [LOGSTOR, 2013]

$$\text{Tab}_{\text{Fremløb}} = \text{Tab til omgivelser} + \text{Tab til retur}$$

$$\text{Tab}_{\text{Retur}} = \text{Tab til omgivelser} - \text{Tab fra fremløb}$$

$$\text{Tab}_{\text{Total}} = \text{Tab}_{\text{Fremløb}} + \text{Tab}_{\text{Retur}} \quad (2.5)$$

Beregningen af varmetabet i et rør med flere medierør er en kompleks funktion af rørets geometri, der ikke kan løses eksakt med et direkte formeludtryk, men i stedet oftest beregnes gennem en iterativ tilnærmelsesproces [Olsen et al., 2010]. At forsøge at opstille et udtryk herfor er uden for dette speciales rammer, hvorfor Dansk Fjernvarmes regnearksmodel *“Beregning af*

varmetab i fjernvarmenet“ [Dansk Fjernvarme, 2010] benyttes. Modellen er udviklet med henblik på at beregne varmetab i jordlagte fjernvarmerørstrækninger og vurdere de økonomiske konsekvenser forbundet hermed.

2.4.3 Værdisætning af varmetab

Til at værdisætte varmetabsbesparelser, tages udgangspunkt i varmeproduktionen for Aalborg, der vil skulle forsyne det valgte caseområde. Et udvidet behov for varmemforsyning, som en nyudstykning vil resultere i, vil skulle dækkes af den marginale produktion, der i Aalborg varetages af Nordjyllandsværket. Da det ikke har været muligt at fremskaffe en faktisk marginal varmeproduktionspris for Nordjyllandsværket, er det i stedet valgt at benytte den gennemsnitlige omkostning for at producere og levere fjernvarme i Aalborg.

Dette er gjort ved at sammenholde den totale mængde varme, der leveres, med de samlede omkostningerne forbundet med at levere fjernvarme i Aalborg. Derved opnås en gennemsnitlig værdi for at producere og levere fjernvarme i Aalborg. En sådan værdi giver ikke et retvisende billede af omkostningerne forbundet med den marginale varmeproduktion og derved en varmetabsbesparelse. Det må dog antages, at hvis et varmetab værdisat efter gennemsnitlige omkostninger kan opveje en højere anlægsomkostning vil et varmetab værdisat efter marginale omkostninger også kunne.

2.4.4 Forbrugermodel

Med udgangspunkt i den opstillede case, er der opbygget en forbrugermodel til beregning af de økonomiske konsekvenser forbundet med boligopvarmning med henholdsvis individuel opvarmning, i form af en varmepumpe, og fjernvarme. Der regnes forbrugerøkonomi for en række forskellige forbrugertyper for at undersøge, hvorvidt der kan skabes en attraktiv forbrugerøkonomi for flere forskellige kundetyper.

Modellen er opbygget i Excel, og er fordelt på en række faneblade, der hver beregner forskellige parametre. Dette afsnit har til formål at gennemgå de overordnede metoder, der benyttes i modellen, samt hvilken betydning anvendelsen af disse metoder medfører for de opnåede resultater. En beskrivelse af modellens funktioner og data til modellen findes i kapitel 5.

Formålet med modellen er at kunne repræsentere et forventet varmeforbrug for det valgte caseområde. Det blev hurtigt i processen med udarbejdelsen af modellen klart, at det ikke giver mening at forsøge at definere en “standardbolig” til anvendelse i modellen. Hermed skal forstås én bolig, der forsøger at repræsentere, hvordan forbrug af rumvarme og varmt brugsvand fordeler sig hen over et år og på baggrund heraf repræsenterer, hvordan forbruget i de boliger, der skal opføres i området, vil være fordelt. En sådan standardbolig vil være begrænset til, at repræsentere et gennemsnitligt forbrug for et gennemsnitligt antal beboere, hvorfor meget få boliger i den virkelige verden vil ligne denne standardbolig. Anvendelsen af en standardbolig vil således ikke kunne afspejle den variation i forbrug, der vil kunne observeres områdets boliger imellem og således heller ikke afspejle effekten af forskellige forbrugsmønstre og husstandsstørrelser.

For bedre at kunne repræsentere den forbrugsvariation, der vil kunne observeres områdets enkelte boliger imellem og derved levere en mere virkelighedstro modellering af det undersøgte caseområde, er varmemeforbruget baseret på erfaringstal for en række eksisterende, forholdsvis nyopførte lavenergiboliger. De valgte boliger er seks boliger fra projektet "*Fremtidens Parcelhuse*" [Kristensen og Jensen, 2010], der alle er opført efter den tidlige lavenergibyggeri klasse 2 i henhold til bygningsreglementet fra 2008. De enkelte boligers varmemeforbrug er derefter omregnet således, at det antages, at de var opført efter det nuværende bygningsreglements Lavenergiklasse 2015. En mere dybdegående gennemgang af disse data findes i afsnit 5.4 på side 46.

Ved at basere modellen på faktiske erfaringstal for eksisterende boliger sikres det, at modellens resultater afspejler den forbrugsvariation mellem boliger, der vil kunne observeres i den virkelige verden. Der tages således højde for variationer i boligstørrelse, beboerantal samt forbrugsadfærd. Alle faktorer, der kan have stor indflydelse på den enkelte boligs samlede forbrug. At inkludere disse faktorer tjener således til at øge modellens evne til at afspejle en virkelighedstro situation.

For hver enkelt bolig fra projektet "*Fremtidens Parcelhuse*" beregnes det, hvor stor en andel rumvarmen udgør af energirammekravet til lavenergiklasse 2. Der tages ikke hensyn til eventuelle overskridelser af dette krav for det samlede energiforbrug, men ses udelukkende på den andel som rumvarme udgør heraf. Argumentet herfor er, at ved at bibeholde eventuelle overskridelser afspejles i højere grad forbrugssituationer, der vil kunne observeres i den virkelige verden, hvilket yderligere bidrager til modellens evne til at afspejle en virkelighedstro situation. Det antages derefter, at der ved byggeri efter det nuværende bygningsreglements Lavenergiklasse 2015 kan opnås en sænkning i behovet for rumvarme, således at varmemeforbruget vil udgøre samme procentsats af den enkelte boligs 2015 energirammekrav som erfaringsmæssigt observeret i lavenergiklasse 2 boligerne fra projektet "*Fremtidens Parcelhuse*". Eksempelvis udgør varmemeforbruget i hus 1 fra projektet 72 % af Lavenergiklasse 2 kravet til bygningen, og vil i modellen således udgøre 72 % af energikravet til Lavenergiklasse 2015. Da byggeriet ifølge Lavenergiklasse 2015 skal overholde et krav på 36,0 kWh/m² resulterer beregningen i et forbrug til rumvarme på 25,9 kWh/m². Dette ganges med størrelsen af bygningen og resulterer dermed i et årligt energiforbrug til rumvarme.

For den enkelte boligs forbrug af varmt brugsvand antages det, at det ikke er muligt at nedbringe forbruget yderligere end i de seks huse fra projektet "*Fremtidens Parcelhuse*", idet der i disse allerede benyttes vandsparende foranstaltninger som lavtskylende toiletter og vandbesparende armaturer [Kristensen og Jensen, 2010]. Derfor isoleres varmtvandsforbruget i husene ved at beregne energiindholdet per liter vand, se formel 2.6 på den følgende side [Nave, 2012], og udregne det samlede vandforbrug per bolig baseret på opgørelsen af varmtvandsforbrug per person i boligen. Det antages, at vandet opvarmes fra 10 til 55 °C, svarende til kravet til opvarmning af brugsvand i [Dansk Standard, 2013].

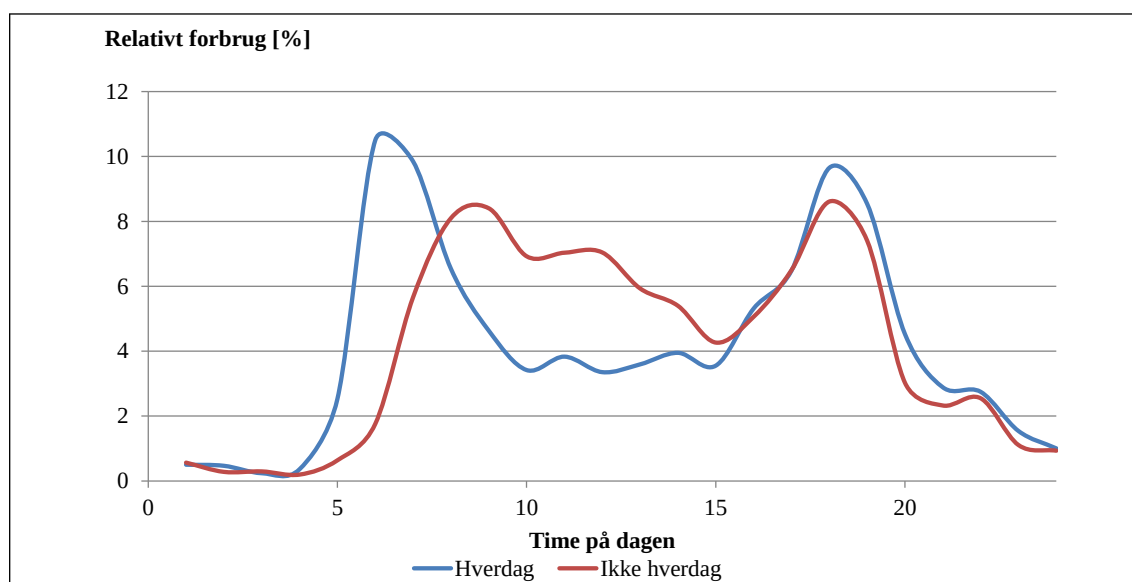
$$Q = \frac{\rho \cdot c_p \cdot \Delta T}{3,6} \quad (2.6)$$

Hvor:

Q	=	Energi krævet for at opvarme vandet	[kWh]
ρ	=	Massefylde	[kg/m ³]
c_p	=	Specifik varmekapacitet under konstant tryk	[kJ/kg · K]
ΔT	=	Temperaturdifferent	[K]

For at kunne foretage en vurdering af, hvor stor en varmforsyning, der er behov for i de enkelte boliger, fordeles forbruget i en timemodel efter to forskellige metoder; en for varmt brugsvand og en for rumvarme:

1. Vandforbruget spredes med to modeller for timeforbrug fra projektet Bygningsintegreret energiforsyning [Jensen et al., 2011], en for hverdag og en for ikke hverdag. I Excelmodellen er det muligt, at vælge mellem de to profiler, for på den måde at kunne se, hvilken, der resulterer i det højeste forbrug i en enkelt time sammen med de daglige variationer i rumvarmebehov. De to profiler ses i figur 2.2.
2. Rumvarmebehovet fordeles over alle årets dage vha. graddage ud fra en basistemperatur på 17 °C [Teknologisk Institut, 2014]. Antallet af graddage per dag afgør, hvor stor en andel af det årlige varmebehov den enkelte dag repræsenterer. Herefter fordeles varmforsyningen per time ved at beregne, hvor stor en andel af hele dagens graddagstal, den enkelte time udgør. Beregningen af graddage følger metoden beskrevet i afsnit 2.4.5 på modstående side.



Figur 2.2: Profiler for vandforbrug.

2.4.5 Graddage

For at kunne sprede det årlige rumvarmebehov ud på timebasis benyttes graddage. Det antages her, at hele rumvarmebehovet er temperaturafhængigt.

Antallet af graddage beregnes som antal grader den udendørs døgnmiddeltemperatur er under en given basistemperatur. Ved beregning af varmebehov benyttes der i Danmark en basistemperatur på 17 °C [Teknologisk Institut, 2014]. Med en basistemperatur på 17 °C antages det, at den interne belastning i bygningen dækker varmebehov ved udetemperaturer på 17 °C eller derover. Antallet af graddage beregnes kun positivt og følger dermed formel 2.7.

$$D_d = \frac{\sum_{j=1}^{j=24} (\theta_b - \theta_{o,j})_{((\theta_b - \theta_{o,j}) > 0)}}{24} \quad (2.7)$$

hvor:

D_d	=	Antal graddage for en dag	[-]
θ_b	=	Basistemperatur	[°C]
$\theta_{o,j}$	=	Udendørstemperatur i time j	[°C]

Analyse af varmeplanlægningens aktører

Dette kapitel har til formål at etablere en forståelse af planlægningssystemet bag varmeplanlægningen i Danmark, som grundlag for at besvare spørgsmål 1 og 2. Indledningsvist gives en kort introduktion af varmeplanlægningsprocessens niveauopdeling efterfulgt af en aktøranalyse, der behandler væsentlige aktører inden for de forskellige planniveauer samt disses rolle i varmeplanlægningen, planlægningsmæssigt såvel som juridisk. På baggrund heraf afgrænses et netværk af kerneaktører i forhold til valget af varmeforsyningsteknologi i boliger.

For at begrænse analysens omfang er denne afgrænset til at omfatte danske aktører med indflydelse på varmeplanlægningsprocessen. Konsekvensen heraf er, at internationale aktører som eksempelvis den Europæiske Union (EU) ikke direkte indgår som en del af analysen. Eventuelle juridiske forpligtelser pålagt af eller indgået med internationale instanser vil dog stadig indgå i analysearbejdet, idet sådanne forpligtelser skal implementeres i national lovgivning.

3.1 Varmeplanlægningens juridiske struktur

Planlægningen af den kollektive varmeforsyning følger en struktur meget lignende arealplanlægningens planstruktur. Varmeplanlægningen hviler således på et decentraliseringsprincip af beslutningsprocessen, hvor indholdet af planarbejdet afspejler de enkelte planniveaues kompetenceområder og geografiske tilknytningsforhold [Miljøministeriet, 2007].

De overordnede rammer og retningslinjer for den danske varmeforsyning fastlægges gennem den statslige landsplanlægning, der varetages af Folketinget samt Klima-, Energi- og bygningsministeriet. På baggrund heraf kan regionerne gennem regionale udviklingsplaner opstille visioner for ønskede udviklingsspor, dog uden at have en væsentlig rolle i varmeplanlægningsarbejdet. Størstedelen af varmeplanlægningsarbejdet ligger hos kommunerne. Gennem den kommunale planlægning overføres indholdet fra de overliggende planniveauer til fysiske rammer, og det påhviler således i sidste ende kommunerne, at omsætte varmeplanlægningens mål og visioner til virkelighed gennem blandt andet lokalplansarbejdet, se boks 3.1 på den følgende side. [Miljøministeriet, 2013]

Boks 3.1: Bekendtgørelse af lov om planlægning

§11 b. Rammer for indholdet af lokalplaner fastsættes for de enkelte dele af kommunen med hensyn til

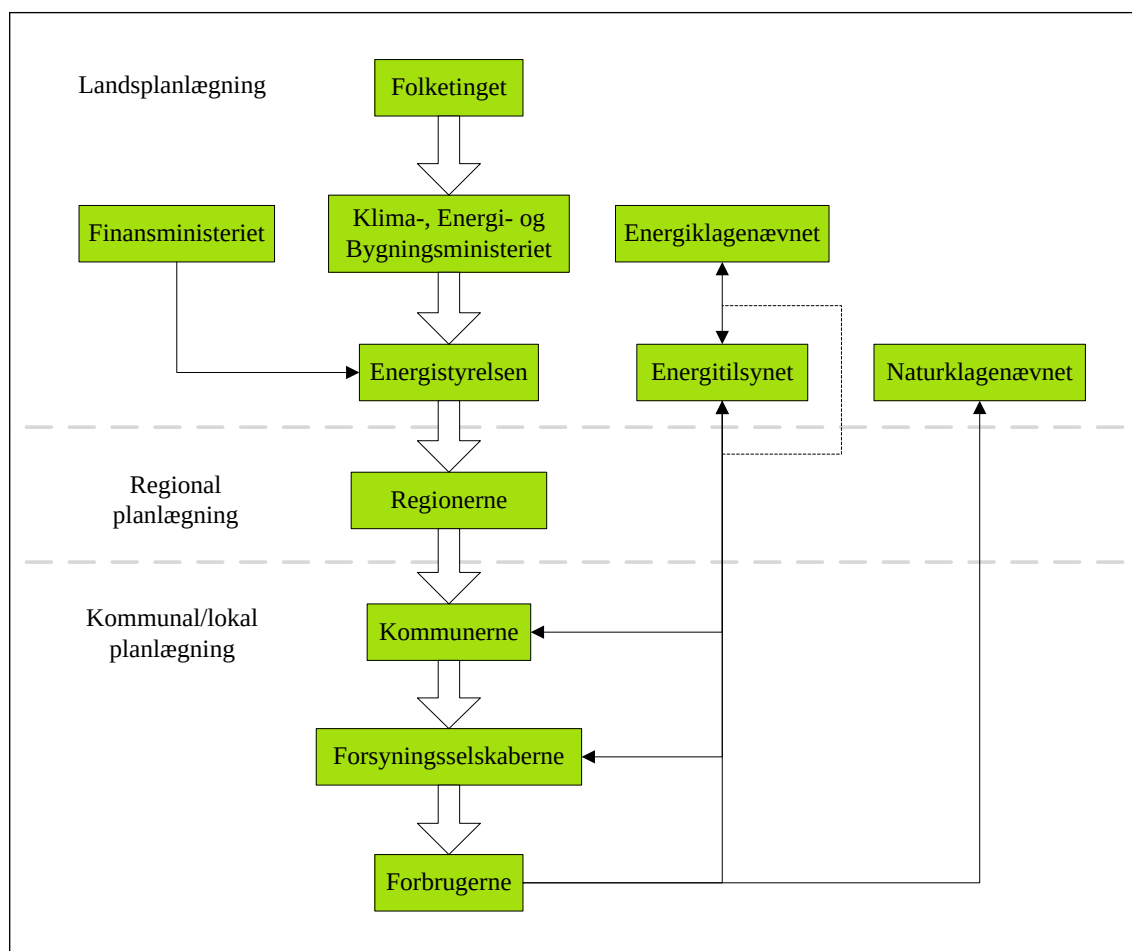
...

8) institutioner og tekniske anlæg, herunder varmforsyningsforhold,

...

Kilde: [Miljøministeriet, 2013]

For at forstå kompleksiteten af hele det planlægningsmæssige organ bag varmeplanlægningen er det essentielt at etablere et klart overblik over, hvilke aktører, der indgår som en del af beslutningsprocessen på de forskellige planniveauer. Det følgende vil derfor identificere de beslutningstagende aktører inden for hvert af de enkelte planniveauer og deres rolle i varmeplanlægningsprocessen. Dette suppleres med en analyse af juridiske aktører, for at skabe et helhedsbillede, hvor planlægningsmæssige roller og juridiske rammer kombineres. Analysens behandlede aktører fremgår af figur 3.1.



Figur 3.1: De inkluderede aktører i analysen af den danske varmeplanlægning.

3.1.1 Landsplanlægning

Gennem landsplanlægningen fastlægges de overordnede rammer for varmforsyning i Danmark. Aktører i dette planlægningslag er først og fremmest Folketinget og Klima-, Energi- og Bygningsministeriet. Desuden indgår Energistyrelsen, Energitilsynet, Energiklagenævnet og Naturstyrelsen. I landsplanlægningen udstikkes de overordnede retningslinjer for varmeplanlægningen i Danmark, og der føres tilsyn med og vurderes om lovgivningen på området overholdes.

Folketinget

Folketinget er som den øverste lovgivende myndighed i Danmark ansvarlig for alle lovtekster, der bliver vedtaget. Dermed har de også hovedansvaret for vedtagelser af ændringer i lovgivning inden for varmforsyningen.

I Folketinget vedtages de nationale energimålsætninger. Folketinget er samtidig forpligtet til at implementere de fælleseuropæiske målsætninger. Det er også Folketinget, der fastsætter de danske afgifter på energiforbrug og -produktion. De overordnede linjer for energipolitikken i Danmark vedtages gennem de såkaldte energiforlig, senest i 2012 [Socialdemokraterne et al., 2012]. Et af hovedpunkterne i det seneste forlig er fremme af blandt andet fjernvarme samt forskning indenfor VE-teknologi i fjernvarme [Socialdemokraterne et al., 2012].

Bestemmelserne for varmforsyningen findes først og fremmest i *“Bekendtgørelse af lov om varmforsyning”* [Klima-, Energi- og Bygningsministeriet, 2011a], herefter kaldet Varmeforsyningsloven. Det fremgår af lovens formål i § 1, se boks 3.2, at både samfundsøkonomi og energiforbrug af fossile brændsler er vigtige parametre i varmeplanlægningen.

Boks 3.2: Bekendtgørelse af lov om varmforsyning

§ 1. Lovens formål er at fremme den mest samfundsøkonomiske, herunder miljøvenlige, anvendelse af energi til bygningers opvarmning og forsyning med varmt vand og inden for disse rammer at formindske energiforsyningens afhængighed af fossile brændsler.

Kilde: [Klima-, Energi- og Bygningsministeriet, 2011a]

Det er Folketinget der som øverste ansvarlige myndighed har det overordnede ansvar for, at landets love overholdes, men som det fremgår af varmforsyningslovens §§ 2a og 3, se boks 3.3 på næste side, er arbejdet med loven for en stor del udlagt til Klima-, Energi- og Bygningsministeriet samt landets kommuner. Dog ses det af varmforsyningslovens § 3 stk. 3, at Klima-, Energi- og Bygningsministeriet skal redegøre overfor Folketingets Energipolitiske Udvalg ved betydende foranstaltninger. Folketingets Energipolitiske Udvalg har siden oktober 2011 heddet Klima-, Energi- og Bygningsudvalget og er et tværpolitisk udvalg, der blandt andet er ansvarlig for energiplanlægning [Klima-, Energi- og Bygningsudvalget, 2014].

Boks 3.3: Bekendtgørelse af lov om varmeforsyning

§ 2a. Klima-, energi- og bygningsministeren kan fastsætte regler eller træffe bestemmelser med henblik på at gennemføre eller anvende internationale konventioner og EU-regler om forhold, der er omfattet af denne lov.

§ 3. Det påhviler kommunalbestyrelsen i samarbejde med forsyningsselskaber og andre berørte parter at udføre en planlægning for varmeforsyningen i kommunen.

Stk. 2. Klima-, energi- og bygningsministeren kan fastsætte regler eller træffe afgørelse om, at nærmere angivne forudsætninger skal lægges til grund for den kommunale varmeforsyningsplanlægning. Ministeren kan samtidig hermed inddrage overordnede samfundsmæssige hensyn.

Stk. 3. Klima-, energi- og bygningsministeren skal over for Folketingets Energipolitiske Udvalg redegøre for mere betydende foranstaltninger, som påtænkes gennemført i medfør af loven.

Kilde: [Klima-, Energi- og Bygningsministeriet, 2011a]

Folketinget er altså som øverste ansvarlige lovgivende myndighed også ansvarlig for varmeforsyningsloven, men det er Klima-, Energi- og Bygningsministeriet og kommunerne, der udfører størstedelen af den egentlige planlægning på henholdsvis landsplan og kommunal- og lokalplan. Dog skal Folketinget holdes orienteret og har mulighed for at ændre loven, hvis det findes nødvendigt, og der kan skabes flertal for ændringen.

Klima-, Energi- og Bygningsministeriet

Som det fremgår af §§ 2a og 3 i varmeforsyningsloven, se boks 3.3, skal Klima-, Energi- og Bygningsministeriet sørge for, at internationale konventioner og beslutninger truffet i EU overholdes af Danmark. Det er samtidig muligt for Klima-, Energi- og Bygningsministeriet at indføre regler, der påvirker, hvordan kommunerne kan udføre varmeplanlægningen.

En del af arbejdet med udstedelse af regler og procedurer for varmeplanlægningen bliver håndteret af energistyrelsen, der er en styrelse under Klima-, Energi- og Bygningsministeriet [Energiestyrelsen, 2014f]. Desuden er Klima-, Energi- og Bygningsministeriet ansvarlig for at udpege medlemmerne af energitilsynet, der er ansvarlig for at føre tilsyn med varmeværkernes priser og leveringsbestemmelser [Energitilsynet, 2014b].

Det påhviler Klima-, Energi- og Bygningsministeriet at lave den overordnede landsplanlægning indenfor blandt andet energiområdet, og de har samtidig mulighed for at stille krav til de planer, der laves i kommunerne. De fungerer altså som den øverste myndighed, men har en pligt til at redegøre for større beslutninger overfor Folketinget.

Energistyrelsen

Energistyrelsen er en styrelse under Klima-, Energi- og Bygningsministeriet og er blandt andet ansvarlig for at implementere de regler og vedtægter, der bliver vedtaget i Folketinget, samt at sikre, at disse bliver overholdt. I styrelsen arbejdes der blandt andet med energiproduktion og forsyning, herunder varmforsyning. [Energistyrelsen, 2014f]

En del af Energistylens ansvarsområde er udarbejdelse af vejledninger og procedurer for strategisk energiplanlægning i kommunerne [Energistyrelsen, 2014h]. Energistyrelsen er også ansvarlig for at opstille de overordnede betingelser for etablering og drift af fjernvarme [Energistyrelsen, 2014d].

Udstedelsen af byggereglementet hører også under Energistyrelsen. Byggereglementet påvirker valget af fjernvarme indirekte, da det blandt andet definerer, hvilke krav, der stilles til lavenergibygninger og dermed hvilke bygninger, der har krav på dispensation fra tilslutning til fjernvarme.

Energitilsynet

Energitilsynet fører tilsyn med en række forsyningsområder, herunder varmforsyning [Energitilsynet, 2014b]. Indenfor varmforsyningsområdet angiver §§ 20 og 21 i varmforsyningsloven, hvad priserne må omfatte, samt energitilsynets ansvarsområde, som det fremgår af boks 3.4.

Boks 3.4: Bekendtgørelse af lov om varmforsyning

§ 20 ...i priserne for levering til det indenlandske marked af opvarmet vand, damp eller gas bortset fra naturgas indregne nødvendige udgifter til energi, lønninger og andre driftsomkostninger, herunder omkostninger til energispareaktiviteter efter §§ 28 a, 28 b og 29, samt finansieringsudgifter ved fremmedkapital og underskud fra tidligere perioder opstået i forbindelse med etablering og væsentlig udbygning af forsyningsystemerne.

Stk. 5. De kollektive varmforsyningsanlæg kan fastsætte forskellige priser til enkelte forbrugere, grupper af forbrugere og geografiske områder. Klima-, energi- og bygningsministeren kan fastsætte regler om priser i forbindelse med tilslutning af ejendomme til et kollektivt varmforsyningsanlæg.

§ 21. Tariffer, omkostningsfordeling og andre betingelser for ydelser omfattet af § 20 og § 20 b skal anmeldes til et tilsyn, der er nedsat af klima-, energi- og bygningsministeren (Energitilsynet), med angivelse af grundlaget herfor efter regler fastsat af tilsynet...

Stk. 4. Finder Energitilsynet, at tariffer, omkostningsfordeling eller andre betingelser er urimelige eller i strid med bestemmelserne i §§ 20, 20 a og 20 b eller regler i henhold til loven, giver tilsynet, såfremt forholdet ikke gennem forhandling kan bringes til ophør, pålæg om ændringer af tariffer, omkostningsfordeling eller betingelser

Kilde: [Klima-, Energi- og Bygningsministeriet, 2011b]

For fjernvarmesektoren gælder, som det fremgår af § 20 i varmemforsyningsloven, at priserne kun må indregne nødvendige udgifter. Det kaldes populært "hvile-i-sig-selv"-princippet og betyder, at der ikke må genereres et overskud i fjernvarmesektoren, men at afregningen til forbrugerne kun må dække de reelle udgifter.

Energitilsynet fører tilsyn med fjernvarmepriserne og kan, såfremt loven ikke overholdes pålægge at fjernvarmeselskaberne ændrer deres priser. Der er dermed ingen direkte påvirkning af varmemforsyningsplanlægningen, ud over at der føres tilsyn med prisudviklingen.

Energiklagenævnet

Energiklagenævnet tager sig af klager inden for energiområdet. Det er et uafhængigt klagenævn under Klima-, Energi- og Boligministeriets ressortområde. Energiklagenævnet er den øverste klageinstans for afgørelser truffet af energimyndigheder. Dette er først og fremmest afgørelser truffet af Energistyrelsen, Energitilsynet og kommunerne. [Energiklagenævnet, 2014]

Som aktør inden for varmemforsyningsområdet har energiklagenævnet kun en indflydelse, såfremt en klagesag indbringes for nævnet. Der foregår dermed ikke en direkte påvirkning af planlægningen inden for varmemforsyningsområdet.

3.1.2 Regionalplanlægning

I regionalplanlægningen fastsættes målsætninger for den regionale udvikling inden for blandt andet energiområdet. Fastsættelsen af målsætninger bliver foretaget af regionerne gennem regionale udviklingsplaner. [Miljøministeriet, 2007]

Regioner

Inden for varmemforsyningsplanlægning er der i varmemforsyningsloven ikke fastsat opgaver eller ansvar, der er pålagt regionerne. Dermed har de ikke en egentlig indflydelse på varmemforsyningsplanlægningen. Under udarbejdelsen af de regionale udviklingsplaner er det dog muligt at inddrage målsætninger for varmemforsyningen.

Regionerne har dermed ingen direkte indflydelse på varmemforsyningsplanlægningen i henhold til varmemforsyningsloven, men kan medvirke til at skabe regionale målsætninger for udviklingen af varmemforsyningen. De pålægger så kommunerne, at bestræbe sig på at udføre disse målsætninger.

3.1.3 Kommunalplanlægning og lokalplanlægning

Som det fremgår af § 3 i varmemforsyningsloven, se boks 3.3 på side 24, er det kommunernes opgave i samarbejde med forsyningsselskaberne at udføre varmemforsyningsplanlægningen. Den overordnede del af denne planlægning foregår i kommunalplanlægningen, mens den detaljerede planlægning foregår i lokalplanlægningen. Da de samme aktører optræder i begge planlægningsniveauer, laves en samlet beskrivelse for de to niveauer.

Kommuner

For at overholde § 1 i varmemforsyningsloven skal kommunen sikre, at der etableres den mest samfundsøkonomiske varmeform, se boks 3.2 på side 23. Det er kommunens ansvar at godkende projekter til etablering eller ændring af kollektive varmemforsyningsanlæg, hvilket fremgår af § 4 i varmemforsyningsloven, se boks 3.5, men udførslen af beregningerne kan ske i samarbejde med forsyningselskaberne.

Boks 3.5: Bekendtgørelse af lov om varmemforsyning

§ 4. Kommunalbestyrelsen godkender projekter for etablering af nye kollektive varmemforsyningsanlæg eller udførsel af større ændringer i eksisterende anlæg.

Kilde: [Klima-, Energi- og Bygningsministeriet, 2011a]

Kommunerne er ansvarlige for at det blive belyst, om kollektiv forsyning kan etableres i områder inden for kommunegrænsen. De kan samtidig påbyde, at et godkendt projekt skal gennemføres af et eksisterende kollektiv varmemforsyningsanlæg. Det er også muligt for kommunen at stille krav om, at kollektive forsyningsanlæg skal kunne anvende bestemte former for energi i produktionen samt benytte bestemte former for energi i et fastsat omfang [Klima-, Energi- og Bygningsministeriet, 2011b].

I henhold til tilslutningsbekendtgørelsens § 2 kan kommunerne også pålægge tilslutnings- og forblivelsespligt til ny og eksisterende bebyggelse, som det fremgår af boks 3.6. Dog er der en række bygninger, der ikke kan kræves tilsluttet. Dette er fx eksisterende og nye lavenergibygninger samt bygninger, hvor mere end halvdelen af bygningens energiforbrug til opvarmning og forsyning af varmt vand dækkes af vedvarende energianlæg [Klima-, Energi- og Bygningsministeriet, 2011b]. Af § 19 stk. 4 i planloven fremgår det, at der altid skal dispenseres fra en tilslutningspligt, der fremgår af en lokalplan, for lavenergibyggeri, se boks 3.7 på den følgende side.

Boks 3.6: Bekendtgørelse om tilslutning m.v. til kollektive varmemforsyningsanlæg

§ 2. Kommunalbestyrelsen kan pålægge ny og eksisterende bebyggelse tilslutnings- og forblivelsespligt til et kollektivt varmemforsyningsanlæg. Beslutning herom kan ikke træffes, før forudsætningerne herfor er belyst i et af kommunalbestyrelsen godkendt projekt. Beslutningen skal træffes samtidig med eller umiddelbart efter godkendelse af projektet.

Kilde: [Klima-, Energi- og Bygningsministeriet, 2011b]

Boks 3.7: Bekendtgørelse af lov om planlægning

§ 19, stk. 4. Kommunalbestyrelsen skal dispensere fra en lokalplans bestemmelser om tilslutning til et kollektivt varmforsyningsanlæg som betingelse for ibrugtagning af ny bebyggelse, når bebyggelsen opføres som lavenergibebyggelse, jf. § 21 a.

§ 21 a. Ved lavenergibebyggelse forstås bebyggelse, der på tidspunktet for ansøgningen om byggetilladelse opfylder de energirammer for energiforbrug for lavenergibygninger, der er fastsat i bygningsreglementet.

Kilde: [Miljøministeriet, 2007]

Fjernvarmeselskaber

Fjernvarmeselskaberne i Danmark bygger og driver fjernvarmenettene. De er forpligtede til at levere varme i de områder, der i kommunerne udlægges til fjernvarme. Fjernvarmeselskaberne skal sammen med kommunerne udføre planlægningen af varmforsyningen.

Fjernvarmeselskaberne er forpligtede til at følge de påbud, der udstedes af kommunerne eller Klima-, Energi- og Bygningsministeriet.

Det er fjernvarmeselskaberne, der fastsætter priserne for levering af varmen, hvilket fremgår af § 20 i varmforsyningsloven, se boks 3.4 på side 25. Samtidig fremgår det også, at der kun kan inddrages udgifter, der er nødvendige for driften og produktionen af varme samt til dækning af underskud eller større investeringer. Varmeforsyningen skal altså "hvile-i-sig-selv" og kan ikke øge varmeprisen, uden at kunne påvise et behov i forbindelse med driften.

Af § 20 stk. 5 fremgår det, at det for fjernvarmeselskabet er muligt at have differentierede priser for enkelte kunder, grupper af kunder eller geografiske områder. Det er altså muligt at tilbyde en alternativ afregning til fx store erhvervskunder eller bygninger, der er bygget som lavenergibygninger. De fastsatte tariffer skal indberettes til Energitilsynet, der vurderer om de overholder bestemmelserne i loven.

Forbrugere

Forbrugerne skal i sidste ende træffe beslutningen om, hvilken opvarmningsteknologi de ønsker i deres boliger. Som det fremgår af boks 3.7 skal der for lavenergibyggeri gives dispensation for tilslutningspligt til fjernvarme og dermed kan forbrugerne vælge alternative opvarmningsteknologier.

Såfremt forbrugerne vælger at tilslutte sig fjernvarme, er de i henhold til varmforsyningslovens § 23 h sikret indflydelse gennem et flertallet i bestyrelsen for fjernvarmeselskabet, se boks 3.8 på næste side. Flertallet kan opnås enten ved direkte valg af flertallet af medlemmerne i bestyrelsen, eller ved indirekte valg, hvor kommunalbestyrelserne vælger flertallet af medlemmer i bestyrelsen.

Hvis det ikke lykkes at give forbrugerne eller kommunerne denne indflydelse, skal der i henhold til § 23 i varmforsyningsloven etableres et repræsentantskab valgt af forbrugerne, se boks 3.8. Repræsentantskabet har som opgave at vælge flertallet af bestyrelsen for fjernvarmeselskabet.

Boks 3.8: Bekendtgørelse af lov om varmforsyning

§ 23 h. Flertallet af bestyrelsesmedlemmerne i en virksomhed, der ejer et anlæg til fremføring af opvarmet vand eller damp, skal vælges af de forbrugere, hvis ejendomme er tilsluttet virksomhedens anlæg, eller af en eller flere kommunale bestyrelser i virksomhedens forsyningsområde i kraft af disses udøvelse af deres ejerbeføjelser på virksomhedens generalforsamling eller på anden måde. Flertallet kan også vælges af forbrugerne og en eller flere kommunale bestyrelser i forening.

§ 23 i. Såfremt forbrugerne eller kommunale bestyrelser eller disse i forening ikke har den i § 23 h nævnte indflydelse i virksomheden, skal der etableres et forbrugerrepræsentantskab. Forbrugerrepræsentantskabet skal bestå af 11 medlemmer valgt af de forbrugere, hvis ejendomme er tilsluttet virksomhedens anlæg, og har til opgave at vælge flertallet af bestyrelsesmedlemmerne i virksomheden.

Kilde: [Klima-, Energi- og Bygningsministeriet, 2011b]

Ved at sikre en aktiv forbrugerindflydelse i fjernvarmeselskaberne påhviler det også forbrugerne at deltage i arbejdet med planlægningen af varmforsyningen, hvis de vælger at tilslutte sig fjernvarme.

3.1.4 Indirekte påvirkning

Dette afsnit gennemgår aktører, der ikke er direkte involveret i varmeplanlægningen, men som kan have en afgørende betydning for, hvordan planlægningen foregår. Afsnittet omhandler naturklagenævnet og finansministeriet.

Naturklagenævnet

Naturklagenævnet behandler blandt andet klager vedrørende planområdet [Natur- og miljøklagenævnet, 2014]. Dermed skal klager over fx tilslutningspligt, når pligten er indført gennem en lokalplan, behandles af naturklagenævnet, mens det er energiklagenævnet, der træffer afgørelse, når pligten er indført gennem varmforsyningsloven. Det betyder, at naturklagenævnet kun har indflydelse på fjernvarmforsyningen, såfremt der bliver indklaget beslutninger truffet i en lokalplan.

Finansministeriet

Som det fremgår af § 1 i varmforsyningsloven, skal det sikres, at energi til opvarmning af bygninger og varmt brugsvand anvendes mest samfundsøkonomisk. For at beregne samfundsøkonomien benyttes den samfundsøkonomiske diskonteringsrente, der fastsættes af Finansministeriet.

Værdien af diskonteringsrenten har betydning for udfaldet af samfundsøkonomiske beregninger, da det ved anvendelse af en diskonteringsrente forsøges at fastsætte værdien af fremtidige økonomiske indtægter og udgifter i forhold til nutidige værdier. Niveauet af diskonteringsrenten har dermed størst påvirkning på projekter med en lang levetid, hvilket ofte vil være gældende for projekter indenfor varmeplanlægningen.

Diskonteringsrenten blev i 2013 ændret fra en fast værdi på 5 % for alle perioder til fremover at være 4 % de første 35 år, 3 % fra år 36 til år 70 og 2 % i alle efterfølgende år, som det fremgår af boks 3.9. [Finansministeriet, 2013]

Boks 3.9: Den samfundsøkonomiske diskonteringsrente

År 0-35	4 %
År 36-70	3 %
År 70 og efterfølgende	2 %

Kilde: [Finansministeriet, 2013]

3.2 Aktørnetværksanalyse

For at skabe gunstige vilkår for at den ønskede udvidelse af fjernvarmens forsyningsområde succesfuldt kan realiseres, er det ikke nok alene at identificere de individuelle aktører i varmeplanlægningsprocessen. Lige så essentielt, hvis ikke mere, er det at etablere en dybere forståelse af samspillet mellem disse aktører [Callon, 1986]. For hver aktør bestemmes det derfor, hvordan deres individuelle målsætninger spiller sammen med ønsket om at udvide fjernvarmens forsyningsområde.

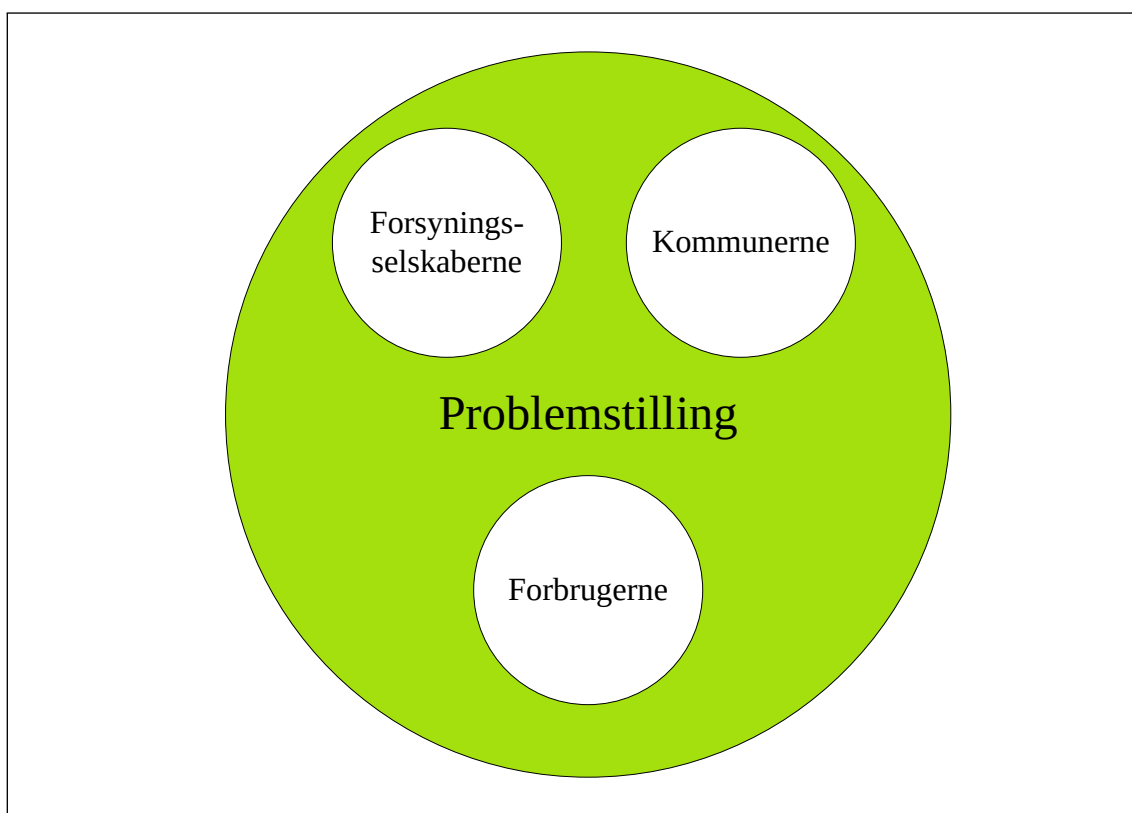
Ved at etablere en holistisk forståelse af de indbyrdes forbindelser samt magt- og beslutningsmekanismer, der danner grundlag for netværket mellem de identificerede aktører, skabes en mulighed for, på baggrund af de enkelte aktørers individuelle mål og holdninger, at danne gunstige rammer for samarbejde mellem de involverede aktører og således også en grobund for aktørmæssigt engagement i projektet [Callon, 1986]. Det afgrænsede aktørnetværk vil ligeledes anvendes til at definere forståelsesrammen for rapportens forsatte indhold og den kontekst det gør sig gældende i.

3.2.1 Afgrænsning af netværk

Første trin, for at etablere en sådan forståelse, er ifølge [Callon, 1986], at afgrænse det netværk, der ønskes undersøgt i forhold til den problemstilling der skal løses. I det foregående er de aktive aktører i varmeplanlægningens juridiske struktur identificeret. Det er dog ikke alle aktører, der har en direkte indflydelse på, om fjernvarme vælges som opvarmningsteknologi i nye boligområder.

Da det jf. varmforsyningslovens bestemmelser er *kommunerne*, der har til opgave at udføre planlægningen af den kollektive varmforsyning gennem eksempelvis lokalplanlægning bør

kommunerne således indgå som en del af det afgrænsede aktørnetværk. *Forsyningsselskaberne* har ligeledes en central rolle i forbindelse med problemstillingen, idet de skal samarbejde med kommunerne i planlægningen af den kollektive varmforsyning og endvidere er forpligtigede til at levere varme i områder, hvor kommunerne beslutter at udlægge fjernvarme. *Forbrugerne* bør ligeledes indrages som en central aktør i det afgrænsede netværk, da det jf. både planloven og varmforsyningsloven ikke er muligt at pålægge lavenergibyggeri tilslutningspligt. Hvis kommunerne og forsyningsselskaberne vælger at udlægge kollektiv varmforsyning til nye boligområder er det således i sidste ende forbrugerne, der afgør, hvorvidt den enkelte bolig skal anvende fjernvarme eller individuelle opvarmningsteknologier. Netværket af aktører, der danner grundlag for det videre analysearbejde, afgrænses således som illustreret på figur 3.2.

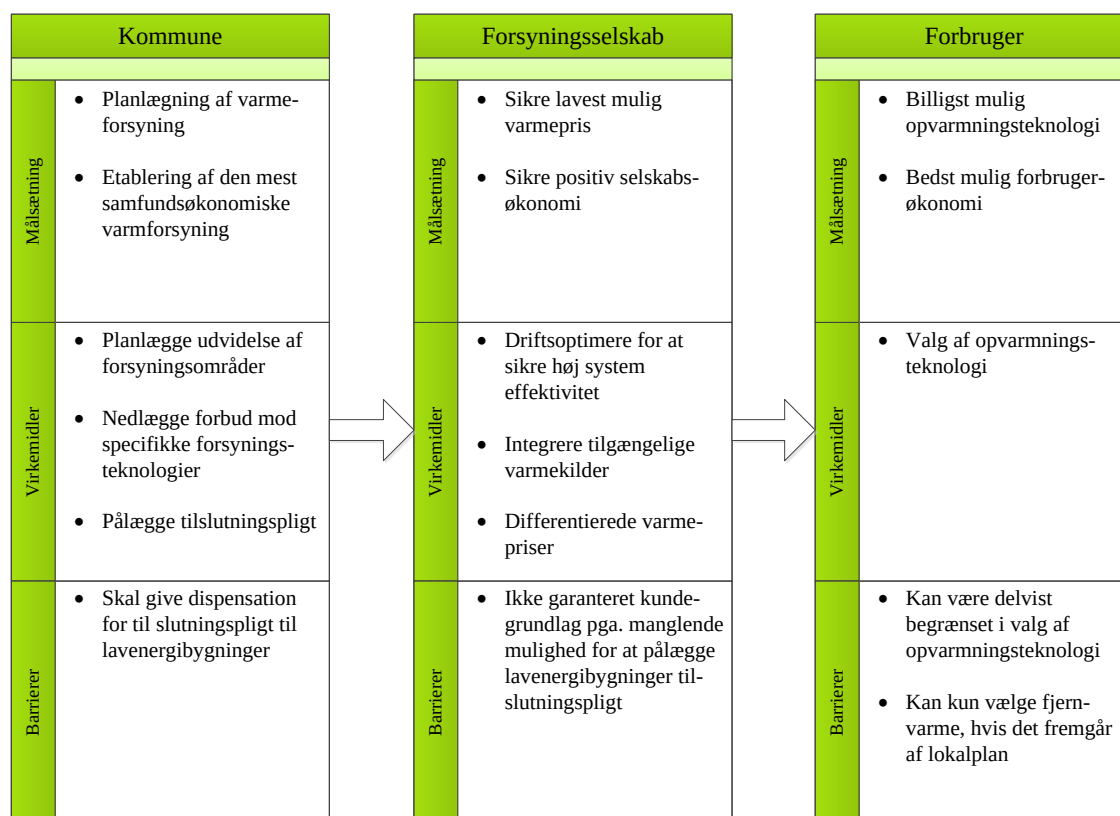


Figur 3.2: Det afgrænsede aktørnetværk, der danner udgangspunkt for besvarelsen af den opstillede problemstilling.

Drages der paralleller mellem det netop afgrænsede aktørnetværk og varmeplanlægningssystemet ses det, at netværket afspejler det kommunale og lokale niveau af varmeplanlægningen, se figur 3.1 på side 22, hvorfor den opstillede problemformulering forsøges behandlet i henhold til de planlægningsmæssige kompetencer og værktøjer, der er til rådighed for de involverede aktører. Indeværende speciales problemformulering behandles således ud fra et kommunalt og forsyningsselskabs synspunkt, med de virkemidler og værktøjer dette indebærer og med en målsætning om at gøre fjernvarme attraktivt for forbrugerne.

3.2.2 Individuelle mål og udfordringer

Dette afsnit vil fokusere på, at analysere hver af de tre aktører i det afgrænsede aktørnetværk med henblik på at bestemme, hvilke målsætninger de hver især har og hvordan det spiller sammen med det nationale ønske om at udvide fjernvarmens forsyningsområde. De mest væsentlige målsætninger, virkemidler og barrierer identificeret for de tre aktører fremgår af figur 3.3.



Figur 3.3: Oversigt over målsætninger, virkemidler og barrierer for henholdsvis kommune, forsynings-selskab og forbruger.

Kommunerne

Kommunerne har til opgave at videreføre de nationale og regionale målsætninger og skal dermed opfylde ønsket om en stigende forbrugertilslutning til fjernvarme. De er samtidig ansvarlige for at opstille individuelle energi- og klimamålsætninger, hvilket blandt andet kan være, at nybyggeri skal opfylde energikravet for lavenergibyggeri. Disse målsætninger kan formuleres i lokalplaner for nye boligområder.

Gennem kommunal- og lokalplanlægningen specificeres nye forsyningsområder for fjernvarme i samarbejde med forsyningsselskaberne. Det er samtidig muligt for kommunen at påvirke, hvilke alternativer forbrugerne kan vælge ved at nedlægge forbud mod specifikke varmeteknologier inden for afgrænsede områder. Hvilke områder, der udlægges til fjernvarme, afgøres af samfundsøkonomi, da kommunen skal sikre, at den mest samfundsøkonomiske varmeløsning vælges for hvert område.

Det er muligt for kommunerne at pålægge tilslutningspligt i områder, men de er samtidig forpligtiget til at give dispensation for denne pligt til lavenergibyggeri. Det er altså muligt at indskrive i en lokalplan, at boliger skal opføres som lavenergibyggeri og har tilslutningspligt, samtidig med at det skal fremgå, at der vil blive dispenseret for denne pligt for lavenergibyggeri.

Når der ikke er sikkerhed for, at forbrugerne vælger fjernvarme er der risiko for, at samfundsøkonomien i projektet ændres, hvis færre end beregnet tilslutter sig fjernvarme. Såfremt et område udlægges til fjernvarme, er der pligt til at forsyne dette område, hvilket medfører dårlig økonomi i projektet, hvis kun nogle få forbrugere vælger at tilslutte sig.

Forsyningsselskaberne

Forsyningsselskaberne har til opgave, at medvirke til at udføre planlægningen af varmeforsyningen i kommunerne. De skal samtidig forsøge, at sikre en positiv selskabsøkonomi i de områder, der udlægges til fjernvarme.

Idet det ikke er muligt at benytte tilslutningspligt som et virkemiddel til at sikre et kundegrundlag i områder med lavenergibyggeri, står forsyningsselskaberne over for at skulle agere i et nyt marked, hvor der skal konkurreres direkte mod alternative individuelle opvarmningsteknologier. Det forventes, at forbrugerøkonomien i de forskellige løsninger bliver et væsentligt konkurrenceparameter.

Udlægges et område til forsyning med fjernvarme, er forsyningsselskaberne forpligtet til at levere varme til de boliger, der vælger at tilslutte sig. Dermed kommer forsyningsselskaber til at stå dårligt selskabsøkonomisk, hvis kun få kunder vælger at tilslutte sig. Dette giver altså et stort incitament til at arbejde for at overbevise flest muligt om at vælge fjernvarme i områder udlagt til fjernvarme.

Da forbrugerøkonomien forventes at være et væsentlig konkurrenceparameter for valget af varmeteknologi vil fastsættelsen af varmeprisen få stor betydning for, hvordan fjernvarme klarer sig i konkurrencen. Priserne skal følge "hvile-i-sig-selv"-princippet og dermed afspejle omkostningerne til at producere og levere varmen, men det er muligt at differentiere priserne for forskellige kundegrupper. Dermed kan priserne med juridisk hjemmel prissættes anderledes for områder udlagt til lavenergibyggeri, såfremt det kan lade sig gøre uden at påvirke de resterende kunder negativt.

Yderligere er det muligt for forsyningsselskaberne at arbejde for at optimere systemvirkningsgraden ved fx at integrere tilgængelige varmekilder og udnytte nye teknologier som lavtemperaturfjernvarme. Alle besparelser, der kan opnås derved kan overføres til kunderne ved at sænke varmepriserne.

Forbrugerne

Det antages, at forbrugerøkonomien forbundet med varmeforsyningsteknologier er en væsentlig parameter for valg af teknologi, men forbrugerne er en uhomogen masse bestående af in-

divider med individuelle mål og holdninger, så dette er ikke nødvendigvis den rigtige antagelse for alle forbrugere

Andre parametre, der kan påvirke valget af varmeteknologier, er fx ideologiske holdninger til kollektiv varmforsyning, ønsket om høj komfort og dermed et varmeanlæg, der kræver minimal vedligehold eller mulighed for at skaffe billige brændsler til fx varmeanlæg baseret på biomasse.

Forbrugerne har som udgangspunkt mulighed for at vælge mellem en række forskellige varmeteknologier i forbindelse med opførslen af nye boliger. Dette valg kan dog begrænses af kommunerne, der kan nedlægge forbud med specifikke teknologier i et område. Endvidere er der i det gældende bygningsreglement udstedt forbud mod etablering af olie- og gasfyr som opvarmningsteknologi i nybyggeri [Energistyrelsen, 2014b]. Yderligere er fjernvarme kun en mulighed, såfremt det fremgår af lokalplanen for området.

I sidste ende er det forbrugerne, der beslutter hvilken opvarmningsteknologi, der vælges til boligerne. Dermed skal de overbevises om at vælge fjernvarme, hvis det nationale ønske om at udvide fjernvarmens forsyningsområde skal opfyldes.

3.3 Opsamling

Gennem dette kapitel er de centrale aktører i det danske varmeplanlægningsorgan samt deres roller blevet gennemgået. På baggrund heraf er der blevet afgrænset et aktørnetværk bestående af aktører centrale for valget af varmforsyningsteknologi i den enkelte bolig.

Det afgrænsede netværk omfatter kommunerne, forsyningselskaberne og forbrugerne, der alle tre er en del af kommunal- og lokalplanlægningen. Disse tre aktører danner rammer for de efterfølgende økonomisk analyser i indeværende speciale.

Da kommunernes varmeplanlægning jf. varmforsyningsloven skal fremme den mest samfundsøkonomiske varmforsyning, undersøges det, om der er samfundsøkonomisk rationale i at etablere fjernvarme i caseområdet beskrevet i kapitel 4. Såfremt et samfundsøkonomisk rationale eksisterer, bør kommunen fremme udbredelsen af fjernvarme til området. Samfundsøkonomien beregnes i kapitel 6.

Ligeledes undersøges det for samme område, om der opnås en selskabsøkonomisk fordel af at etablere fjernvarme som lavtemperatur i stedet for med traditionelle temperaturer. Dermed kan det fastslås, om der bør etableres fjernvarme i området, samt om denne fjernvarme bør etableres som lavtemperaturfjernvarme. Selskabsøkonomien beregnes ligeledes i kapitel 6.

For forbrugerne undersøges de forbrugerøkonomiske konsekvenser af at vælge henholdsvis fjernvarme eller varmepumper som opvarmningsteknologi, for dermed at fastslå, om der eksisterer et forbrugerøkonomisk rationale i at vælge fjernvarme frem for en individuel løsning med varmepumper. De forbrugerøkonomiske beregninger gennemgås i kapitel 7.

Definition af Case

I dette kapitel defineres det område, der er valgt som case for projektet ved at gennemgå vigtige informationer fra lokalplanen for området. Efterfølgende beskrives baggrunden for valget af netop dette område som case. Der fokuseres på, hvilke parametre der gør, at dette område kan repræsentere en generel type områder, der vil kunne findes mange steder i Danmark. Yderligere diskuteres det, hvilke begrænsninger området har i forhold til at kunne bruges som en generel repræsentant.

4.1 Området

Området valgt som case er et boligområde ved Danagården i Godthåb. Området er beliggende i Aalborg kommune nogle kilometer sydvest for Aalborg. Beskrivelsen af området er baseret på [Aalborg Kommune, 2014]. Kilden er et forslag til en ny lokalplan for området, hvilket betyder, at planen endnu ikke er godkendt. Indtil denne plan godkendes, er området udlagt som landbrugsområde, og det er derfor ikke muligt at benytte det til bebyggelse med boligformål. Det antages derfor, at den fremtidige lokalplan for området kommer til at følge det forslag, der forligger på tidspunktet for dette speciale. Dog med den ændring, at udlægningen af matrikler følger den nyeste plan tilsendt fra Aalborg Forsyning. [Aalborg Kommune, 2014, Aalborg Forsyning Varme, 2014a]

Som det beskrives i kapitel 3 og i henhold til planloven, udarbejdes lokalplanen af kommunen. Efter udarbejdelsen offentliggøres planen, og herefter følger en periode på otte uger, hvor borgere og andre interessenter kan komme med bemærkninger, indsigelser og forslag til ændringer. Det er herefter op til byrådet, om der skal foretages ændringer i lokalplansforslaget. Såfremt, der ikke foretages større ændringer, kan planen herefter godkendes, og området vil være omfattet af den nye lokalplan. [Aalborg Kommune, 2014] Det antages i dette projekt, at lokalplanen bliver godkendt, så den følger de overordnede linjer i lokalplansforslaget.

Området udlagt til ny beboelse i lokalplanen kan ses på figur 4.1 på den følgende side. Indenfor området omfattet af den nye lokalplan findes to eksisterende landbrugsbebyggelser. Den ene er udstykket som privat lystejeendom, og i forslaget bevares denne ejendom uændret. Den anden angives til at have middel bevaringsværdi, men samtidig vurderes det, at en bygningsrenovering ikke står i rimelig forhold til dens værdi til beboelsesformål eller som kulturminde. Denne ejendom kan derfor fjernes, hvis området benyttes til ny bebyggelse. Det er dog også muligt, at bevare bebyggelsen som en del af det fremtidige byggeri.



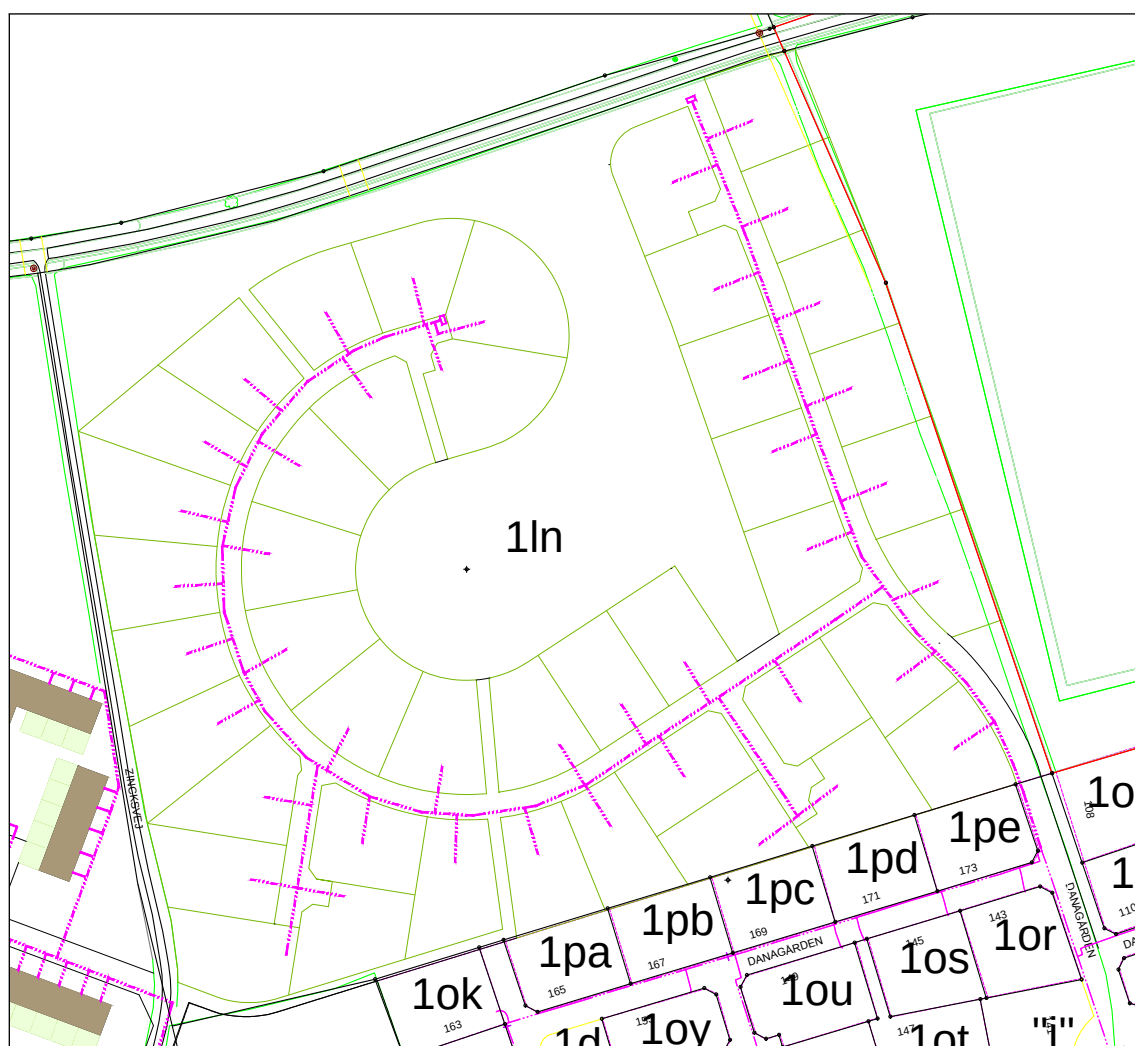
Figur 4.1: Området inddraget i forslag til lokalplan 6-2-103 [Aalborg Kommune, 2014].

Lokalplanen foreslår, at opdele området i to dele; delområdet A og delområde B. Delområdet A er det østlige område, der skal anvendes til åben og lav boligbebyggelse, og udgør på nuværende tidspunkt matrikel 1ln. Der kan maksimalt opføres 44 boliger og højst en bolig per ejendom. Hver grund skal være på mindst 900 m², og en bebyggelsesprocent på op til 30 % tillades. Det vestlige område, delområde B, skal anvendes til tæt boligbebyggelse, og udgør på nuværende tidspunkt matrikel 1c. Der må maksimalt opføres eller indrettes 118 boliger, der hver højst må være på 155 m². Det foreslås, at bebyggelsen kan udformes som selvstændige længer af rækkehuse eller som mere sammenhængende bebyggelse omkring et centralt opholds- og adgangsrum. Yderligere kan der længst mod vest placeres fire længer af rækkehuse, hver indeholdende 3-5 boliger. I alt kan der for begge områder opføres op til 162 boliger.

For alle boliger er der ifølge lokalplanen fjernvarmepligt. Dog skal der i henhold til varmeforsyningsloven gives dispensation for denne tilslutning for bygninger, der opfylder bygningsregle-

mentets krav til lavenergibyggeri. Samtidig kræves der, at boligerne skal opføres som lavenergibyggeri, som det defineres i bygningsreglementet. Dermed vil alle boliger også opnå krav på dispensation fra fjernvarmepligten, såfremt der ansøges om det.

Det er planlagt, at fjernvarmeforsyningen af de to områder skal ske selvstændigt [Aalborg Forsyning Varme, 2014a]. Dermed er det muligt, at arbejde med områderne individuelt. I dette projekt vil fokus være på boligerne i det østlige område, hvor der efter planen skal opføres parcelhuse. Det er valgt, at fokusere på parcelhusene, da det antages, at varmedensiteten vil være lavere for åben og lav bebyggelse end for tæt bebyggelse. Dermed vil det østlige område give de hårdeste konkurrencevilkår for fjernvarme. Aalborg Forsyning er i gang med arbejdet med at planlægge udlægningen af forsyningsledninger til området. Deres nuværende forslag samt inddelingen af matrikler for det østlige område fremgår af figur 4.2



Figur 4.2: Området udlagt med fjernvarme af Aalborg Forsyning Varme [Aalborg Forsyning Varme, 2014a].

I dette projekt vil der blive arbejdet med at kvantificere de samfunds- og selskabsøkonomiske forskelle ved at etablere almindelig fjernvarme og lavtemperaturfjernvarme. Yderligere vil en alternativ udlægning af ledningsnettet blive projekteret, for at undersøge om samfunds- og

selskabsøkonomiske fordele kan opnås derved. De samfunds- og selskabsøkonomiske beregninger fremgår af kapitel 6.

4.2 Baggrund for valg af caseområde

Området er valgt som case, idet en grundig beskrivelse af området er tilgængelig i forslaget til en ny lokalplan, og samtidig er yderligere information om blandt andet fjernvarmeselskabets planer for fjernvarmenet i området også tilgængelig.

Området repræsenterer en type af område, der er typisk for udstykninger til nye boliger. Normalt vil udstykning til nye boliger ske i enten et byomdannelsesområde eller et byudviklingsområde. Byomdannelsesområder er typisk områder, der tidligere har været brugt til fx erhverv, havn el. lign., som nu er fraflyttet, således, at området kan omdannes til eksempelvis beboelsesområde. Byudvidelse vil i stedet ofte være et barmarks projekt, hvor områder tidligere anvendt til landbrug inddrages til bymæssig bebyggelse. Typisk vælges et område i byranden, således, at infrastrukturen kan etableres i samspil med den allerede eksisterende infrastruktur. [Christensen, 2008]

Det valgte område ved Danagården i Godthåb er netop et byudvidelsesområde planlagt til at blive etableret på eksisterende landbrugsareal. Det bliver anlagt i byranden og tilsluttet den eksisterende infrastruktur. Dermed repræsenterer det et typisk byudvidelsesområde. Valget af området bygger således på den formodning, at lignende område vil kunne findes i mange andre byer i Danmark.

Den valgte case indeholder også nogle parametre, der ikke nødvendigvis vil findes tilsvarende i andre byudvidelsesområder. Størrelsen på området og antallet af boliger vil ikke nødvendigvis være tilsvarende i andre byudvidelser. Her gælder det, at områder med flere boliger muligvis kan opnå visse stordriftsfordele i forbindelse med etablering af fjernvarme, mens områder med færre kan risikere højere omkostninger for den enkelte parcel. Ligeledes vil afstanden til nærliggende forsyningsledning også have en indflydelse på økonomien for andre områder.

En meget væsentlig parameter er betydningen af hvilket fjernvarmeselskab, der leverer forsyningen til området. I den valgte case er det Aalborg Forsyning Varme, der skal levere fjernvarme. Aalborg Forsyning Varme har en lav varmepris og vil dermed have en betydelig konkurrencefordel i forhold til andre fjernvarmeværker. Derfor vil der i økonomiske beregninger blive set på, hvordan økonomien for fjernvarme i området vil være med en række andre fjernvarmeselskaber. Det antages således i disse beregninger, at et nøjagtigt tilsvarende område skal etableres i et område dækket af et andet forsyningselskab. Disse beregninger findes i kapitel 7.

Beskrivelse af forbrugermodel

Dette kapitel vil gennemgå modelarbejdet, der er lavet i løbet af projektperioden. En beskrivelse af metoderne, der benyttes i modellen kan findes i afsnit 2.4.4 på side 16. Dette kapitel har derfor fokus rettet mod en beskrivelse af, hvilke data modellen er bygget på, samt en beskrivelse af de kilder, der benyttes og funktionerne i modellen.

5.1 Antagelser

I dette afsnit gennemgås væsentlige antagelser for modelarbejdet. Disse antagelser har stor betydning for, hvilke parametre modellen er opbygget omkring og vil derfor blive gennemgået detaljeret, så det fremgår, hvad der ligger bag beslutningerne for hver antagelse. Der vil løbende i kapitlet blive nævnt andre mindre væsentlige antagelser og disse beskrives, hvor de nævnes i kapitlet.

5.1.1 Teknologikatalog

Som det beskrives i 2.3.3 på side 12 benyttes investeringsomkostninger fra [Energistyrelsen, 2013], der har til formål, „*at sikre et ensartet, alment accepteret og aktuelt grundlag for arbejdet med energiplanlægning*“ [Energistyrelsen, 2013]. Dette betyder blandt andet, at priserne fundet i kataloget ikke nødvendigvis svarer til det bedst mulige tilbud, som det er muligt for en kunde at opnå. Priserne anses i stedet for at repræsentere, hvad langt de fleste kunder vil kunne opnå for en velfungerende og korrekt udført installation.

5.1.2 Valg af teknologi

Af de tilgængelige teknologier i [Energistyrelsen, 2013] er det kun nogle få, der reelt er en mulighed for nye boliger. Et eksempel på teknologier, der ikke er tilgængelige for nybyggeri er gas- og oliefyr, da disse jf. gældende bygningsreglement ikke længere må etableres i nye bygninger [Energistyrelsen, 2014b]. En anden teknologi som solvarme vil være en mulighed, men vil ikke kunne dække det fulde behov til varme i en bolig og kan dermed kun bruges som et supplement til en anden forsyningsform. De umiddelbart bedste muligheder, til forsyning af nye boliger i byområder, er fjernvarme og elektriske varmepumper, herefter blot kaldet varmepumper.

Der findes forskellige typer af varmepumper, hvoraf to i [Energistyrelsen, 2013] vurderes til at kunne dække det fulde behov for både rumvarme og varmt brugsvand. Disse to er luft-til-

væske og væske-til-væske. Da luft-til-væske varmepumpen opsamler varme fra udeluften vil dens virkningsgrad blive påvirket negativt i situationer, hvor der er koldt udenfor. Dette betyder, at den vil have den dårligste virkningsgrad, når der er det største varmebehov. Samtidig er det en udfordring for luft-til-væske varmepumper, at de ikke må opstilles, hvis de støjer på naboens grund, hvilket kan være svært at undgå indenfor en byzone som beskrevet i blandt andre [Lund, 2008, Energistyrelsen, 2014g, Grontmij A/S, 2012].

For væske-til-væske varmepumper, hvor varmen opsamles gennem slanger i jorden, vil støj ikke være en udfordring. Samtidig bliver den også mindre påvirket af koldere vejr, da temperaturen i jorden ikke vil falde så markant som i luften. Dermed kan den holde en højere virkningsgrad, når der er størst behov for varme. Da alle byggegrunde i området for den valgte case skal være mindst 900 m², se afsnit 4.1 på side 35, vil der også være rigeligt med plads til udlægning af jordslangerne.

Baseret på ovenstående er det valgt, at sammenligne fjernvarme med væske-til-væske varmepumper til de enkelte boliger. Herefter benævnt jordvarme.

5.1.3 Størrelse på forsyning

Priserne, der benyttes fra [Energistyrelsen, 2013] er opgivet for 2015, og nye bygninger antages, at overholde energikravene efter Lavenergiklasse 2015. I kataloget antages det, at et nyt hus vil have et årligt forbrug på 6,0 MWh og bør kunne forsynes med 3 kW. For varmepumperne betyder det, at der for nye bygninger opgives data for et system på 5 kW. Disse tal tager kun hensyn til bygningsreglementet, og det nævnes også, at praktisk erfaring har vist, at bygninger i virkeligheden kan have et højere forbrug.

Af [Grøn Energi, 2013] fremgår det, at nye boliger typisk har et forbrug, der ligger væsentligt over det beregnede i energirammeberegninger. Dette stemmer også overens med resultaterne fundet i [Kristensen og Jensen, 2010], hvor de fleste af husene har et højere forbrug end beregnet. I [Grøn Energi, 2013] forudses et forbrug, der for BR2015 kan være næsten det dobbelte af energirammen.

I projektet *“Målt forbrug i lavenergiboliger af Verdo Varme A/S”* [Verdo Varme A/S, 2013] er der opsamlet data fra ca. 90 lavenergiboliger, heraf ca. 80 bygget som BR 2010 klasse 2015 lavenergihuse. Her findes et forbrug for parcelhuse på ca. 76 kWh per m² som gennemsnit for parcelhusene i projektet. Ud fra resultatet anbefales det, at fjernvarme til denne hustype kan dimensioneres til enten 25 kW med direkte veksler eller til 10 kW med varmtvandsbeholder. Dette stemmer også godt overens med beregninger foretaget i bilag D på side 107. Disse beregninger viser, at en forsyning på 5 kW vil have svært ved at dække et behov for tre bade indenfor en time. Dermed vil en 5 kW forsyning muligvis ikke kunne dække de komfortmæssige krav, der stilles til en varmeforsyning i en bolig. Anbefalingerne fra [Verdo Varme A/S, 2013] på henholdsvis 10 og 25 kW afhængigt af, om der installeres en varmtvandsbeholder vil derfor blive fulgt.

5.1.4 Distributionsnet som en del af byggemodning

For fjernvarme er der, ud over omkostninger til installationer til den enkelte bolig, en omkostning til distributionsnet. Denne omkostning kan inkluderes som en del af byggemodningen [Christensen, 2008]. Denne fremgangsmåde anbefales af Dansk Fjernvarme med følgende formulering:

„I forhold til blandt andet lavenergiboliger, der automatisk fritages for tilslutningspligten, opnår man ved at opkræve byggemodningsbidrag, at værkets risiko ved at deltage i en ny udstykning reduceres betragteligt.“

[Nielsen og Hansen, 2008]

Ved deltagelse i workshoppene om lavtemperaturfjernvarme, beskrevet i bilag A på side 93, blev gruppen desuden bekendt med, at der i Brønderslev Kommune har været en uheldig oplevelse med en situation, hvor denne mulighed ikke blev benyttet, og kommunen efterfølgende endte med en del af regningen for distributionsnettet.

Omkostningen til distributionsnettet i alle beregninger i indeværende speciale, antages dermed at skulle betales i forbindelse med byggemodning af grunden. Anlægsomkostningerne regnes derfor særskilt i afsnit 6.2 på side 54 og vil ikke påvirke forbrugernes årlige omkostninger til varme. Såfremt det besluttet at udlægge området til fjernvarme, vil alle boliger altså skulle betale til distributionsnettet, også selvom de ikke tilsluttes til fjernvarmenettet men vælger en individuel løsning.

5.1.5 100 % tilslutning til valgt opvarmningsteknologi

I alle beregninger antages det, at der er 100 % tilslutning til den valgte opvarmningsteknologi. Såfremt en mindre tilslutning af forbrugerne opnås, vil de to konkurrerende teknologier blive påvirket forskelligt.

For fjernvarme vil en tilslutning, der er mindre end 100 % betyde, at andelen af varmetab i distributionsnettet bliver større for de resterende forbrugere. I kraft af valget om at benytte byggemodning vil der ikke opstå en underdækning af distributionsnettet. For varmepumper vil en lavere tilslutning ikke påvirke de resterende boliger.

5.2 Investeringspriser

Investeringspriserne for de forskellige varmeteknologier er fundet i [Energistyrelsen, 2013]. Priserne i beregningerne er for varmeanheden og inkluderer installation og tilkobling. Priserne inkluderer til gengæld ikke den interne varmedistribution i form af enten radiatorer eller gulvvarme. Dette skyldes, at den interne distribution skal etableres for både fjernvarme og varmepumper, og det antages, at denne installation vil have samme omkostning for begge varmesystemer. Priserne for fjernvarme og varmepumpeinstallationer kan ses i tabel 5.1 på den følgende side.

	Fjernvarme (gennemstrømning)	Fjernvarme (varmtvandstank)
Kapacitet til varmeproduktion [kW]	10	10
Virkningsgrad, årligt gennemsnit [%]	98	98
Investering per enhed [DKK]	13.913	32.463
Yderligere investering [DKK]	27.825	27.825
Drift og vedligehold [DKK/år]	1.391	1.391

	Varmepumpe (væske til væske)	Varmepumpe (væske til væske)
Kapacitet til varmeproduktion [kW]	5	10
Virkningsgrad, årligt gennemsnit [%]	330	330
Investering per enhed [DKK]	102.025	129.850
Yderligere investering [DKK]	0	0
Drift og vedligehold [DKK/år]	1.855	1.855

Tabel 5.1: Priser for varmeinstallationer til både varmt brugsvand og rumvarme [Energistyrelsen, 2013].

Som det fremgår af tabel 5.1, er der opgivet priser for varmepumpe med en kapacitet på både 5 og 10 kW. Som beskrevet i afsnit 5.1.3 på side 40 regnes der for et system med en forsyning på 10 kW. Prisen for de 5 kW vil dog blive brugt i følsomhedsberegninger, for at se hvilken besparelse, der kan opnås, hvis en 5 kW varmepumpe kan dække varmebehovet.

For fjernvarmen er der opgivet en yderligere investering. Denne betegnelse dækker over stikledning og måler og vil afhænge af, hvor lang en stikledning, der er behov for. Værdien fra kataloget benyttes i det videre modelarbejde, men det kan betyde en større ændring af den samlede investering for den enkelte bolig, hvis der skal laves en betydeligt kortere eller længere stikledning.

5.3 Forbrugspriser

Dette afsnit gennemgår, hvilke forbrugspriser, der benyttes til afregning af forbrug for de to teknologier. For varmepumper er forbruget el, mens det for fjernvarmeinstallationer er fjernvarme. Elprisen findes som et nationalt gennemsnit og i en følsomhedsanalyse undersøges det, hvordan det påvirker omkostningerne for en varmepumpe, hvis denne pris stiger eller falder.

For fjernvarme gælder det, at de enkelte værker har meget forskellige fordelinger mellem afregningen af faste og variable udgifter. Samtidig er den samlede omkostning ved fjernvarme meget afhængig af blandt andet produktionsmetode. Der er derfor en stor spredning i fjernvarmepriser afhængig af hvilket værk en forbruger kobles til.

5.3.1 Elpriser

For elopvarmede boliger, med et elforbrug over 4.000 kWh årligt, kan der opnås en reduceret elafgift på forbrug over 4.000 kWh, se boks 5.1 på næste side og 5.2 på modstående side

Boks 5.1: Elafgiftsloven med seneste ændring, LOV nr 903 af 04/07/2013

§ 6. Af forbrug af elektricitet i helårsboliger, der opvarmes ved elektricitet, betales en afgift på 41,9 øre per kWh (2015-niveau) af den del af forbruget, der overstiger 4.000 kWh årligt. Af andet forbrug af elektricitet betales en afgift på 84,7 øre per kWh (2015-niveau).

Stk. 2. Satserne i stk. 1 med undtagelse af 4,6 øre per kWh reguleres efter § 32 a i lov om energiafgift af mineralolieprodukter m.v. I 2014 er satserne dog som anført i bilag 2.

Kilde: [Skatteministeriet, 2013]

Boks 5.2: Elafgiftsloven med seneste ændring, LOV nr 903 af 04/07/2013, Bilag 2**Satser for elafgiftslovens 6, stk. 1**

		1. jan. - 31. dec. 2014
Elektricitet, der overstiger 4.000 kWh årligt i helårsboliger, der opvarmes ved elektricitet	øre/kWh	41,2
Anden elektricitet	øre/kWh	83,3

Kilde: [Skatteministeriet, 2013]

Det antages i modelleringen, at de enkelte boliger har et elforbrug ud over elvarme på mindst 4.000 kWh. Dermed vil prisen for el til varmeformål være pålagt en lavere elafgift. Den anvendte elpris, samt elementerne denne indeholder fremgår af tabel 5.2 på næste side. I tabellen er der anvendt gennemsnitlige priser for hele landet. Der føres desuden statistik over prisudviklingen i henholdsvis Øst- og Vestdanmark. For Østdanmark er den samlede pris ca. 4 % højere end landsgennemsnittet, mens den i Vestdanmark er ca. 3 % lavere end landsgennemsnittet [Energitilsynet, 2014a].

Eftersom elpriserne i tabel 5.2 på den følgende side er baseret på et landsgennemsnit, betyder det, at der i nogle områder vil være en højere eller lavere elpris. Derfor udføres en følsomhedsanalyse, der fastslår, hvordan en ændring i elprisen vil påvirke forbrugerøkonomien for en varmepumpe. Dette vil samtidig også kunne illustrere konsekvensen af, at have en varmepumpe i henholdsvis Øst- og Vestdanmark.

Som det fremgår af tabel 5.2 på næste side har afgifter en stor indflydelse på elprisen og dermed økonomien for blandt andet varmepumper. Disse afgifter er ligesom afgifter i varmesektoren fastsat i Folketinget, se afsnit 3.1.1 på side 23. Reduktionen af afgifter for elvarme er også fastsat i folketinget og er medvirkende til, at flere har økonomisk mulighed for at benytte varmepumper til varmeformål.

Priselement øre/kWh	Forbrug op til 4.000 kWh	Forbrug > 4.000 kWh
Net-abonnement	14,1	0,0
<i>Nettarif</i>	45,7	45,7
<i>Heraf til distribution</i>	19,3	19,3
<i>Heraf overliggende net</i>	0,5	0,5
<i>Heraf PSO-tarif</i>	19,0	19,0
<i>Heraf net- og systemtarif</i>	6,9	6,9
Samlet netbetaling	59,8	45,7
Ren elpris-abonnement	2,8	0,0
Ren elpris	36,7	36,7
Samlet elpris uden afgifter og moms	99,2	82,4
Afgifter og moms	128,9	72,1
<i>Heraf energispareafgift</i>	0,0	0,0
<i>Heraf elafgift</i>	83,3	41,2
<i>Heraf eldistributionsafgift</i>	0,0	0,0
<i>Heraf elsparebidrag</i>	0,0	0,0
<i>Heraf moms</i>	45,6	30,9
Samlet elpris med afgifter og moms	228,2	154,5

Tabel 5.2: Gennemsnitlige elpriser for hele landet, marts 2014 [Energitilsynet, 2014a]. Kolonnen for elforbrug over 4.000 kWh er uden abonnementer og med reduceret elafgift.

5.3.2 Fjernvarmepriser

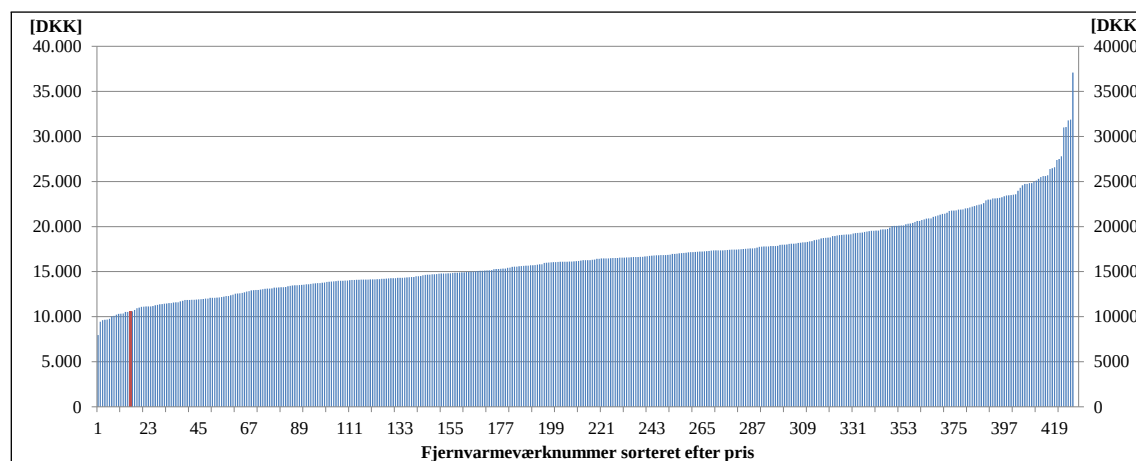
Fjernvarmepriser er overordnet set opdelt i to elementer, et fast og et variabelt. I den faste del indgår fx abonnement, målerleje, BBR m²-bidrag, m³-bidrag og lignende, mens den variable del typisk er en opkrævning per energienhed. [Tang, 2013]

Som udgangspunkt fastlægges tariffene, så de er omkostningsægte. Det betyder, at den faste del af skal dække udgifter til faste omkostninger som husleje, personale, afskrivninger osv., mens den variable del skal dække udgifter til indkøb af energi, afgifter samt drift og vedligehold i forbindelse med produktionen. [Tang, 2013]

Energitilsynet er som tilsynsførende myndighed ansvarlig for at føre statistik over fjernvarmepriserne. Statistikken er gjort tilgængelig på deres hjemmeside, og den seneste statistik fra 15. marts 2014 vil i det følgende blive anvendt til en gennemgang af prisspredningen i Danmark. Prisspredningen kan ses på Figur 5.1 på næste side og gælder for en standardbolig på 130 m² med et varmekonsum på 18,1 MWh [Energitilsynet, 2014c].

Som det fremgår af Figur 5.1 er der en forholdsvis stor variation i fjernvarmepriserne. Det dyreste værk har en pris på 37.090 DKK. mens det billigste har en pris på 7.956 DKK Ligesom med

elprisen påvirkes fjernvarmeprisen også af afgifter. Størrelsen af denne påvirkning afhænger af produktionsmetoden for de enkelte fjernvarmeværker. Det er for fjernvarme også folketetinget, der fastsætter afgifterne, og dermed har folketetinget en direkte indvirkning på konkurrencesituationen mellem fjernvarme og varmepumper, se afsnit 3.1.1 på side 23.



Figur 5.1: Prisstatistik for fjernvarme i Danmark baseret på fjernvarmeforsyningernes prisanmeldelser til Energitilsynet med ikrafttrædelsesdato til og med 15. marts 2013 [Energitilsynet, 2014c]. Aalborg Forsyning er markeret med rødt.

Til forskel fra elpriserne, hvor det for varmepumper kun er den variable del, der påvirker varmeprisen skal der for fjernvarme også betales abonnement og faste udgifter. Dette gør en sammenligning af fjernvarmeværker kompliceret, da andelen af faste priser varierer mellem de forskellige værker. Fra [Energitilsynet, 2014c] er det fundet, at den faste del udgør op til 61 %, mens den gennemsnitligt udgør 30 % af omkostningerne for en standard bolig.

I den specifikke case, er det prisen for Aalborg, der er gældende. Denne er i den lave ende med en pris på 10.026 kr og er markeret på figur 5.1 med rødt. Modellen vil blive brugt til at undersøge, hvilke fjernvarmeværker, der kan konkurrere med varmepumper baseret på [Energitilsynet, 2014c]. I det næste afsnit vil de specifikke priser for Aalborg blive gennemgået.

5.3.3 Aalborg Fjernvarme

De faste årlige udgifter er fordelt på to tariffer. Den første er et abonnement, der udgør en fast pris per tilsluttet bygning, mens den anden tarif er for den effekt, der stilles til rådighed for bygningen. Denne udregnes på baggrund af BBR arealet af bygningen. Den variable udgift er baseret på forbrug og beregnes efter antal kubikmeter fjernvarmevand, der er forbrugt i løbet af året. De enkelte tariffer kan ses i Tabel 5.3 på den følgende side. [Aalborg Forsyning Varme, 2011, 2014b]

Yderligere betales der i en række byer et kraftvarmetillæg, der er en tidsbegrænset tarif beregnet efter størrelse af bygningerne, og som udløber inden for en fastsat årrække [Aalborg Forsyning Varme, 2014b]. Kraftvarmetillægget er en tilbagebetaling af omkostningerne ved sammenkobling med nettet i Aalborg og findes ikke i Godthåb.

Den variable pris i Aalborg opgøres per kubikmeter fjernvarmevand og prisen for den leverede varme afhænger dermed af afkølingen af vandet. Derfor anvendes i stedet prisen per MWh opgivet til Energitilsynet. Denne pris er 392 DKK/MWh [Energitilsynet, 2014c].

Ydelse	Pris
Abonnement	1.250,00 kr.
Effekt per m ²	16,88 kr.
Forbrug per m ³	16,88 kr.

Tabel 5.3: Varmetakster for boligkunder i Aalborg forsyningsområde (inkl. moms) [Aalborg Forsyning Varme, 2014b].

5.4 Data for husstande og forbrug

I projektet benyttes data fra projektet *“Fremtidens Parcelhuse”* [Kristensen og Jensen, 2010]. Projektet omfatter byggegrunde til i alt 86 boliger, hvoraf de første stod indflytningsklar i 2007. På tidspunktet for undersøgelsen var der opført ca. 50 boliger. I de ni af disse boliger er der foretaget undersøgelser af bygningernes energi- og vandforbrug, samt målinger af indeklimaet. Data for forbruget i disse ni bygninger er baseret på målinger for et år korrigeret i forhold til antallet af graddage i året. Tre af bygningerne forsynes i midlertidigt med varmepumper, og det fremgår for disse bygninger kun hvor stor et elforbrug, der har været i forbindelse med opvarmningen. Disse bygninger er derfor frasorteret, da det uden kendskab til varmepumpernes COP ikke er muligt at anslå et endeligt varmekorrigeret forbrug.

For næsten alle huse gælder det, at de har et energiforbrug, der overstiger det beregnede forbrug markant. Det konkluderes yderligere i rapporten, at dette først og fremmest skyldes et større varmekorrigeret forbrug end beregnet [Kristensen og Jensen, 2010]. Data for de seks bygninger, der benyttes i dette projekt, kan ses i tabel 5.4 på næste side. Som hovedforsyning til varmekorrigering har alle seks bygninger angivet gas, mens der for fire også er yderligere forsyning i form af solvarme. Eftersom bygningsreglementet kun omfatter tilført energi, kan et byggeri ved at have egenproduktion overholde energikravene i bygningsreglementet, på trods af et forbrug, der egentligt er højere end tilladt, se boks 1.1 på side 3. Derfor anses det som realistisk, at også fremtidige bygninger, der skal overholde endnu strammere krav i en del tilfælde vil benytte sig af supplerende egenproduktion.

Fem af de seks huse overskrider både energirammeberegningerne foretaget på huset og energikravet til lavenergiklasse 2. Et enkelt hus skiller sig dog markant ud, hus 8 i det oprindelige materiale, angivet som hus 5 i denne rapport. Dette hus har på trods af det højeste antal beboere samtidig det laveste varmekorrigerede forbrug både til rumvarme og til varmt brugsvand. Det lave forbrug til rumvarme kan tildels forklares med en høj intern belastning i form af mange beboere og et meget stort elforbrug. Det lave forbrug af brugsvand vurderes i materialet at fremkomme ved et markant anderledes brugsmønster end de andre husstande. Det vurderes dog med baggrund i målerdata, at forbruget er opgjort korrekt, og at det lave forbrug altså ikke er fremkommet ved målerfejl men på grund af brugermønstret i husstanden. Derfor repræsenterer huset også et realistisk forbrugsmønster, og det er valgt også at benytte data fra huset i dette projekt.

Husnummer i model	Hus 1	Hus 2	Hus 3	Hus 4	Hus 5	Hus 6
Oprindeligt husnummer	1	2	5	7	8	9
Areal [m ²]	167	171	147,5	172	172	149,7
Personer i husstand	4	4	4	4	6	2
Varmekilde	Gas+sol	Gas+sol	Gas+sol	Gas+sol	Gas	Gas
Solvarme [m ²]	4,6	4,6	5,0	3,0	-	-
Bygningsel [kWh/år]	759	1.272	1.091	1.122	494	999
Elforbrug excl. bygningsel [kWh/år]	5.638	3.859	4.791	2.939	9.868	1.966
Vintertemperatur indendørs [°C]	21	22,7	22,1	20,5	21,1	21,5
Varmeforbrug [kWh/år]	8.279	9.920	10.345	13.555	3.288	7.561
Varmtvandsforbrug [l/person/døgn]	14,9	44	26,4	30,2	4,6	14,5

Tabel 5.4: Input data til model, alle data er graddagskorrigeret [Kristensen og Jensen, 2010].

Ved at benytte data fra disse seks husstande opnås et meget vekslende forbrug i de forskellige huse i modellen. Samtidig repræsenterer hvert hus også et realistisk forbrugsmønster, der kan forekomme i lavenergihuse. I modellen benævnes disse huse som hus 1-6 og vil blive fordelt ud på de 44 parceller. I afsnit 5.4.1 på næste side laves en fordeling af husenes varmeforbrug, så det er fordelt på varmtvandsforbrug og rumvarme. Desuden beskrives det, hvordan disse forbrug fordeles på timer hen over et år. Dette gøres for at kende det maksimale varmebehov for en enkelt time, så varmesystemet kan dimensioneres korrekt.

For at kunne fordele varmtvandsforbruget på timebasis, er der behov for en timeprofil for dette forbrug. I projektet *“Bygningsintegreret energiforsyning - Person- og forbrugsprofiler”* [Jensen et al., 2011] arbejdes der med at finde profiler for blandt andet varmtvandsforbrug. I projektet findes det, at der ikke er nogen sæsonafhængighed for varmtvandsforbruget. Til gengæld findes en forskel mellem forbruget i hverdage og ikke hverdage. Der er lavet relative forbrugsprofiler for henholdsvis hverdag og ikke hverdag, og disse vil i dette projekt blive benyttet til at fordele varmtvandsforbruget i bygningerne. De to profiler fremgår af figur 2.2 på side 18.

Da profilerne er et gennemsnit for flere huse og over længere perioder angiver de ikke det faktiske maksimale forbrug i husene. Desuden er profilerne lavet på timebasis, mens vandforbrug ofte vil have en meget kortere tidshorisont. Ofte vil et vandforbrug kun være nogle sekunder eller minutter, og det maksimale forbrug må derfor antages at være højere, end disse profiler angiver. Såfremt en varmtvandsbeholder af passende størrelse benyttes, vil dette dog ikke have en indvirkning på varmeaftaget fra varmforsyningen, men hvis tilkoblingen til fjernvarme foregår med gennemstrømning, skal der dimensioneres efter et højere forbrug, da der så skal kunne leveres nok varme med det samme. I bilag D på side 107 beregnes det, om forskellige forsyningseffekter kan opfylde forskellige varmtvandsbehov. Det næste afsnit gennemgår, hvordan data for boligerne benyttes i modellen.

5.4.1 Databehandling

Som det fremgår af afsnit 5.4 på side 46 er husene i [Kristensen og Jensen, 2010] bygget efter lavenergirammen i det foregående byggereglement. I det nyeste byggereglement svarer den foregående lavenergiramme stort set til det, der i dag er minimumskrav ved nybyggeri. I den valgte case for dette projekt skal der bygges efter de nye lavenergikrav, Lavenergiklasse 2015, se afsnit 4.1 på side 35. Derfor laves en række omregninger.

Data for husene er angivet for et helt år, og der er ikke givet en fordeling mellem varmt brugsvand og rumvarme. Denne fordeling beregnes efter metoden beskrevet i 2.4.4 på side 16. Resultatet af denne beregning benyttes i modelarbejdet, og kan ses i tabel 5.5 for de enkelte huse.

Husnummer i model	Hus 1	Hus 2	Hus 3	Hus 4	Hus 5	Hus 6
Varmeforbrug [kWh/år]	8.279	9.920	10.345	13.555	3.288	7.561
Varmtvandsforbrug [l/person/døgn]	14,9	44	26,4	30,2	4,6	14,5
Varmt brugsvand [kWh/år]	1.129	3.335	2.001	2.289	523	550
Rumopvarmning [kWh/år]	7.150	6.585	8.344	11.266	2.765	7.011
Rumopvarmning [kWh/m ² /år]	42,8	38,5	56,6	65,5	16,1	46,8

Tabel 5.5: Beregnet fordeling mellem varmt brugsvand og rumvarme for de seks huse fra projektet "Fremtidens Parcelhuse".

Næste skridt i databehandlingen er at tage hensyn til den nyere byggestandard og dermed lave energiforbrug til rumvarme. Metoden til omregning af varmekonsumet beskrives i afsnit 2.4.4 på side 16, og resultaterne for de enkelte bygninger kan ses i tabel 5.6 .

Husnummer i model	Hus 1	Hus 2	Hus 3	Hus 4	Hus 5	Hus 6
Krav Lavenergiklasse 2 [kWh/m ² /år]	59,6	59,4	60,8	59,3	59,3	60,7
Rumopvarmning [kWh/m ² /år]	42,8	38,5	56,6	65,5	16,1	46,8
Varmer andel af krav til LE2	72 %	65 %	93 %	110 %	27 %	77 %
Krav Lavenergiklasse 2015 [kWh/m ² /år]	36,0	35,8	36,8	35,8	35,8	36,7
Varmer andel [kWh/m ² /år]	25,9	23,2	34,2	39,6	9,7	28,3
Rumopvarmning [kWh/år]	4.317	3.974	5.047	6.804	1.670	4.237

Tabel 5.6: Resultat af beregning af rumvarme.

Dette resulterer i seks forskellige hustyper, med forskelligt antal beboere og forskellige varmebehov, samt forskellige fordelinger mellem varmtvandsbehov og rumvarmebehov. For at kende fordelingen af varmebehovet hen over et år laves en timemodel for forbruget.

5.5 Modelarbejde

Gennem modelarbejdet er der opbygget en excelmodel bestående af blandt andet en timemodel og en årsmodel. Modellen er baseret på de beskrevne data og metoder. Modellen er anvendt som værktøj som led i at vurdere de forbrugerøkonomiske konsekvenser ved valg af enten fjernvarme eller jordvarme som opvarmningsteknologi. I dette afsnit vil metoden og formålet med disse to modeldele blive beskrevet. Modellen kan findes på vedlagte bilags-CD.

5.5.1 Timemodel

For at kunne vurdere hvor stor en varmforsyning, der er nødvendig, for at kunne opfylde behovet for rumvarme og varmt brugsvand i modellens enkelte boliger, er forbruget delt ud per time i et år, efter metoden beskrevet i afsnit 2.4.4 på side 16. I denne timemodel er det muligt, at variere på to parametre; temperaturinput og vandforbrugsprofil. For temperaturinput er det muligt at variere mellem årene 2001-2011. Vandforbrugsprofilen kan varieres mellem to forskellige forbrugsprofiler; en for hverdage og en for ikke-hverdage.

Gennem en variation af disse parametre findes det, at det største timebaserede forbrug fremkommer ved temperaturinput for år 2010 og vandprofilen for hverdage, hvorfor dette udvælges som designscenarie. I modellen fremgår det, at det største rumvarmeforbrug findes i hus 4, mens det største forbrug af varmt brugsvand findes i hus 2. Ved at kombinere rumvarmebehovet fra hus 4 med forbruget af varmt brugsvand fra hus 2 opnås et samlet maksimalt timebehov på 3,83 kWh.

Af [Energistyrelsen, 2013], fremgår det, at der for varmepumper anbefales en produktionskapacitet på 5 kW i forbindelse med nybyggeri. Det timebaserede forbrug i modellens seks huse vil således, ifølge ovenstående, kunne dækkes af en varmforsyningseffekt på 5 kW under alle parametervariationer. Da modellen er timebaseret, er alle effektbehov derved også timegenemsnit. Et betydeligt højere effektbehov vil derfor kunne forekomme inden for den enkelte time som illustreret for varmt brugsvand i bilag D på side 107. Med udgangspunkt heri antages det, at 5 kW ikke vil være tilstrækkelig til at tilbyde tilstrækkelig komfort, hvorfor en større forsyningseffekt vælges, som tidligere beskrevet i afsnit 5.1 på side 39.

5.5.2 Årsmodel

Med udgangspunkt i de timebaserede forbrug beregnet i timemodellen har årsmodellen til formål at beregne de årlige forbrugerøkonomiske omkostninger forbundet med opvarmning af de enkelte boliger. Her medtages ikke blot energikøbsomkostninger, men ligeledes investering samt drift og vedligehold for den valgte opvarmningsteknologi. Den beregnede årlige omkostning er således et udtryk for den samlede udgift til etablering af varmeanlæg og forbrug af varme.

For at fordele investeringsomkostningerne som en udgift per år, antages denne foretaget som et annuitetslån som beskrevet i afsnit 2.3.3 på side 12. Det antages endvidere, at investeringen i varmforsyningen indgår som en del af den samlede boliginvestering og således er underlagt samme lånebetingelser som denne.

I årsmodellen er det muligt at variere på syv parametre. Dermed er det muligt, at sammenligne forskellige varmeforsyningsteknologier under forskellige forhold og vurdere, hvilken teknologi, der under de fastsatte parametre, er mest forbrugerøkonomisk rentabel. De syv parametre er:

- Årsprofil, graddagskorrigeret varmebehov for bygningerne.
- Tilbagebetalingstid på investering,
- Rente på investering.
- Elpris og dermed varmepris for opvarmning med varmepumpe.
- Fjernvarmeselskab og derved varmepris for opvarmning med fjernvarme.
- Varmepumpeeffekt, forsyningsstørrelse for varmepumpe.
- Energirammekrav, overholdelse eller overskridelse af energirammekrav.

Med udgangspunkt heri beregnes det forbrugerøkonomiske incitament for at vælge fjernvarme fremfor jordvarme som opvarmningsteknologi i lavenergibyggeri. Ved at variere de forskellige parametre undersøges resultatets følsomhed ligeledes. Resultaterne herfor fremgår af kapitel 7. Først beregnes det dog i kapitel 6, hvorvidt der forelægger grundlag for overhovedet at etablere fjernvarme i caseområdet, og om denne i så fald skal etableres som lavtemperatur.

Kommunalt og forsyningsmæssigt rationale for anlæg af fjernvarme

I kapitel 3 er varmeplanlægningsprocessens aktører blevet identificeret. På baggrund af denne identifikation er der blevet afgrænset et aktørnetværk bestående af de aktører, der har den mest direkte indflydelse i forbindelse med valg af opvarmningsteknologi i den enkelte bolig. Dette kapitel har til formål at besvare den opstillede problemformulerings spørgsmål 3 og 4 med udgangspunkt i to af det afgrænsede aktørnetværks aktører; kommunerne og forsyningssselskaberne. Indledningsvist undersøges det, om der forelægger et samfundsøkonomisk incitament i at udlægge fjernvarme i det undersøgte caseområde, for at sikre at varmemforsyningslovens bestemmelser overholdes. Efterfølgende kvantificeres det, om en sådan fjernvarmeudlægning med selskabsøkonomisk fordel kan udlægges som lavtemperaturfjernvarme i stedet for traditionel 3. generationsfjernvarme.

6.1 Samfundsøkonomisk rationale for etablering af fjernvarme

Af [IDA, 2009] samt [Dyrelund et al., 2008] fremgår det, at der på nationalt plan forelægger samfundsøkonomisk rationale i en udbygning af fjernvarmen, som også beskrevet i kapitel 1. Dette er dog en generel anskuelse og dermed ikke nødvendigvis gældende for de enkelte specifikke områder, hvorfor det indledningsvist er undersøgt, om der forelægger et samfundsøkonomisk rationale i at etablere fjernvarme i det valgte caseområde. Dette gøres for at sikre, at varmemforsyningslovens formål om at søge den samfundsøkonomisk bedste varmemforsyning overholdes, se boks 3.2 på side 23. Hvis ikke det er muligt, at etablere et samfundsøkonomisk grundlag for at etablere fjernvarme i området, bør det således ikke blive etableret i det specifikke caseområde.

Det samfundsøkonomiske rationale er undersøgt ved at sammenholde de samfundsøkonomiske konsekvenser ved etablering af henholdsvis fjernvarme og individuel forsyning i form af jordvarme over en 20 eller 30 års periode opgjort i en samlet nutidsværdi. Beregningerne er foretaget som beskrevet i afsnit 2.3.1 på side 11 og tager udgangspunkt i Energistyrelsens vejledning samt forudsætninger for samfundsøkonomiske analyser på energiområdet [Energistyrelsen, 2007, 2011]. Dette medfører dog en række begrænsninger for resultatets evne til korrekt at belyse virkeligheden, som også diskuteret i [Dyrelund et al., 2010]. Det kan argumenteres, at den af finansministeriet fastsatte rente for samfundsøkonomiske analyser som anvendes i de udførte beregninger er uhensigtsmæssig høj. Optages forsyningssselskabets lån til etablering af fjernvarmenet i caseområdet som kommunalt garanteret lån gennem KommuneKredit vil

det per 31/3 2014 være muligt at optage lån til en rente på 2,65 % p.a. [KommuneKredit, 2014]. Medregnes 2 % inflation er realrenten således tæt på 0 %. Ligeledes er den anvendte pris for energikøb baseret på årsgennemsnit og afspejler derfor ikke eventuelle årlige prisfluktuationer og derved heller ikke energisystemssituationen, herunder udsving i brændsels- og produktion-priser i beregningsperioden.

Da indeværende speciale ikke behandler produktionssiden, er det mod Energistyrelsens retningslinjer valgt ikke at medregne forvridningstab, dvs. statens tab i form af afgiftsprovener, da brændselsmikset for den forsynede energi ikke undersøges nærmere. Dette er dog i tråd med [Dyrelund et al., 2010], der argumenterer, at forvridningstabets ensidige fokus på mistet afgiftsprovener tilgodeser fossile brændsler og ikke belyser værdien af vedvarende, mindre afgiftsbelagte, energikilder og således kan være til hinder for målet i [Regeringen, 2011]. Begrænsningerne til trods anses resultatet af den udførte samfundsøkonomiske beregning at være validt, idet beregningen søger at belyse rationale i at anlægge et distributionssystem til fjernvarme og ikke produktionsapparatet bag.

Beregninger er baseret på de økonomiske forudsætninger beskrevet i kapitel 5, suppleret af miljømæssige faktorer fra [Energistyrelsen, 2007, 2011]. Der forudsættes endvidere en 100 % tilslutning for hver af de sammenlignede varmforsyningsteknologier, samt et dimensioneret varmeeffektbehov på 10 kW per bolig. Investeringsomkostninger forbundet med fjernvarme omfatter den samlede forbrugerinvestering og forsyningsselskabets anlægsomkostninger for distributionsnettet og er baseret på [Energistyrelsen, 2013, Svensk Fjärrvärme, 2012]. Da omkostningerne for at anlægge stikledninger indgår i forbrugerinvesteringen, er de ikke medtaget i omkostningerne til distributionsnettet. Investeringen forbundet med jordvarme samt omkostninger til drift og vedligehold for begge teknologier er ligeledes baseret på [Energistyrelsen, 2013].

Caseområdets samlede varmebehov danner grundlag for udgiften til energi, der for fjernvarme værdisættes efter varmeprisen i Aalborg, se afsnit 5.3.3 på side 45, og for jordvarme på baggrund af elprisen til opvarmning defineret i tabel 5.2 på side 44. De samlede anvendte værdier for etablering af henholdsvis fjernvarme og jordvarme fremgår af tabel 6.1.

	Fjernvarme	Jordvarme
Investering [DKK]	3.535.315	5.713.400
Drift og vedligehold [DKK/år]	61.215	81.620
Energikøb [DKK/år]	105.600	123.600
Diskonteringsrente [%]	4	4

Tabel 6.1: Anvendte værdier til samfundsøkonomisk nutidsværdiberegning.

Resultatet af den samfundsøkonomiske nutidsberegning fremgår af tabel 6.2 på næste side. Her ses det, at fjernvarme som opvarmningsteknologi i caseområdet samfundsøkonomisk vil være det bedste valg ud fra de opstillede beregningsforudsætninger. Over 20 år vil fjernvarmen give anledning til en samfundsøkonomisk besparelse på 2,47 millioner svarende til 34 % i forhold til individuel opvarmning med varmepumper og over 30 år en besparelse på 2,53 millioner ligeledes svarende til 34 %. Der er altså et klart samfundsøkonomisk rationale for at etablere fjernvarme i caseområdet. Samme tendens kan observeres ved sammenligning af emissioner

af CO₂ og NO_x, hvor etablering af fjernvarme resulterer i besparelser på henholdsvis 47 % og 18 % sammenlignet med individuel opvarmning. Det skal dog bemærkes, at CO₂ og NO_x emissionerne er baseret på en gennemsnitsbetragtning jf. [Energistyrelsen, 2011] og således bygger på et vægtet gennemsnit for den produktion, der har produceret den leverede energi. Der kunne argumenteres for, at en mere korrekt anskuelse ville være at anvende en langtidsmarginalbetragtning. Produktionen af den krævede energi vil således blive varetaget af nyudbygning af produktionskapacitet, der med den nuværende danske energi- og klimapolitik kan argumenteres at være tilnærmelsesvis emissionsneutral, idet produktionsteknologier som vindmøller, varmepumper samt biomassefyrede værker vil blive prioriteret.

	Fjernvarme	Jordvarme	Forskel [DKK]	Forskel [%]
Nutidsværdi, 20 år	-4.829.063	-7.297.370	2.468.307	34
CO ₂ [ton]	872	1647		47
NO _x [ton]	1,93	2,37		18
Nutidsværdi, 30 år	-4.958.508	-7.484.369	2.525.861	34
CO ₂ [ton]	1.309	2.471		47
NO _x [ton]	2,90	3,55		18

Tabel 6.2: Beregnede samfundsøkonomiske nutidsværdier for henholdsvis 20 og 30 år, samt emissioner af CO₂ og NO_x.

6.1.1 Følsomhedsberegninger

Der er udført følsomhedsberegninger for at undersøge, hvor følsomt resultatet er for ændringer i de økonomiske beregningsforudsætninger. Først er det undersøgt, hvordan en 25 % stigning i investeringsomkostninger påvirker nutidsværdiberegningen efterfulgt af en 25 % stigning i energikøbsprisen for fjernvarme. Som det fremgår af tabel 6.3 og 6.4 vil disse ændringer ikke rykke ved, at fjernvarmen vil være samfundsøkonomisk fordelagtigt at anlægge i caseområdet frem for individuel opvarmning. Først ved en stigning på mere en 73 % i investeringsomkostninger eller 492 % i energikøbspris for fjernvarmen vil individuel opvarmning være samfundsøkonomisk fordelagtigt.

	Fjernvarme	Jordvarme
Nutidsværdi, 20 år, +25 % investering	-5.678.898	-7.297.370
Forskel [DKK]		1.618.472
Forskel [%]		22
Nutidsværdi, 20 år, +25 % energipris	-4.986.510	-7.297.370
Forskel [DKK]		2.310.860
Forskel [%]		32

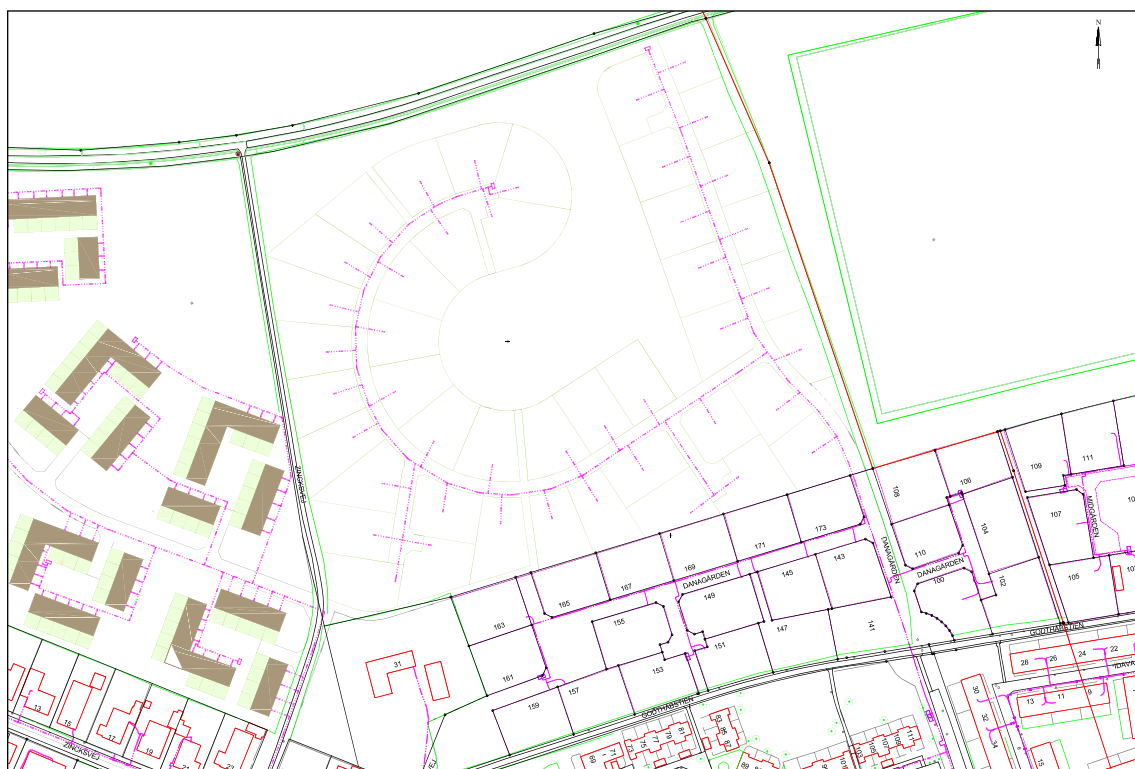
Tabel 6.3: Beregnede samfundsøkonomiske nutidsværdier for 20 år, med 25 % stigning i henholdsvis fjernvarmens investeringsomkostninger samt energikøbspris.

	Fjernvarme	Jordvarme
Nutidsværdi, 30 år, +25 % investering	-5.808.344	-7.484.369
Forskel [DKK]		1.676.025
Forskel [%]		22
Nutidsværdi, 30 år, +25 % energipris	-5.093.845	-7.484.369
Forskel [DKK]		2.390.524
Forskel [%]		32

Tabel 6.4: Beregnede samfundsøkonomiske nutidsværdier for 30 år, med 25 % stigning i henholdsvis fjernvarmens investeringsomkostninger samt energikøbspris.

6.2 Selskabsøkonomisk rationale for etablering af lavtemperaturfjernvarme

Med det samfundsøkonomiske rationale for etablering af fjernvarme i caseområdet påvist, er det undersøgt, hvilken type fjernvarme der bør etableres i området. Mere specifikt om der forelægger et økonomisk rationale for forsyningselskabet i at etablere lavtemperaturfjernvarme i området frem for fjernvarme med traditionelle systemtemperaturer. Resultaterne for de udførte beregninger gennemgås i det følgende.



Figur 6.1: Den udlagte rørføring til fjernvarmedistributionsnettet i caseområdet [Aalborg Forsyning Varme, 2014a]

Indledningsvist er selve omkostningerne for at anlægge distributionsnettet beregnet, for et distributionsnet udlagt som illustreret på figur 6.1, svarende til en total rørføringslængde på 1402 m. Dette efterfølges af varmetabsberegninger for de modellerede distributionsnet og afsluttes

med en værdisætning af de beregnede varmetab. På baggrund heraf konkluderes det, hvilken type distributionsnet der besidder det største økonomiske ræsonnement for forsyningssselskaberne at anlægge. Beregningerne er udført for varmebehov på henholdsvis 10 kW og 25 kW per bolig, hvor 10 kW repræsenterer boliger med varmtvandsbeholder og 25 kW repræsenterer boliger med gennemstrømsvarmeveksler. En detaljeret gennemgang af beregningerne for anlægsomkostninger kan findes i bilag B på side 97.

6.2.1 Anlægsomkostninger

De beregnede anlægsomkostninger omfatter samtlige omkostninger forbundet med nedgravning af det modellerede distributionsnet. Dvs. udgifter til materialer, herunder rør, samlinger, fittings m.v. samt udgifter til gravearbejde. De beregnede anlægsomkostninger fremgår af tabel 6.5. Her ses det, at der kan opnås de laveste anlægsomkostninger ved at anlægge et distributionsnet baseret på traditionelle systemtemperaturer. Dette skyldes, at der med højere systemtemperaturer kan overføres en større varmeeffekt i de enkelte rørdiameter. Anlægges distributionsnettet som lavtemperatur, er det således nødvendigt at anvende større rørdimensioner end ved traditionelle systemtemperaturer, som nærmere beskrevet i bilag B på side 97. Derved øges de samlede anlægsomkostninger, idet større rørdimensioner er mere omkostningstunge per anlagt meter, som tidligere beskrevet i tabel 2.1 på side 12. Anlægges distributionsnettet som lavtemperatur resulterer det ifølge de udførte beregninger i en gennemsnitlig omkostningsforøgelse på 17 %.

	Traditionel temperatur	Lavtemperatur	Øget udgift per bolig ved lavtemperatur
Omkostning, 10 kW [DKK]	1.403.075	1.607.963	4.657
Omkostning, 25 kW [DKK]	1.701.730	2.016.079	7.144

Tabel 6.5: De beregnede omkostninger for at anlægge det modellerede distributionsnet med henholdsvis traditionelle systemtemperaturer samt som lavtemperatur, samt de øgede udgifter lavtemperatur medfører per bolig.

Det er undersøgt om anlægsomkostningerne for et lavtemperaturdistributionsnet kan reduceres ved at anlægge distributionsnettet med en alternativ rørføring sammenlignet med den traditionelle forgreningsstruktur. Det oprindelige distributionsnet fra figur 6.1 på forrige side er derfor blevet omlagt, således at rørføringen føres så direkte som muligt forbi en eventuel bolig, for derved at minimere behovet for stikledninger, se figur 6.2 på den følgende side.

Med den alternative rørføring er det muligt at reducere distributionsnettets samlede rørlængde med 110 m, fra 1402 m til 1292 m, svarende til ca. 8 %. Som det fremgår af tabel 6.6 på næste side, er de samlede anlægsomkostninger, denne rørmeterreduktion til trods, stadig højere sammenlignet med det traditionelt udlagte forgreningsnet med traditionelle systemtemperaturer. Det er dog muligt, at opnå en mindre besparelse sammenlignet med det traditionelt udlagte lavtemperaturnet, og det alternativt udlagte lavtemperaturnet er således kun gennemsnitligt 10 % dyrere at anlægge i forhold til det traditionelle net med traditionelle systemtemperaturer.



Figur 6.2: Den alternativt udlagte rørføring til fjernvarmedistributionsnettet i caseområdet.

Tænkes udlægningen af matrikler sammen med udlægningen af distributionsnettet til fjernvarme, er det tænkeligt at der er potentiale til at opnå endnu større besparelser i anlægsomkostningerne end beregnet for den behandlede case. Matrikeludlægningen begrænser her, hvilke muligheder der er for en alternativ rørføring. Ved at tænke de to planprocesser sammen vil det være muligt at optimere en alternativ rørføring yderligere.

	Traditionel temperatur	Lavtemperatur	Lavtemperatur (alternativ rørføring)
Samlet pris, 10 kW [DKK]	1.403.075	1.607.963	1.540.377
Samlet pris, 25 kW [DKK]	1.701.730	2.016.079	1.983.609

Tabel 6.6: De beregnede omkostninger for at anlægge det modellerede distributionsnet med henholdsvis traditionelle systemtemperaturer, lavtemperatur og lavtemperatur med alternativ rørføring.

6.2.2 Distributionstab

I forlængelse af beregningen af anlægsomkostninger er det undersøgt om der ved at anlægge distributionsnettet som lavtemperatur kan opnås et lavere varmetab i det udlagte distributionsnet og derved en selskabsøkonomisk optimering. Ligeledes er det undersøgt, hvilken effekt værdien heraf har på den økonomiske rentabilitet for at anlægge fjernvarme i caseområdet.

Indledningsvist er der beregnet nettab for det traditionelle forgreningsnet med traditionel temperatur og lavtemperatur samt for det alternativt udlagte lavtemperaturnet, se tabel 6.7 på modstående side. For en detaljeret gennemgang af resultaterne herfor henvises til bilag C på side 101.

Som det fremgår af tabel 6.7, er det muligt at opnå en betydelig reduktion i det årlige distributionstab ved at anlægge et net med lavere systemtemperaturer. Anlægges distributionsnettet som lavtemperatur vil det, ifølge de udførte beregninger, resultere i en gennemsnitlig tabsreduktion på 33 %, sammenlignet med samme distributionsnet med traditionelle systemtemperaturer. Udlægges lavtemperaturnettet med den alternativt foreslåede rørføring reduceres tabet yderligere til en beregnet gennemsnitlig tabsreduktion på 35 %.

Gevinsten ved at vælge den alternative udlægning af rørnettet er for denne case forholdsvis lille og udgør 1.536 DKK per bolig i forhold til lavtemperaturnet udlagt efter forslaget fra [Aalborg Forsyning Varme, 2014a] ved 10 kW varmebehov per bolig. Samtidig reduceres nettabet kun med 136 kWh per bolig per år. Det er udenfor formålet med dette projekt, at afklare om disse gevinster opvejer de ulemper, der følger af, at den alternative rørføring er placeret inden for matriklerne i stedet for langs randen af matriklerne. Derfor medtages den alternative rørføring ikke i de videre beregninger.

	Traditionel temperatur	Lavtemperatur	Lavtemperatur (alternativ rørføring)
Samlet tab, 10 kW [MWh/år]	145	99	93
Samlet tab, 25 kW [MWh/år]	167	110	109

Tabel 6.7: De beregnede årlige distributionstab for det modellerede distributionsnet med henholdsvis traditionelle systemtemperaturer, lavtemperatur og lavtemperatur med alternativ rørføring.

6.2.3 Værdi af mindre varmetab

Med en så betydelig varmetabsreduktion, er det interessant at undersøge om den økonomiske værdi af tabsreduktionen kan medvirke til at skabe et økonomisk rationale, for at anlægge et distributionsnet som lavtemperatur, frem for med traditionelle systemtemperaturer.

Inden varmetabet værdisættes, opgøres det først, hvilken årlig økonomisk besparelse det mindre varmetab skal resultere i, for at kunne opveje lavtemperaturnettets højere anlægsomkostninger i forhold til et net med traditionelle systemtemperaturer. I [Energistyrelsen, 2013] angives den tekniske levetid for fjernvarmerør som 30-50 år. Der laves derfor, med udgangspunkt i investeringsdifferencen mellem de to net, en ydelsesberegning tilsvarende et annuitetslån over 30 år med en rente på 4 % som angivet i afsnit 2.3.2 på side 11. De beregnede ydelser, samt den krævede besparelse for lavtemperaturnettet fremgår af tabel 6.8 på den følgende side for net dimensioneret efter henholdsvis 10 kW og 25 kW varmebehov per bolig.

Sammenholdes de beregnede krævede årlige besparelser med de beregnede varmetabsbesparelser ved at anlægge lavtemperaturfjernvarme på 46 og 56 MWh for distributionsnet dimensioneret efter henholdsvis 10 kW og 25 kW varmebehov per bolig resulterer dette i krævede minimumsværdier på henholdsvis 258 og 322 DKK/MWh, hvis den krævede merinvestering for at anlægge lavtemperaturfjernvarme skal kunne tjenes ind på værdien af varmetabsbesparelsen, se tabel 6.9 på næste side.

10 kW per bolig	Normaltemperatur	Lavtemperatur
Investering [DKK]	1.403.075	1.607.693
Ydelse [DKK/år]	81.140	92.973
Krævet besparelse [DKK/år]	-	11.833
25 kW per bolig	Normaltemperatur	Lavtemperatur
Investering [DKK]	1.701.730	2.016.079
Ydelse [DKK/år]	94.411	116.590
Krævet besparelse [DKK/år]	-	18.179

Tabel 6.8: Krævet besparelse ved henholdsvis 10 og 25 kW varmebehov per bolig.

	Lavtemperatur, 10 kW	Lavtemperatur, 25 kW
Krævet årlig besparelse [DKK/år]	11.833	18.179
Varmetabsbesparelse [MWh/år]	46	56
Krævet marginal varmepris [DKK/år]	258	322

Tabel 6.9: Den årlige varmetabsbesparelse, samt marginale varmepris krævet for at kunne opveje lavtemperaturnettets højere anlægsomkostninger ved henholdsvis 10 og 25 kW varmebehov per bolig.

Med de krævede minimumsværdier kendt beregnes det, hvilken værdi varmetabsbesparelsen kan tilskrives. I den valgte case anlægges fjernvarmenettet i Aalborg, hvor den marginale produktion vil skulle varetages af Nordjyllandsværket, der er et kulfyret kraftvarmeværk. Det har imidlertid ikke været muligt at fremskaffe en faktisk marginal varmeproduktionspris for Nordjyllandsværket, hvorfor den gennemsnitlige omkostning forbundet med at producere og levere fjernvarme i Aalborg i stedet er benyttet til at værdisætte varmetabsbesparelsen. Dette giver ikke en korrekt værdi for varmetabet, men da det må antages, at en gennemsnitlig værdi vil være lavere end en marginal betyder det, at såfremt den gennemsnitlige værdi er højere end den krævede marginale varmepris, vil den faktiske marginale værdi for varmetabet også være højere end den krævede marginale varmepris.

For at bestemme en sådan gennemsnitlig omkostning bestemmes først den totale mængde leveret varme ud fra [Aalborg Forsyning Varme, 2013a], som illustreret i tabel 6.10 på modstående side. Derefter bestemmes den samlede udgift forbundet med at levere fjernvarme i Aalborg med udgangspunkt i [Aalborg Forsyning Varme, 2013b]. Resultatet heraf fremgår af tabel 6.11 på næste side. Sammenholdes den totale mængde leveret varme med omkostningerne forbundet hermed opnås en gennemsnitlig varmel leveringspris på 92.028 DKK/TJ svarende til 331 DKK/MWh. Dette er noget højere end den gennemsnitlige varmeproduktionspris fra [Aalborg Forsyning Varme, 2012] på ca. 270 DKK/MWh, men antages stadig at være retvisende, da en varmetabsbesparelse ikke blot reducerer behovet for varmeproduktion men ligeledes varmelevering.

Den beregnede gennemsnitlige fjernvarmeleveringsomkostning på 331,3 DKK/MWh overstiger således den marginale varmepris krævet for at kunne opveje de højere anlægsomkostninger for lavtemperaturnettet, dog ikke med stor margin for distributionsnettet dimensioneret til 25 kW varmebehov per bolig. Dette er især tydeligt, når beregningen af varmetabsværdien

suppleres af en nutidsværdiberegning for den krævede merinvestering samt en beregning af tilbagebetalingstiden herfor.

Produktionsform	Mængde [TJ]
Overskudsvarme	2.377
Kraftvarme	4.255
Gas- og oliekedler	140
Decentral produktion	98,7
Total	6.870,7

Tabel 6.10: Den totale mængde leveret fjernvarme i Aalborg [Aalborg Forsyning Varme, 2013a].

Udgiftsform	Beløb [DKK]
Køb af varme	480.200.000
Produktion, central	53.800.000
Produktion, decentral	21.600.000
Distribution	76.700.000
Total	632.300.000

Tabel 6.11: Den totale udgift forbundet med at levere fjernvarme i Aalborg [Aalborg Forsyning Varme, 2013b].

Beregningen er udført for en periode på 30 år. Som det fremgår af tabel 6.12 resulterer værdien af varmetabsbesparelsen i en positiv nutidsværdi for den krævede merinvestering og her er det tydeligt, at der for distributionsnettet dimensioneret til 25 kW varmebehov per bolig balanceres på marginalen for rentabilitet. Dette fremhæves yderligere af tilbagebetalingstiden for den krævede merinvestering, der for 25 kW nettet er 29 år, altså lige på grænsen, mens tilbagebetalingstiden for 10 kW nettet er beregnet til 20 år.

	Lavtemperatur, 10 kW	Lavtemperatur, 25 kW
Merinvestering [DKK]	-204.618	-314.349
Varmebesparelse [MWh/år]	46	56
Gennemsnitlig fjernvarmeleveringsomkostning [DKK/MWh]	331	331
Værdi af besparelse [DKK/år]	15.180	18.682
Diskonteringsrente [%]	4	4
Løbetid [år]	30	30
Nutidsværdi	55.654	8.369

Tabel 6.12: Den beregnede nutidsværdi forbundet med merinvesteringen i et distributionsnet med lavtemperatur ved henholdsvis 10 kW og 25 kW varmebehov per bolig.

Medregnes den økonomiske værdi af de beregnede varmetabsbesparelser, er der således på baggrund af det foregående, et selskabsøkonomisk ræsonnement i at anlægge det modellerede

distributionsnet som lavtemperatur frem for med traditionelle systemtemperaturer, idet værdien af det reducerede varmetab opvejer den højere anlægsomkostning.

6.3 Opsamling

I dette kapitel er det for den valgt case undersøgt, hvorvidt fjernvarme har lavere samfundsøkonomiske omkostninger end jordvarme, samt om lavtemperaturfjernvarme har lavere selskabsøkonomiske omkostninger end fjernvarme udlagt ved traditionelle temperaturer.

I de samfundsøkonomiske beregninger er det fundet, at fjernvarme har lavere investeringsomkostninger, lavere udgifter til drift og vedligehold samt lavere udgifter til energikøb sammenlignet med jordvarme. Samtidig resulterer fjernvarme i en reduktion i udledningen af emissioner. Udledningen af emissioner er dog baseret på nationale gennemsnitsberegninger og kan derfor afvige for den valgte case, idet den ikke repræsenterer den faktiske produktion.

Gennem følsomhedsberegninger findes det, at først ved en 73 % højere investeringsomkostning eller en stigning i udgifter til energikøb på 492 % for fjernvarmen bliver jordvarme den samfundsøkonomiske bedste investering. På baggrund heraf foreligger der således et solidt samfundsøkonomisk rationale i at etablere fjernvarme i det undersøgte caseområde.

Sammenlignes omkostningerne til etablering af fjernvarme ved traditionelle temperaturer og lavtemperatur i det valgte caseområde ses det, at en etablering af distributionsnettet som lavtemperatur medfører de højeste anlægsomkostninger, hvilket resulterer i en øget udgift på 4.657 DKK per bolig ved behov for en 10 kW forsyning. Det er desuden fundet, at der kan opnås en besparelse ved at anvende en alternativ rørføring til distributionsnettet. Resultatet er dog stadig, at den laveste investeringsomkostning opnås ved at udlægge nettet ved traditionelle temperaturer.

Ved at anlægge distributionsnettet som lavtemperatur er det dog muligt at opnå en markant varmetabsreduktion. Sammenlignet med et net med traditionelle systemtemperaturer opnås en reduktion på over 30 %, og det er muligt at reducere varmetabet yderligere ved at vælge den alternativ udlægning af rørnettet.

Med udgangspunkt heri, er det beregnet, hvor stor en økonomiske besparelse reduktionen i varmetab skal resultere i, for at lavtemperaturfjernvarme opnår en bedre selskabsøkonomi end fjernvarme ved traditionelle temperaturer. Ved at sammenligne denne værdi med den gennemsnitlige varmeleveringspris i Aalborg er det fundet, at lavtemperaturfjernvarme opnår et bedre selskabsøkonomisk resultat end fjernvarme ved traditionelle temperaturer, idet værdien af varmetabsbesparelsen opvejer de højere anlægsomkostninger. Denne forbedring er mest markant ved lave forsyningseffekter per bolig.

Der er således også fundet et selskabsøkonomisk incitament til at etablere lavtemperaturfjernvarme i det valgte caseområde. Det er derved muligt at skabe attraktive vilkår for både kommunen og forsyningselskabet, to ud af det afgrænsede aktørnetværks tre aktører, i at udbyde lavtemperaturfjernvarme til lavenergibyggeri under de opstillede beregningsforudsætninger.

Det er vigtig, at understrege, at denne konklusion kun er gældende for den specifikt undersøgte case. Det forventes imidlertid, at en lignende case i mange tilfælde vil give samme resultat, da den marginale varmeleveringspris mange steder vil være højere end i Aalborg og dermed vil sikre en positiv selskabsøkonomi i at vælge lavtemperaturfjernvarme. For hver enkelt case bør det dog beregnes specifikt, om samme konklusion er gældende.

Baseret på, at der foreligger et samfundsøkonomisk rationale i at etablere fjernvarme i den valgte case og et selskabsøkonomisk rationale i at etablere denne fjernvarme som lavtemperaturfjernvarme vil det næste kapitel beregne de forbrugerøkonomiske konsekvenser af at vælge fjernvarme frem for varmepumper for de enkelte boliger og derved kvantificere, om der også kan findes en incitament for aktørnetværkets sidste aktør, forbrugeren, i at vælge fjernvarme som opvarmningsteknologi.

Forbrugerøkonomiske resultater

Dette kapitel har til formål at undersøge, hvorvidt der kan etableres et økonomisk incitament for det definerede aktørnetværks sidste aktør, forbrugeren, i at tilvælge fjernvarme som varmeforsyningsteknologi fremfor individuel opvarmning i form af jordvarme og samtidig besvare spørgsmål 5 fra problemformuleringen. Dette gøres ved en gennemgang af resultaterne fra modellen beskrevet i kapitel 5. Indledningsvist tages udgangspunkt i en beregning for et normalår med de forskellige parametre beskrevet i afsnit 7.1. Herefter undersøges resultatets følsomhed for ændringer i en række af disse parametre for at kvantificere, hvilke parametre, der har størst indvirkning på det endelige resultat.

I dette kapitel er alle økonomiske beregninger lavet som forbrugerøkonomi. Dermed ses der udelukkende på, hvilken pris forbrugerne skal betale for forskellige ydelser og det samles i en årlig udgift til varme for de enkelte boliger.

7.1 Grundberegning

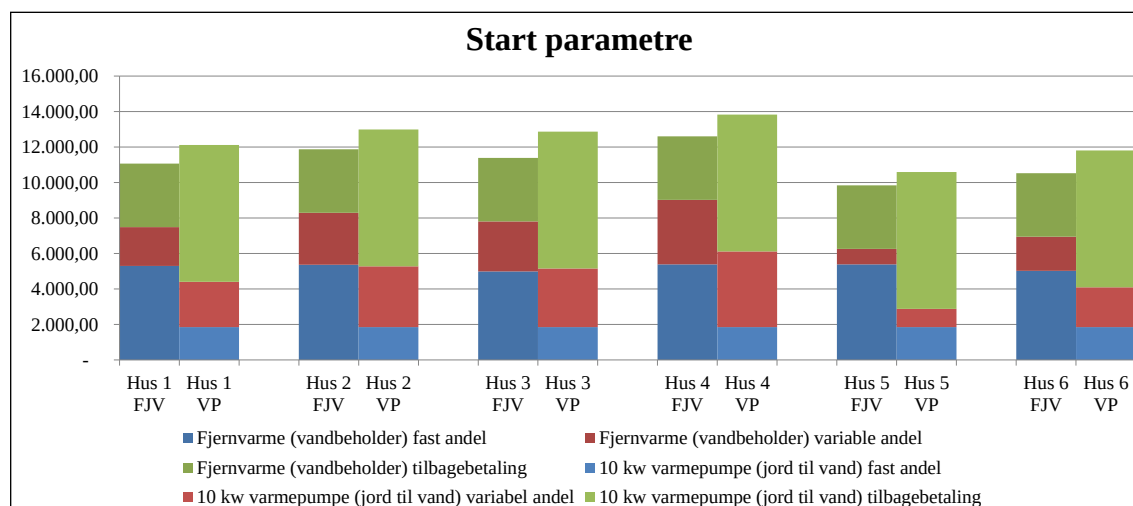
Dette afsnit gennemgår, hvordan startparametrene er sat i grundberegningen samt resultatet af denne beregning. Denne beregning er udgangspunktet for alle efterfølgende følsomhedsberegninger, der alle sammenlignes med resultatet af grundberegningen.

Det er i modellen muligt, at variere på en række parametre og disse er i grundberegningen indstillet som det fremgår af tabel 7.1. I afsnit 7.2 på næste side bliver hver parameter ændret en ad gangen mens de resterende fastholdes som i tabellen. Derved fastslås resultatets følsomheden for en ændring i de enkelte parametre.

Parameter	Værdi	Enhed
Årsprofil	Normalår (2906)	Graddage
Tilbagebetalingstid	30	år
Rente	4,22	%
Elpris	151	øre/kWh
Fjernvarmeselskab	Aalborg Fjernvarme	-
Varmepumpe effekt	10	kW
Energirammekrav	1	Faktor

Tabel 7.1: Start parametre, som de indstilles inden følsomhedsanalysen.

Resultatet af grundberegningen kan ses i figur 7.1. Som det fremgår af figuren vil fjernvarme resultere i den laveste årlige udgift til varme for alle seks boliger. Det kan også ses, at fordelingen af udgifterne i mellem fast andel, variabel andel og tilbagebetaling er meget forskellig for fjernvarme og varmepumper.



Figur 7.1: Resultat af beregning med start parametre.

For fjernvarme, der i dette tilfælde følger priserne for Aalborg Fjernvarme, udgøres en stor andel af de samlede udgifter af faste betalinger for tilslutningen til fjernvarme. Herefter følger tilbagebetalingen af investeringen, der for de fleste boliger udgør den næststørste post, mens de variable udgift, der følger mængden af varme, der forbruges, udgør den mindste andel. For varmepumpen gælder der, at den største udgift for alle boligerne er tilbagebetalingen, hvilket hænger sammen med den markant højere investeringspris for varmepumperne. For de fleste boliger udgør den variable andel den næststørste udgift og den faste andel den mindste udgift. Bolig 5 er dog en undtagelse, da den variable andel er meget lille i denne bolig også for varmepumpen grundet et meget lavt forbrug.

I de næste afsnit vil hver parameter blive varieret for at undersøge, hvor meget en ændring påvirker det samlede resultat.

7.2 Følsomhedsanalyser

I det følgende undersøges resultatet af grundberegningens følsomhed over for ændringer af de parametre, der nævnes i tabel 7.1 på foregående side.

7.2.1 Årsprofil

Årsprofilen er som start parameter indstillet til et normalår med 2906 graddage, som det defineres af [Teknologisk Institut, 2014]. Ved en beregning af antallet af graddage for årene 2001-2011 fremgår det, at samtlige år har et højere antal graddage end normalåret og dermed, at der skal forventes et større varmeforbrug, end hvis normalåret anvendes til beregningerne.

Siden alle 11 år, der er regnet graddage for, har et højere antal graddage en normalåret vil denne parameter kun blive varieret op. Dermed kan det ses, hvordan et højere varmekonsum påvirker udgiften til varme for de enkelte boliger. Det koldeste år var 2010 med et graddagstal på 3865, svarende til en stigning på ca. 33 % i forhold til normalåret. Den resulterende ændring af udgiften til varme for de enkelte boliger med 2010 som årsprofil kan ses i tabel 7.2.

Som det fremgår af tabel 7.2 påvirker en ændret årsprofil kun den variable andel af udgifterne, mens den faste andel og tilbagebetalingen forbliver uændret. Stigningen i antal af graddage påvirker de enkelte boliger forskelligt, da kun rumvarmebehovet påvirkes, mens varmtvandsbehovet ikke påvirkes. Dermed påvirkes boliger med et stort rumvarmebehov mere end boliger med et lavt rumvarmebehov.

For alle boliger ses det, at stigningen i de samlede udgifter er forholdsvis lille set i forhold til en forøgelse af rumvarme på over 30 %. Da varmepumpen har en højere driftsomkostning betyder det, at den samlede udgift stiger mere for varmepumper end for fjernvarme. Dette skyldes, at den variable varmepris i Aalborg, når virkningsgraden er indregnet, er på 400 DKK/MWh mens den for varmepumpen er på 468,2 DKK/MWh. Da de enkelte boliger har et forholdsvis lavt forbrug vil selv en stigning på over 30 % ikke påvirke de samlede udgifter markant og forskellen mellem de to varmeplanlægges ses i tabellen kun ved nogle af husene, da forskellen er mindre end 0,5 % og derfor forsvinder ved afrunding for de andre boliger.

Hus 1	Fast Andel	Variabel Andel	Tilbagebetaling	Samlet
Fjernvarme	0 %	+26 %	0 %	+5 %
Varmepumpe	0 %	+26 %	0 %	+6 %
Hus 2				
Fjernvarme	0 %	+18 %	0 %	+4 %
Varmepumpe	0 %	+18 %	0 %	+5 %
Hus 3				
Fjernvarme	0 %	+24 %	0 %	+6 %
Varmepumpe	0 %	+24 %	0 %	+6 %
Hus 4				
Fjernvarme	0 %	+25 %	0 %	+7 %
Varmepumpe	0 %	+25 %	0 %	+8 %
Hus 5				
Fjernvarme	0 %	+25 %	0 %	+2 %
Varmepumpe	0 %	+25 %	0 %	+2 %
Hus 6				
Fjernvarme	0 %	+29 %	0 %	+5 %
Varmepumpe	0 %	+29 %	0 %	+6 %

Tabel 7.2: Forskel i resultat med årsprofil for år 2010 sammenholdt med start parametre.

7.2.2 Tilbagebetalingstid

Ved at ændre på tilbagebetalingstiden påvirkes omkostningen til tilbagebetaling af varmeanlæg. Start parametren for denne er 30 år, hvilket svarer til det længst løbende boliglån. Såfremt boligejerne vælger at forkorte tilbagebetalingstiden vil de opnå en samlet lavere omkostning til renter, men til gengæld en højere tilbagebetaling per rate i den periode, der betales.

I tabel 7.3 kan det ses, hvordan varmeudgifterne per bolig påvirkes af en ændring af tilbagebetalingstiden til 20 år. For begge varmeanlæg stiger omkostningerne per år ved en kortere tilbagebetalingstid med 26 %. Påvirkningen af de samlede udgifter til varme er dog forskellige for de to anlægstyper, hvor det kan ses, at stigningen er størst for varmepumper. Dette skyldes, at investeringen er markant højere for varmepumper.

En væsentlig konsekvens af en kortere tilbagebetaling kan også blive, at anlægget efter at være tilbagebetalt stadig kan benyttes i en årrække. Her vil begge anlæg kunne drives udelukkende for faste samt variable omkostninger og varmepumpen vil i de år anlægget fortsat kan være i drift være markant billigere end fjernvarme.

Hus 1	Fast Andel	Variabel Andel	Tilbagebetaling	Samlet
Fjernvarme	0 %	0 %	+26 %	+9 %
Varmepumpe	0 %	0 %	+26 %	+17 %
Hus 2				
Fjernvarme	0 %	0 %	+26 %	+8 %
Varmepumpe	0 %	0 %	+26 %	+16 %
Hus 3				
Fjernvarme	0 %	0 %	+26 %	+8 %
Varmepumpe	0 %	0 %	+26 %	+16 %
Hus 4				
Fjernvarme	0 %	0 %	+26 %	+7 %
Varmepumpe	0 %	0 %	+26 %	+15 %
Hus 5				
Fjernvarme	0 %	0 %	+26 %	+10 %
Varmepumpe	0 %	0 %	+26 %	+19 %
Hus 6				
Fjernvarme	0 %	0 %	+26 %	+9 %
Varmepumpe	0 %	0 %	+26 %	+17 %

Tabel 7.3: Forskel i resultat med tilbagebetalingstid på 20 år sammenholdt med start parametre.

7.2.3 Rente

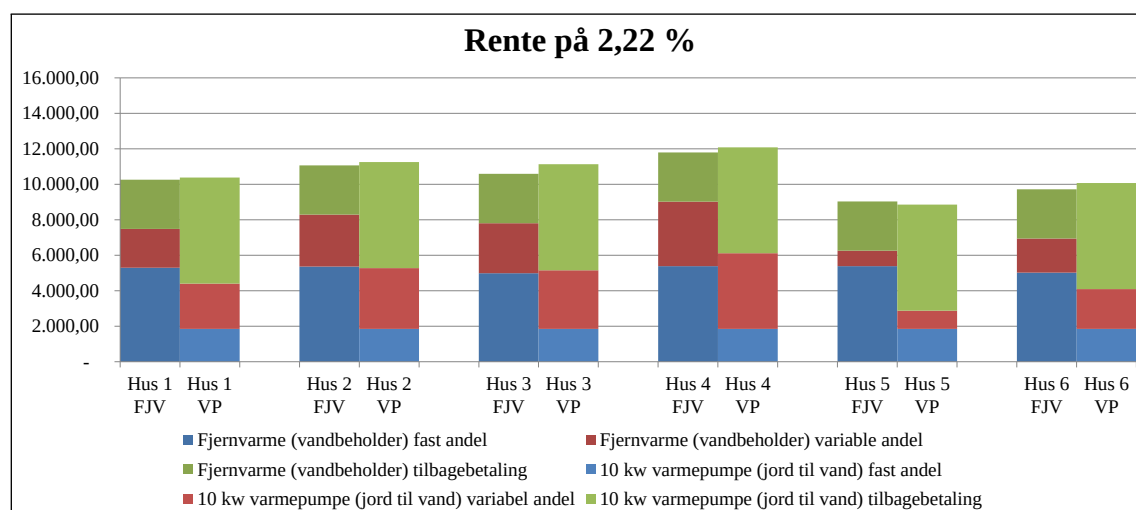
Renten fastsættes som startparameter til en værdi på 4,22 %, hvilket, som beskrevet i afsnit 2.3.3 på side 12, svarer til, at næsten hele beløbet til husbyggeri lånes i kreditforening og bank. At denne rente kan opnås afhænger dog i høj grad af de enkelte boligejeres private forhold. Derfor kan nogle af boligejerne ende med en rente, der er højere. Til gengæld vil andre muligvis kunne finansiere en større del af husbyggeriet uden at skulle låne pengene. Dermed vil de kunne få

en samlet set lavere rente på investeringen. Renten er derfor varieret både op og ned med 2 %. Resultaterne af disse variationer ses i tabel 7.4.

Hus 1	Fast Andel	Variabel Andel	Tilbagebetaling		Samlet	
			(-2 %)	(+ 2 %)	(-2 %)	(+2 %)
Fjernvarme	0 %	0 %	-23 %	+25 %	-7 %	+8 %
Varmepumpe	0 %	0 %	-23 %	+25 %	-14 %	+16 %
Hus 2						
Fjernvarme	0 %	0 %	-23 %	+25 %	-7 %	+8 %
Varmepumpe	0 %	0 %	-23 %	+25 %	-13 %	+15 %
Hus 3						
Fjernvarme	0 %	0 %	-23 %	+25 %	-7 %	+8 %
Varmepumpe	0 %	0 %	-23 %	+25 %	-13 %	+15 %
Hus 4						
Fjernvarme	0 %	0 %	-23 %	+25 %	-6 %	+7 %
Varmepumpe	0 %	0 %	-23 %	+25 %	-13 %	+14 %
Hus 5						
Fjernvarme	0 %	0 %	-23 %	+25 %	-8 %	+9 %
Varmepumpe	0 %	0 %	-23 %	+25 %	-16 %	+18 %
Hus 6						
Fjernvarme	0 %	0 %	-23 %	+25 %	-8 %	+9 %
Varmepumpe	0 %	0 %	-23 %	+25 %	-15 %	+16 %

Tabel 7.4: Forskel i resultat med en rente, der er henholdsvis 2 % over eller under 4,22 %.

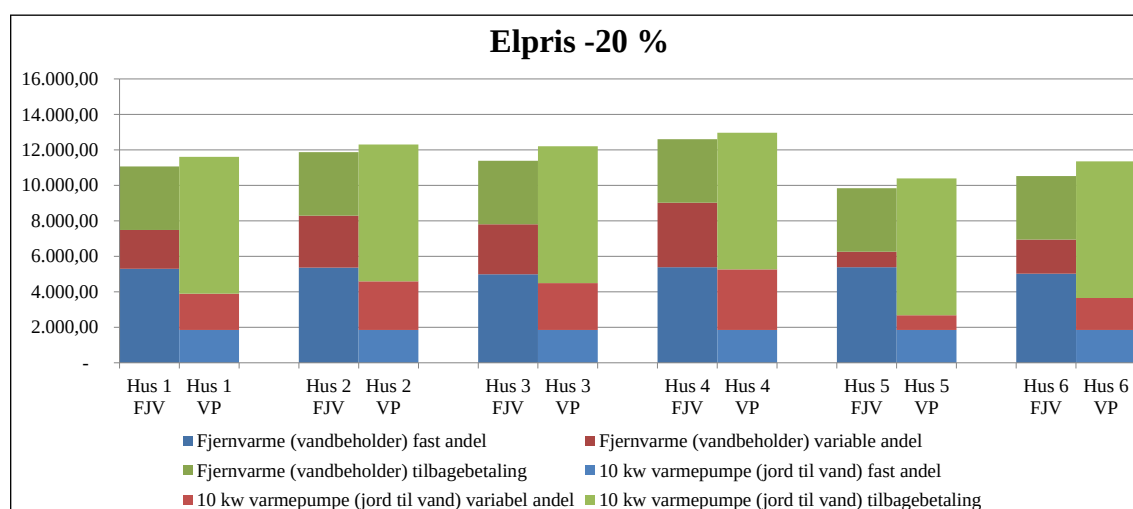
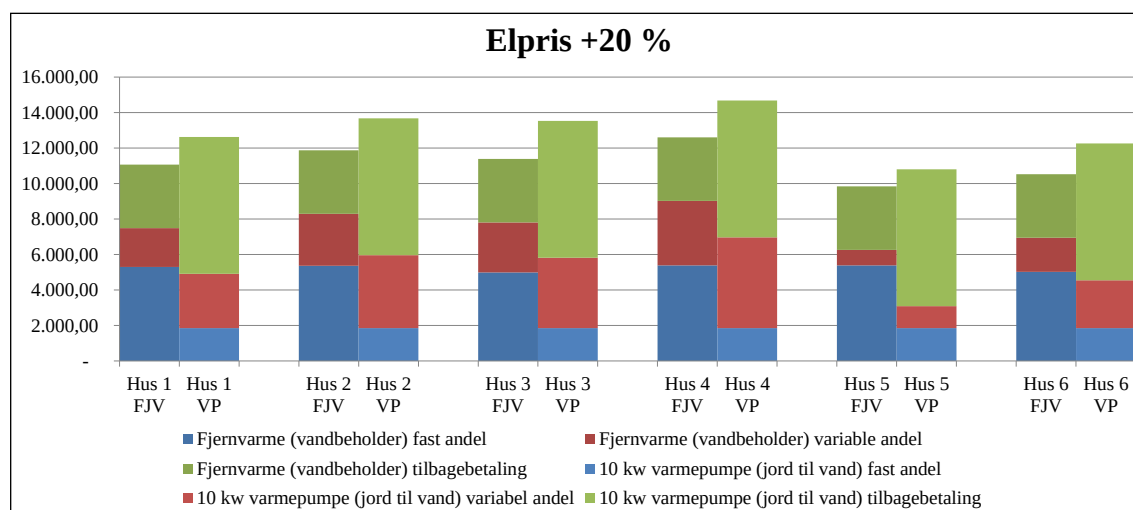
Som med tilbagebetalingstid påvirker en ændring af renten også kun investeringen. Dermed vil en lavere rente give en lavere tilbagebetaling per rate, hvis samme antal rater fastholdes. Som med tilbagebetalingstiden påvirkes varmekupperne mest af en ændring i renten. Det betyder, at en lavere rente påvirker forskellen mellem de to varmeanlæg. Med en rente, der er 2 % lavere, er der næsten ingen forskel i udgiften til varme for de enkelte boliger, som det kan ses i figur 7.2. For hus 5 betyder det, at varmekupperne har lavest årlig omkostning.



Figur 7.2: Resultat for en rente på 2,22 %.

7.2.4 Elpris

En ændring af elprisen påvirker den variable del af udgiften til varmepumperne. Dermed vil en lavere elpris gøre dem mere konkurrencedygtige med fjernvarme, mens en højere elpris vil give højere udgifter til varme. Modellen tager ikke hensyn til, hvordan en ændret elpris påvirker fjernvarmeprisen og dermed sker der ingen ændring for fjernvarme ved at ændre på denne parameter. Dette stemmer ikke helt overens med virkeligheden, hvor også fjernvarme påvirkes af ændringer i elprisen. Blandt andet benyttes el til drift af pumper i fjernvarmesystemer og samtidig er en del af fjernvarmeproduktionen sammenkoblet med elmarkedet og dermed kan prisen for denne produktion blive påvirket af ændringer i elprisen.



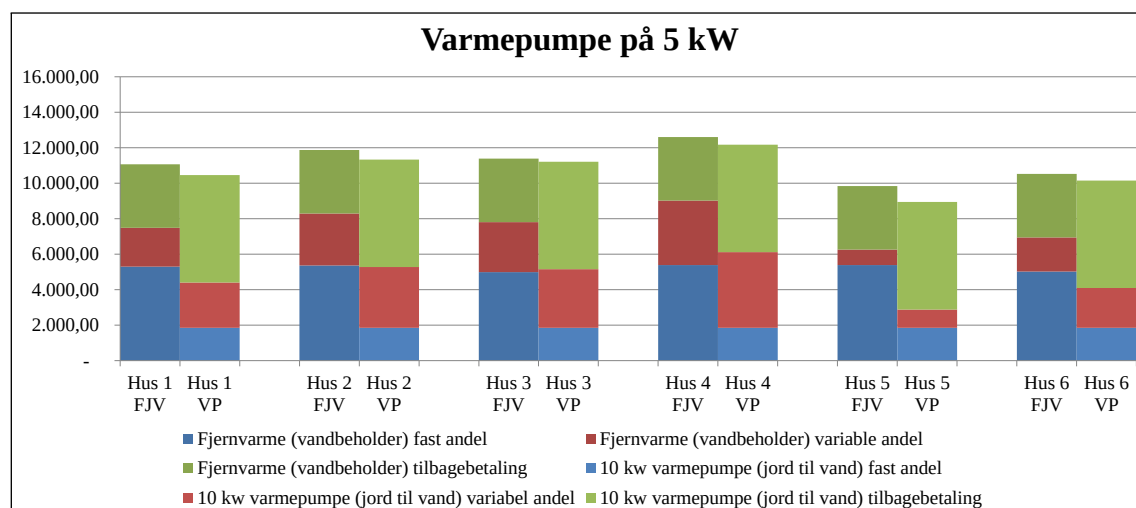
Figur 7.3 og 7.4 viser, at en lavere elpris er en fordel for varmepumperne, mens en højere elpris er en fordel for fjernvarme. Det ses i figur 7.4, at selv med et fald i elprisen på 20 % har fjernvarme stadig den laveste varmeudgift for alle boligerne. Elprisen skal reduceres med 29 % for

at det første hus, hus 4, får en lavere udgift til varme med varmepumpe. For at hele området opnår den laveste varmeudgift med varmepumper skal elprisen reduceres med mere end 70 %.

7.2.5 Varmepumpeeffekt

Effekten på den forsyning, som hver bolig har brug for er i antagelserne for modellen sat til 10 kW, se afsnit 5.1.3 på side 40. I [Energistyrelsen, 2013] vurderes det dog, at en bolig, der har et forbrug tilsvarende energirammen for lavenergibyggeri kun har behov for 5 kW forsynings-effekt. Såfremt 5 kW kan dække varmebehovet i boligerne vil investeringsomkostningerne til varmepumperne være mindre, og de vil dermed opnå en konkurrencefordel i forhold til fjernvarme, der i [Energistyrelsen, 2013] vurderes at skulle være 10 kW også til nye lavenergiboliger. Denne fordel kan ses på figur 7.5.

Det må dog forventes, at såfremt en 5 kW varmepumpe kan forsyne en bolig så vil en fjernvarmetilslutning af tilsvarende størrelse også kunne klare opgaven. Derfor vil der formentlig også kunne opnås en besparelse i installationsomkostninger for fjernvarmen, dog muligvis en begrænset besparelse, da fx rørene til bygningen enten kun vil være lidt billigere eller vil være de samme som til en 10 kW forsyning.



Figur 7.5: Resultat for en 20 % lavere elpris.

Som det fremgår af figur 7.5 vil fjernvarme altså få svært ved at konkurrere med individuel forsyning hvis kun meget små forsyningseffekter er nødvendige. Besparelse i tilbagebetalingen for varmepumpen er ca. 1650 DKK per bolig hvert år.

7.2.6 Energirammekrav

Det er som beskrevet i afsnit 2.4.4 på side 16 antaget, at de enkelte boligers varmemeforbrug til rumopvarmning udgør samme andel af energikravet til Lavenergiklasse 2015, som det i [Kristensen og Jensen, 2010] udgjorde af LE2 kravet. Når dette energiforbrug til rumvarme ligges sammen med et uændret forbrug af bygningsel og varmt vand resulterer det i en gennemsnitlig overskrivelse af energikravet til Lavenergiklasse 2015 på 43 % for de seks boliger.

Denne parameter vil blive varieret til to andre niveauer. Det første variation vil være til en overholdelse af energikravet til Lavenergiklasse 2015. Dette vil, hvis ikke varmtvands- eller bygningselforbrug ændre sig, svare til hvad boligejerne må antages, at blive præsenteret for i beregninger af byggeriets varmeforbrug. Den anden variation følger [Grøn Energi, 2013], hvori Lavenergiklasse 2015 forventes at overskride energikravet, således, at det samlede forbrug ligger på ca. 200 % af energikravet.

For begge beregninger antages det, at ændringen af forbruget sker for gennemsnittet af boligerne. Dermed vil de enkelte boliger stadig ligge enten højere eller lavere end energikravet eller overskridelsen, mens det gennemsnitlige energiforbrug for de seks boligtyper vil være henholdsvis 100 % og 200 % af energikravet. For at sænke forbruget i boligerne så det rammer energikravet skal varmeforbruget til rumvarme sænkes til en faktor 0,43, mens forbruget skal øges til en faktor 1,78 for at ramme 200 %. Resultaterne af disse to ændringer kan ses i tabel 7.5.

Hus 1	Fast Andel	Variabel Andel		Tilbagebetaling	Samlet	
		(0,43)	(1,78)		(0,43)	(1,78)
Fjernvarme	0 %	-45 %	+62 %	0 %	-9 %	+12 %
Varmepumpe	0 %	-45 %	+62 %	0 %	-10 %	+13 %
Hus 2						
Fjernvarme	0 %	-31 %	+42 %	0 %	-8 %	+10 %
Varmepumpe	0 %	-31 %	+42 %	0 %	-8 %	+11 %
Hus 3						
Fjernvarme	0 %	-41 %	+56 %	0 %	-10 %	+14 %
Varmepumpe	0 %	-41 %	+56 %	0 %	-10 %	+14 %
Hus 4						
Fjernvarme	0 %	-43 %	+58 %	0 %	-12 %	+17 %
Varmepumpe	0 %	-43 %	+58 %	0 %	-13 %	+18 %
Hus 5						
Fjernvarme	0 %	-43 %	+59 %	0 %	-4 %	+5 %
Varmepumpe	0 %	-43 %	+59 %	0 %	-4 %	+6 %
Hus 6						
Fjernvarme	0 %	-50 %	+69 %	0 %	-9 %	+13 %
Varmepumpe	0 %	-50 %	+69 %	0 %	-10 %	+13 %

Tabel 7.5: Forskel i resultat med en når varmeforbruget til rumvarme sænkes og øges til henholdsvis faktor 0,43 og 1,78.

Som det fremgår af tabel 7.5 påvirkes den variable andel af varmeudgifterne hos de enkelte boliger lige meget for både fjernvarme og varmepumper. Da varmepumperne har en større variabel omkostning betyder det, at påvirkning af det samlede resultat er lidt større for varmepumperne end for fjernvarme. Som det ses i de sidste to kolonner, er forskellen lille og kan kun aflæses ved nogle af boligerne. Ved de resterende forsvinder forskellen ved afrundingen. Dermed vil ændring af denne parameter næsten ikke påvirke konkurrenceforholdet mellem de varme anlæg så længe de variable priser er næsten ens.

7.2.7 Fjernvarmeselskab

Som det fremgår af afsnit 5.3.2 på side 44 har Aalborg Forsyning en af de laveste priser i Danmark for en standard bolig. Det er derfor interessant at undersøge, hvilke andre værker, der også kan konkurrere med varmepumper. Til dette formål benyttes modellen til at fastsætte nogle prisbetingelser, som så sammenholdes med prisstatistikken for fjernvarme fra [Energitilsynet, 2014c].

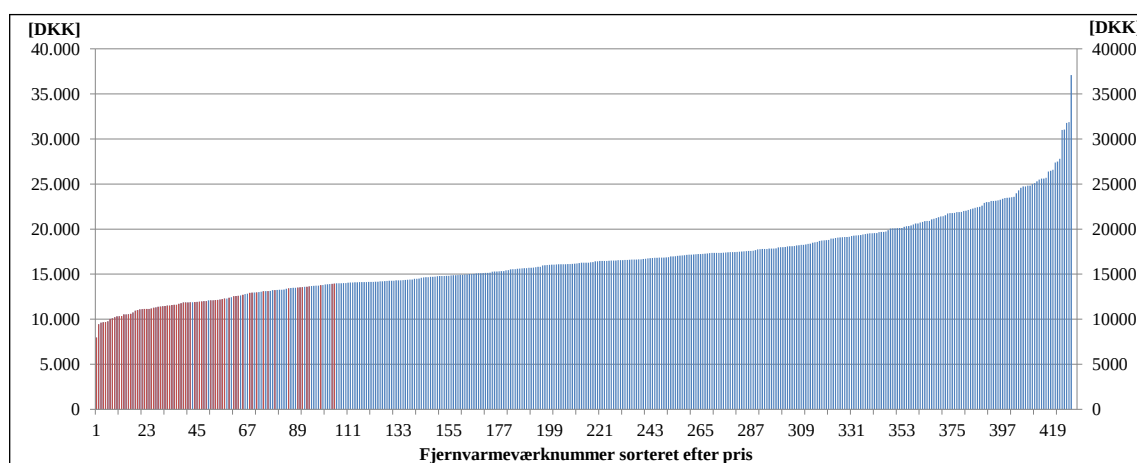
I modellen beregnes betingelserne ved at sætte den faste andel af prisen til en værdi og herefter undersøge, hvilken værdi den variable andel må have, for at fjernvarme stadig er mest attraktivt for alle boliger. Den faste værdi varieres mellem 0 og 4.500 DKK, da der ved højere fast andel ikke findes værker med en tilsvarende lav variabel andel. Tabel 7.6 viser den tilsvarende maksimale variable pris.

Fast andel [DKK]	Variabel andel [DKK]
0	960
1.000	850
2.000	740
3.000	630
4.000	520
4.250	500
4.500	470

Tabel 7.6: Øvre grænse for variabel prisandel ved fastlåste faste andele.

I prisstatistikken opgøres prisen for et standard hus på 130 m² med et forbrug på 18,1 MWh. For at kende den faste andel af prisen er denne beregnet ved at tage den samlede pris minus 18,1 gange prisen per MWh. Denne metode giver ikke det helt nøjagtige tal, da dette vil afhænge af, hvordan prissætningen af den faste andel beregnes på det enkelte værk. Metoden gør det til gengæld muligt, at udføre en analyse for samtlige værker på en gang.

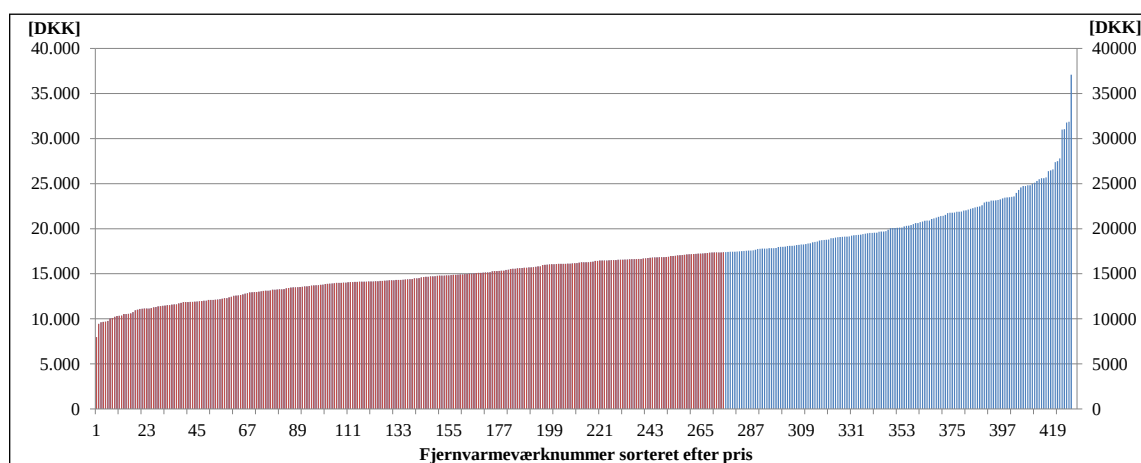
Med den beregnede faste prisandel og betingelserne fra tabel 7.6 findes i alt 77 værker, der kan konkurrere med varmepumperne. Disse er markeret på figur 7.6 på den følgende side. Nogle af disse værker kan kun lige nøjagtigt konkurrere med varmepumper og hvis den faste pris afhænger af fx arealet af boligerne vil den for boligerne i dette projekt blive højere. Dette er altså en optimistisk vurdering af hvor mange værker, der kan konkurrere med varmepumper. De 77 værker har alle det til fælles, at de ligger i den lave ende af prisstatistikken, men som det fremgår af figur 7.6 på næste side er der et område fra fjernvarmeværk nummer ca. 40 til ca. 110, hvor fordelingen mellem fast og variabel andel for de enkelte værker betyder, at kun nogle af dem kan konkurrere med varmepumper.



Figur 7.6: Prisstatistik for fjernvarme i Danmark baseret på fjernvarmeforsyningernes prisansmeldelser til Energitilsynet med ikrafttrædelsesdato til og med 15. marts 2013 [Energitilsynet, 2014c]. Værker der opfylder prisbetingelserne er markeret med rødt.

Flere værker kan konkurrere med varmepumper hvis den faste andel af prisen fjernes. Dette gøres ved at dele den samlede pris fra statistikken med forbruget på 18,1 MWh. Dette betyder, at værkerne vil have en mindre indtjening på kunder med et forbrug under 18,1 MWh, mens kunder med et forbrug derover vil komme til at betale mere for varmen. En omlægning til fuldt variable priser vil derfor ikke nødvendigvis følge denne strategi, så resultatet af denne beregning er formentlig også mere optimistisk, end hvad der kan lade sig gøre i virkeligheden og foretages for at illustrere potentialet i en højere variabel prisandel.

Når hele prissætningen er variabel, er den maksimale varmepris, ifølge tabel 7.6 på forrige side, 960 DKK. Det betyder, at 275 værker kan konkurrere med varmepumperne. Disse værker er markeret på figur 7.7. Med denne metode afhænger resultatet kun af den samlede pris fra prisstatistikken og alle værker med en samlet pris under 17.376 DKK er derfor markeret på figuren.



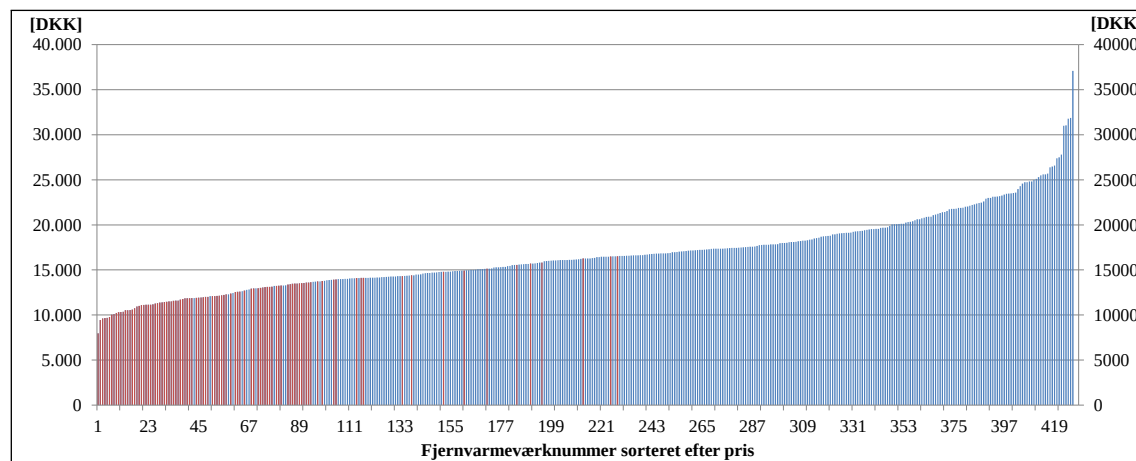
Figur 7.7: Prisstatistik for fjernvarme i Danmark baseret på fjernvarmeforsyningernes prisansmeldelser til Energitilsynet med ikrafttrædelsesdato til og med 15. marts 2013 [Energitilsynet, 2014c]. Værker med en samlet pris under 17.376 DKK er markeret med rødt.

Beregningerne for de forskellige fjernvarmeværker ovenfor er lavet med det forventede faktiske forbrug for boligerne for et normalår, som angivet i tabel 7.1 på side 63. Som nævnt i afsnit 7.2.6 på side 69 vil boligejerne, når der skal vælges opvarmningsform, blive præsenteret for et beregnet forbrug, hvor boligen forventes, at overholde energirammen. Samme beregning af maksimal variabel prisandel med en fastholdt fast prisandel som i tabel 7.6 på side 71 udføres, men denne gang med en energifaktor på 0,43, således, at energirammekravet overholdes. Tabel 7.7 viser resultatet af denne beregning.

Fast andel [DKK]	Variabel andel [DKK]
0	1.330
1.000	1.140
2.000	950
3.000	760
4.000	570
4.250	530
4.500	470

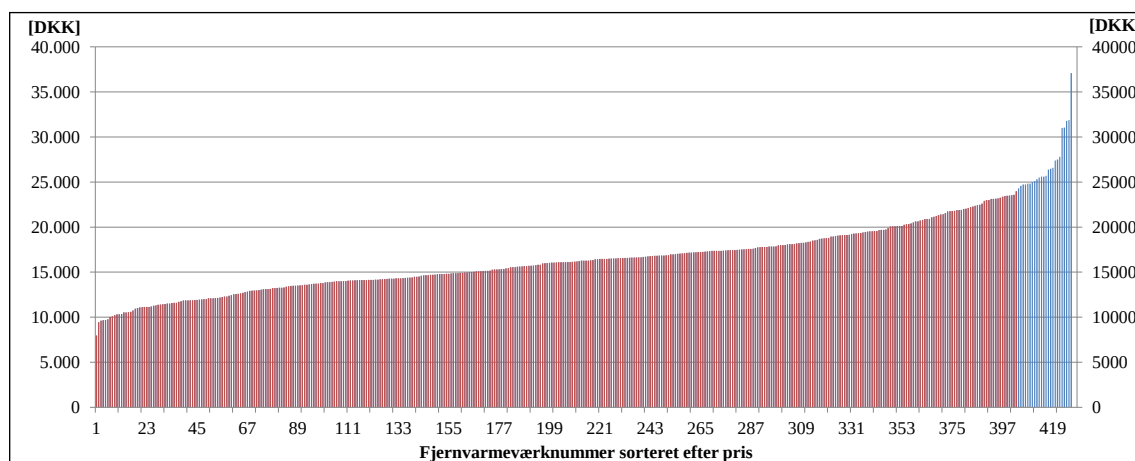
Tabel 7.7: Øvre grænse for variabel prisandel ved fastlåste faste andele med en energifaktor på 0,43.

Ved at sammenligne tabel 7.6 på side 71 og 7.7 ses det, at under forudsætning af at energikravet overholdes tillades en variabel pris, der er højere, hvis den faste andel holdes lav. Når den faste andel stiger bliver den tilladte variable pris mere ens for de to beregninger, mens de med en fast andel på 4.500 DKK begge tillader samme variable pris. Med de nye betingelser indsat i prisstatistikken vil 103 værker kunne konkurrere med varmepumper. Disse værker er markeret på figur 7.8.



Figur 7.8: Prisstatistik for fjernvarme i Danmark baseret på fjernvarmeforsyningernes prisangivelser til Energitilsynet med ikrafttrædelsesdato til og med 15. marts 2013 [Energitilsynet, 2014c]. Værker der opfylder prisbetingelserne ved en energifaktor på 0,43 er markeret med rødt.

Laves beregningen, hvor hele prissætninger er variabel er den maksimale pris ifølge tabel 7.7 1.330 DKK. Dette betyder, at alle fjernvarmeværker i prisstatistikken med en pris under 24.073 DKK vil kunne konkurrere med varmepumper. Disse er markeret på figur 7.9 på den følgende side. 403 værker vil ifølge denne beregning være i stand til at konkurrere med varmepumper.



Figur 7.9: Prisstatistik for fjernvarme i Danmark baseret på fjernvarmeforsyningernes prisanmeldelser til Energitilsynet med ikrafttrædelsesdato til og med 15. marts 2013 [Energitilsynet, 2014c]. Værker med en samlet pris under 24.073 DKK er markeret med rødt.

Resultaterne i figur 7.8 på foregående side og 7.9 illustrerer en udfordring for boligejerne, når der skal vælge opvarmningssystem. Såfremt de skal basere deres valg udelukkende på beregninger, der overholder energirammekravet og ikke passer med det forventede faktiske forbrug, vil de let kunne foretage et valg, der ikke nødvendigvis er det optimale. Samtidig viser beregningerne også, at det vil være muligt for fjernvarmeværkerne, at fremstå mere fordelagtige i valget af varmesystem. Særligt hvis de kan reducere størrelsen af den faste andel af deres priser og i stedet have en større variabel andel.

7.3 Opsamling

Det er i dette kapitel undersøgt, hvordan økonomien for de enkelte forbrugere påvirkes ved et valg af enten fjernvarme eller jordvarme. I den valgte case, hvor Aalborg Forsyning leverer fjernvarmen, kan fjernvarmen under de opstillede forudsætninger konkurrere med varmepumperne med mindre investeringsomkostningen for disse kan reduceres eller dens indflydelse reduceres ved en markant lavere rente.

Det ses, at i casen for Aalborg vil en ændring i forbrug kun i meget lille grad påvirke konkurrenceforholdet mellem de to opvarmningsteknologier. Dette skyldes, at den variable og dermed forbrugsafhængige andel af de samlede udgifter er forholdsvis lille og at de variable omkostninger i Aalborg er meget lig de variable omkostninger for varmepumper.

Det er ved hjælp af modellen også blevet fastslået, hvilken variabel pris et fjernvarmeværk kan opkræve ved en række forskellige faste omkostninger for de enkelte boliger. Disse priser er blevet opstillet som betingelser for at undersøge, hvilke værker, der kan konkurrere med varmepumper både på baggrund af værkernes nuværende priser og ved at omregne prisen for en standard bolig til en fuldstændigt variable priser.

Yderligere er det undersøgt, hvor meget højere de variable priser for fjernvarme kan være, hvis det forudsættes at boligerne overholder energirammekravet. Heraf fremgår det, at ved et lave-

re forbrug kan fjernvarmeværkerne prissætte med en højere variabel pris og stadig konkurrere med jordvarme. Med en fuldstændig variabel pris kan langt de fleste fjernvarmeværker konkurrere med varmepumper under disse vilkår.

Beregningerne viser, at det specifikt for casen er forbrugerøkonomisk fordelagtigt at vælge fjernvarme frem for varmepumper. Lignende resultater vil ligeledes kunne forventes ved en række andre fjernvarmeværker. Det vil dog kræve en detaljeret beregning for hver specifik case før et endelig valg kan træffes. Såfremt parametrene for modellen ikke ændres væsentligt, vil fjernvarmeværker med priser under de opsatte betingelser kunne konkurrere med varmepumper i de enkelte boliger.

To af de parametre, der kræver særlig opmærksomhed er det forventede forbrug og investeringsomkostninger. Den sidste er ikke varieret i disse følsomhedsberegninger, men særligt for varmepumper gælder det, at tilbagebetalingen af investeringen udgør en stor del af de årlige udgifter for boligejerne. Dermed vil en ændring af denne have stor betydning for forbrugerøkonomien. Der er fundet en markant forskel på hvor mange fjernvarmeværker, der kan konkurrere med varmepumper afhængigt af, om forbruget regnes efter energirammekravet eller et mere realistisk forbrug baseret på data fra projektet *"Fremtidens Parcelhuse"*. Denne forskel kan have stor indflydelse på, hvilken opvarmningsform boligejerne vælger og fjernvarmeværkerne vil kunne stå bedre i en sammenligning baseret på energirammekravet, hvis de har en mindre fast prisandel og i stedet flytter udgifterne over på de variable priser.

Da det formentligt vil påvirke mange nuværende kunder negativt at lave en fuld omlægning til variable priser, bør det for de enkelte fjernvarmeværker overvejes om der i stedet skal fastlægges en ny prisstruktur for nye kunder. Dette er tilladt i henhold til varmemforsyningsloven, se boks 3.4 på side 25. Den nye prisstruktur kan gælde for fx alle boliger bygget efter Lavenergiklasse 2015 kravet eller for fastsatte geografiske områder. Muligheden bliver ikke undersøgt nærmere i indeværende speciale, men vil formentligt gøre det muligt, at kunne tilbyde mere konkurrencedygtige priser til nye lavenergiboliger, uden at påvirke eksisterende kunder negativt.

Diskussion

Som led i besvarelsen af indeværende speciales problemformulering, vil dette kapitel samle op på og diskutere de resultater, der er fundet gennem rapporten. Først fokuseres der på resultaterne fra aktøranalysen i kapitel 3. Dette leder videre til en gennemgang af resultaterne for de samfunds-, selskabs- og forbrugerøkonomiske analyser foretaget i kapitel 6 og 7.

8.1 Aktøranalyse

På baggrund af kapitel 3 er det identificeret, hvilke aktører der indgår i den danske varmeplanlægningsproces, samt hvilke af disse, der har den mest direkte indflydelse på valget af opvarmningsteknologi i den enkelte bolig. Disse aktører er i afsnit 3.2 på side 30 identificeret til kommunerne, forsyningsselskaberne og forbrugerne. For hver af de tre aktører er det identificeret, hvilke målsætninger de arbejder efter i forhold til varmeplanlægningen.

Kommunen skal arbejde for at overholde det nationale ønske om, at udvide fjernvarmens forsyningsområder. Samtidig skal de sikre, at den kommunale varmeplanlægning arbejder mod at fremme den mest samfundsøkonomiske varmforsyning.

Forsyningsselskaberne skal levere fjernvarme i de områder, der i lokalplanerne udlægges til fjernvarme. De skal samtidig sikre lavest mulige varmepriser og sikre en positiv selskabsøkonomi i investeringer i blandt andet distributionsnet til fjernvarmen.

For forbrugerne antages det, at en væsentlige målsætning for dem er, at sikre sig bedst mulig forbrugerøkonomi når der vælges opvarmningsteknologi.

De økonomiske analyser i indeværende speciale er på baggrund heraf udført med disse tre aktører i fokus, hvorfor de økonomiske analyser har omfattet samfundsøkonomisk rationale for etablering af fjernvarme, selskabsøkonomisk rationale for etablering af lavtemperaturfjernvarme frem for traditionel fjernvarme samt forbrugerøkonomisk grundlag for valg af fjernvarme som opvarmningsteknologi. I det følgende vil resultaterne for disse beregninger blive diskuteret.

8.2 Samfundsøkonomi

Det er påvist, at fjernvarme har en markant bedre samfundsøkonomi for den valgt case sammenlignet med individuel opvarmning med jordvarme. Resultatet er samtidigt robust og kræver store ændringer i enten investeringsomkostningerne eller energikøbspriserne før jordvarme er den samfundsøkonomiske bedste løsning. Dermed forventes det, at samfundsøkonomien også vil være bedst for fjernvarme i mange lignende områder.

Det er vigtigt, at bemærke, at beregningerne er baseret på listepriser fra henholdsvis [Energi styrelsen, 2013] og [Svensk Fjärrvärme, 2012]. Det betyder, at de fundne priser ikke nødvendigvis stemmer overens med de priser de enkelte fjernvarmeselskaber eller forbrugere kan opnå. Derfor bør der altid laves en samfundsøkonomisk beregning for hver enkelt specifik case. Da beregningerne for den valgte case i denne rapport kræver store ændringer i forskelle mellem investeringspriser for jordvarme og fjernvarme forventes det ikke, at resultatet om, at fjernvarme har den bedste samfundsøkonomi vil ændre sig for denne case.

Der er i beregningerne ikke taget hensyn til den samfundsmæssige konsekvens af en stigende tilslutning til en af de to opvarmningsteknologier. Særligt for varmepumper vil en konsekvens af en stor tilslutning kunne få en stor samfundsøkonomisk betydning. En høj andel af opvarmning baseret på varmepumper vil betyde, at en stor del af varmeproduktionen overgår til at være elbaseret. Det vil medføre et stigende behov for reservekapacitet til elproduktion, da der ellers vil være risiko for manglende forsyning på kolde dage, hvis fx vindmøller ikke producerer el. Denne effekt vil yderligere forværres af, at varmepumpernes COP påvirkes af uendørstemperaturen og vil være lavest når det er koldt og behovet for varme er størst. En stigende varmepumpetilslutning vil altså således resultere i et øget pres på elnettet.

8.3 Selskabsøkonomi

I kapitel 6 er det fundet, at etableringen af lavtemperaturfjernvarme har en højere investeringsomkostning end traditionel fjernvarme. Lavtemperaturfjernvarme medfører dog et lavere varmetab i det udlagte distributionsnet, hvorfor det på trods af en højere investeringsomkostning er muligt at opnå en bedre selskabsøkonomi, end for fjernvarme med traditionelle temperaturer. Dermed vil der over tid opnås en gevinst ved at investere i lavtemperaturfjernvarme.

Der er også blevet regnet på en alternativ udlægning af rørnettet, med det formål, at reducere længden af stikledninger og derved investeringsomkostningerne. Den alternative udlægning medfører en reduktion i investeringsomkostningerne til rørnettet, men det vurderes samtidig, at reduktionen kan øges endnu mere, hvis placeringen af matrikler i området tager mere hensyn til forsyningen af boligerne. Den alternative udlægning medfører, at fjernvarmerørene kommer til at ligge indenfor de enkelte matrikler, hvilket kan give nogle juridiske ulemper for fjernvarmeselskaberne. Til gengæld vil en minimeret stikledningslængde medføre en kortere responstid på varmt vand og lavere stilstandstab. I indeværende speciale er det ikke undersøgt nærmere om den økonomiske gevinst ved en alternativ udlægning af rørnettet opvejer de ulemper, der følger af, at nettet ligger indenfor de enkelte matrikler. Det bør derfor undersøges nærmere, om fjernvarmeselskaberne kan opnå en gevinst ved at ændre metoden for udlæg-

ning af røret. Samtidig bør det også overvejes generelt at inddrage hensyn til fremføring af infrastruktur ved udlægning af matrikler, da der formentligt også vil kunne opnås gevinster for fx elnet og kloak ved kortere forsyningsnet.

Etableringen af lavtemperaturfjernvarme i et enkelt område af et forsyningsnet vil formentligt ikke medføre større produktions- eller driftsmæssige fordele. Derimod kan det give udfordringer, da flere temperaturzoner skal opretholdes indenfor samme netværk. Til gengæld vil driftsmæssige fordele kunne opnås efterhånden som større dele af netværket overgår til lavtemperatur. Særligt bør det være muligt bedre at kunne udnytte flere kilder med spildvarme i området, da temperaturkravene til disse vil være lavere for lavtemperaturfjernvarme. Det vil også være muligt, at inddrage nye produktionsteknologier som fx geotermi og varmepumper, hvor der kan opnås en højere virkningsgrad når varmen skal leveres ved lavere temperaturer.

Da fordelene ved at udlægge lavtemperaturfjernvarme frem for fjernvarme ved traditionelle temperaturer først for alvor vil slå igennem i fremtiden kunne det være nærliggende at vente med at investere heri. Dette er i midlertidig ikke rationelt, da fjernvarmerør har en levetid på 30-50 år. Dermed skal de fjernvarmerør, der etableres nu, ikke kun vælges ud fra, hvad der passer til det nuværende system men i højere grad ud fra, hvad der passer til det system, der forventes i fremtiden. Dermed bør der arbejdes for at etablere lavtemperaturfjernvarme i de tilfælde, hvor der er selskabsøkonomisk rationale herfor.

8.4 Forbrugerøkonomi

Det er for den specifikke case i Aalborg fundet, at forbrugerne opnår de laveste årlige varmeudgifter ved at vælge fjernvarme. Resultatet er dog casespecifikt og kan ikke overføres direkte til lignende områder, som det også fremgår af følsomhedsanalyserne foretaget i kapitel 7. Især varmeprissammensætningen og dermed hvilket fjernvarmeselskab, der forsyner et område har stor betydning for, om fjernvarme kan konkurrere med jordvarme på forbrugerøkonomien.

Det er fundet, at med det forventede forbrug for boligerne baseret på projektet *“Fremtidens Parcelhuse”*, vil ca. 80 fjernvarmeselskaber kunne konkurrere direkte med jordvarme med den nuværende prisstruktur. Hvis der i stedet regnes med et forbrug tilsvarende, at boligerne i gennemsnit overholder energirammekravet, vil ca. 105 fjernvarmeselskaber kunne konkurrere med jordvarme. Ved begge beregninger øges antallet af fjernvarmeselskaber markant, hvis det i stedet antages, at hele betalingen overføres til den variable andel. Ved beregningen, hvor det antages, at boligerne i gennemsnit overholder energirammekravet, vil langt de fleste fjernvarmeselskaber kunne konkurrere med jordvarme. Det er formentligt ikke muligt for fjernvarmeselskaberne at overgå til en fuldstændig variabel prisstruktur på en så simpel måde som det er beskrevet i denne rapport. Derimod bør det undersøges, om det er muligt at mindske den faste andel af prisen mest muligt imod en højere variabel andel. Denne prisstruktur kan benyttes til nye kunder, eller til områder, hvor der opføres lavenergibyggeri.

En sådan højere variabel andel kan blive problematisk at opnå, hvis det samtidig er en målsætning, at holde priserne omkostningsægte. Dette skyldes, at nogle af de teknologier som fjernvarmen skal baseres på i fremtiden har høje investeringsomkostninger men meget lave

driftsomkostninger. Dette gælder fx for solvarme og geotermi. Såfremt priserne holdes omkostningsægte vil disse teknologier medføre en markant stigning i den faste prisandel og fald i den variable. Ved at overgå til en fuldstændig variabel prissætning udsætter fjernvarmeselskaberne sig også i større grad for mulig over- eller underdækning, hvilket kan medføre en modvilje i forhold til et sådant forslag. Det bør derfor undersøges nærmere, om den variable prisandel kan øges uden at risikoen for over- eller underdækning samtidig øges.

I kapitel 6 er det fundet, at etableringen af fjernvarmenettet som lavtemperaturfjernvarme i caseområdet reducerer tabet fra distributionsnettet. Der er som nævnt ovenfor påvist en positiv selskabsøkonomi i at etablere lavtemperaturfjernvarme og da fjernvarmeselskaberne skal efterleve "hvile-i-sig-selv"-princippet bør denne gevinst overføres til kunderne. Det er i dette projekt ikke undersøgt, om gevinsten kun bør komme kunderne i området til gode eller om den bør give anledning til en generel reduktion af prisen for alle fjernvarmekunder. Men det vil i begge tilfælde have en positiv effekt på forbrugerøkonomien.

Der er i arbejdet med modellen fundet store afvigelser mellem det beregnede energiramme-krav for boligerne og det virkelige forbrug, når beboerne er indflyttet. Dette er tilsyneladende en generel problematik for energirammeberegningerne, hvorfor flere fjernvarmeselskaber forventer højere forbrug end det beregnede. Det er ikke undersøgt nærmere i indeværende speciale, hvad grunden til denne uoverensstemmelse mellem virkelighed og beregninger skyldes, men en række faktorer forventes at have indflydelse herpå.

En eventuel forklaring kan være, at når energirammen for en bolig beregnes anvendes en inde-temperatur på 20 °C [Topp, 2014]. Som det fremgår af tabel 5.4 på side 47 har alle seks boliger i projektet "*Fremtidens Parcelhuse*" en højere indetemperatur om vinteren, hvilket leder til et højere varmeforbrug til rumvarme. Beregninger for graddage laves med en basistemperatur på 17 °C, men det bør undersøges nærmere om denne temperatur også gælder for lavenergibygninger, der med en høj isoleringsgrad muligvis vil have en lavere basistemperatur end ældre bygninger. Det er også tydeligt for de seks boliger anvendt i dette projekt, at forbrugsmønstrene er meget forskellige, hvilket også leder til et varmebehov, der afviger markant fra den beregnede energiramme.

Det er også vigtigt at understrege, at energirammeberegninger er et sammenligningsværktøj og målet hermed derfor ikke er at finde det faktiske forbrug når beboerne er indflyttet. Derimod skal energirammeberegningerne fastslå om boligen, under nogle på forhånd fastsatte betingelser, overholder energirammekravene i bygningsreglementet. Ofte anvendes energirammeberegningerne også til at forudsige behovet i boliger, hvilket leder til forkerte forudsigelser, da forudsætningerne for energirammeberegningerne ikke stemmer overens med virkeligheden. Der bør derfor enten udvikles et selvstændigt værktøj til dette formål eller opstilles beregningsbetingelser, der kan anvendes til bedre forudsigelse af varmebehovet i boliger.

Konklusion

Gennem indeværende speciale, er samspillet mellem fjernvarme og lavenergibyggeri blevet behandlet. Konkret er der fokuseret på, hvilke barrierer, der er, dels for at det vælges at udlægge fjernvarme i nye boligområder samt at fjernvarmen tilvælges som opvarmningsteknologi af forbrugerne. Dermed undersøges det, om fjernvarmen kan indgå som valgmulighed til opvarmning af nye boligområder. Dette er gjort gennem et casestudie for et nyudstykket område til lavenergibebyggelse i Godthåb nogle kilometer sydvest for Aalborg for derigennem at besvare følgende problemformulering:

„Under forudsætning af, at der er en berettigelse for fjernvarme i fremtidens energisystem, i hvilket omfang findes der barrierer for lavtemperaturfjernvarme som opvarmningsteknologi i lavenergibyggeri, og hvilke aktører påvirker, om fjernvarme vælges som opvarmningsteknologi i nye boligområder?“

Som led i besvarelsen heraf er fem spørgsmål først besvaret. Disse besvarelser gennemgås i det følgende, hvorefter selve problemformuleringen besvares.

„Hvilke aktører indgår i den danske varmeplanlægning, og hvilke dele heraf påvirker de enkelte aktører?“

I kapitel 3 gennemgås de aktører, der påvirker den danske varmeplanlægning. Aktørerne er fordelt i tre planlægningsniveauer; lands-, regional- samt kommunal- og lokalplanlægning. I landsplanlægningen fastlægges de overordnede nationale målsætninger for varmeområdet. Dette arbejde ligger først og fremmest i Folketinget og Klima-, Energi- og Bygningsministeriet. De er samtidig også ansvarlige for at implementere internationale forpligtigelser og aftaler. Yderligere har en række styrelser, tilsyn og nævn indflydelse på varmeplanlægningen fra dette planlægningsniveau.

Regionalplanlægningen har en meget begrænset indflydelse på varmeplanlægningen, da der ikke er fastsat opgaver eller ansvar for regionerne på dette område. Deres indflydelse er derfor begrænset til udarbejdelsen af målsætninger i regionale udviklingsplaner.

Kommunal- og lokalplanlægningen indenfor varmeforsyningsområdet foretages af kommuner og forsyningsselskaber. De skal sikre, at den mest samfundsøkonomiske varmeforsyning fremmes. Også forbrugerne har en indflydelse i dette niveau, da de i sidste ende beslutter, hvilken opvarmningsteknologi, der vælges til boligerne. De har desuden indflydelse på valget af bestyrelser i fjernvarmeselskaberne, såfremt de tilslutter sig fjernvarme.

Med udgangspunkt i de identificerede aktører besvares det næste spørgsmål.

„Hvilke af disse aktører har en direkte indflydelse på valget af varmforsyning i de enkelte boliger?“

Gennem analyse af varmeplanlægningens aktører, er der blevet afgrænset et netværk af centrale aktører i forbindelse med valget af varmforsyningsteknologi i de enkelte boliger. Dette netværk består af kommunerne, forsyningsselskaberne og forbrugerne, svarende til det kommunale og lokale niveau af varmeplanlægningen.

Kommunerne skal sikre, at planlægningen af varmforsyningen inden for kommunen fremmer den mest samfundsøkonomiske varmforsyning. De skal samtidig arbejde for at overholde de nationale ønsker om, at udvide fjernvarmens forsyningsområde. Gennem lokalplanlægningen kan der udstedes krav og retningslinjer for byggestandard og mulige varmforsyningsteknologier for specifikke områder. Det er således kommunerne, der beslutter om der skal udbydes kollektiv varmforsyning til et område, samt hvilke individuelle forsyningsteknologier, der må anvendes.

Forsyningsselskaberne skal bistå kommunerne i planlægningen af den kollektive varmforsyning og skal levere fjernvarme i de områder, der i lokalplanerne udlægges til fjernvarme. De har gennem prissætningen af varmen en indflydelse på om der skabes en attraktiv forbrugerøkonomi.

I sidste ende er det forbrugeren, der skal foretage det endelige valg af varmforsyningsteknologi. Skal det nationale ønske om at udvide fjernvarmens forsyningsområde realiseres er det således nødvendigt for kommunerne og forsyningsselskaberne at skabe attraktive vilkår for forbrugerne i at vælge fjernvarme frem for individuel opvarmning.

Baseret på det afgrænsede aktørnetværk skal det bestemmes, hvilke forudsætninger, der skal opfyldes før etableringen af lavtemperaturfjernvarme kan realiseres. De næste tre spørgsmål vil behandle denne problemstilling, indledningsvist fra et kommunalt perspektiv.

„Er det muligt, under overholdelse af bestemmelserne i varmforsyningsloven, at etablere fjernvarme til lavenergibyggeri?“

Af varmforsyningsloven fremgår det, at det gennem varmeplanlægningen skal søges at fremme den mest samfundsøkonomiske varmforsyning. Idet ansvaret for planlægningen af den kollektive varmforsyning ligger hos kommunen, er det undersøgt om der forelægger et samfundsøkonomisk rationale for kommunen i at etablere fjernvarme i det valgte caseområde. Der er således beregnet samfundsøkonomiske omkostninger forbundet med at etablere henholdsvis fjernvarme og jordvarme i caseområdet.

Ved at sammenligne samfundsøkonomien for etablering af fjernvarme i det valgte caseområde med de samfundsøkonomiske omkostninger for etablering af individuel opvarmning i form af jordvarme, findes det, at der for det specifikke caseområde forelægger et solidt samfundsøkonomisk rationale for at etablere fjernvarme. Det skyldes, at investeringsomkostningerne er

markant højere for jordvarme. Samtidig er omkostningerne til drift og vedligehold samt energikøb ligeledes højere for jordvarme. Dette betyder for den valgte case, at etablering af fjernvarme er samfundsøkonomisk fordelagtigt. Derved overholdes varmemforsyningslovens bestemmelse om at fremme den mest samfundsøkonomiske varmemforsyning ved at etablere fjernvarme i området.

Denne konklusion kan dog ikke drages generelt, da den bygger på en række casespecifikke forudsætninger og antagelser. Faktorer som et områdes nærhed til eksisterende infrastruktur til fjernvarme og udgift til energiindkøb kan begge resultere i en anderledes konklusion for andre områder. Derfor bør der foretages en individuel vurdering for hver enkelt case.

Med samfundsøkonomisk rationale i etablering af fjernvarme i den valgte case eftervist, undersøges det med det næste spørgsmål om denne etablering bør være som lavtemperaturfjernvarme.

„Er der et økonomisk incitament i at vælge lavtemperaturfjernvarme frem for fjernvarme med traditionel systemtemperatur?“

For den valgte case er anlægsomkostningerne forbundet med at anlægge distributionsnettet til fjernvarme som henholdsvis lavtemperatur og med traditionelle systemtemperaturer beregnet. Her findes det, at investeringsomkostningerne er højest for lavtemperaturfjernvarme.

Til gengæld opnås en varmetabsbesparelse på over 30 % ved at anlægge som lavtemperaturfjernvarme og det er derfor undersøgt, om værdien af varmetabsbesparelsen kan opveje de højere anlægsomkostninger.

Ved at værdisætte omkostningerne forbundet med at producere og levere fjernvarme er det fastslået, at varmetabsbesparelsen udgør en højere værdi end ekstraomkostningerne for at anlægge lavtemperaturfjernvarme. Dermed opnås en bedre selskabsøkonomi med lavtemperaturfjernvarme. Dette giver forsyningsselskabet et incitament til at anlægge lavtemperaturfjernvarme frem for fjernvarme med traditionel systemtemperatur. Produktionsmæssige fordele ved at anlægge lavtemperaturfjernvarme er ikke inddraget i denne beregning, men forventes at give yderligere incitament til anlæggelse af lavtemperaturfjernvarme.

Mange fjernvarmeselskaber vil have højere omkostninger forbundet med især produktionen af fjernvarme end der er gældende i den valgte case. Dermed vil en varmetabsbesparelse have højere værdi for disse fjernvarmeselskaber og de vil på denne parameter have endnu større incitament til at vælge lavtemperaturfjernvarme. Selskabsøkonomien ved anlæggelse af lavtemperaturfjernvarme bør dog beregnes for hver specifik case.

Med både samfundsøkonomisk og selskabsøkonomisk incitament for lavtemperaturfjernvarme påvist for den valgte case, leder det sidste spørgsmål til en undersøgelse af forbrugerøkonomien, da valget af opvarmningsteknologi i sidste ende påhviler forbrugerene.

„Hvad er den forbrugerøkonomiske konsekvens af at vælge fjernvarme frem for individuel varmforsyning i lavenergibyggeri?“

Der er opbygget en model til beregning af de forbrugerøkonomiske konsekvenser forbundet med boligopvarmning med henholdsvis individuel opvarmning i form af jordvarme og lavtemperaturfjernvarme.

Baseret på en generel konsensus om en afvigelse i reelt forbrug sammenholdt med den beregnede energiramme for nye boliger er forbrugsprofilerne i denne model baseret på faktiske forbrugsmålinger for seks forskellige og forholdsvis nyopførte lavenergiboliger. Dermed opnås at modellen afspejler en realistisk variation i boligstørrelse, beboersammensætning og forbrugsmønstre.

For den valgte case, hvor Aalborg Fjernvarme forsyner området med fjernvarme, opnås de laveste forbrugerøkonomiske varmeudgifter ved at vælge fjernvarme frem for individuel varmforsyning. Ved ændringer, der påvirker det forventede forbrug for de enkelte boliger viser modellen en forholdsvis lille ændring i konkurrencesituationen, da forbrugspriserne i Aalborg er meget lig forbrugspriserne for jordvarme. Ændringer, der påvirker tilbagebetalingen af investeringsomkostningerne har derimod større indflydelse på konkurrencesituationen, da indvirkning er markant større for jordvarme grundet en højere investeringsomkostning.

Forudsættes et andet caseområde, således, at fjernvarmforsyningen leveres af et andet fjernvarmeselskab afhænger konkurrencesituationen af både varmepris og fordeling mellem fast og variabel prisandel. Særligt fjernvarmeselskaber med en høj fast prisandel er konkurrencemæssigt dårligt stillet i forhold til jordvarme. Der kan derfor ikke drages en generel konklusion for forbrugerøkonomien i valget af lavtemperaturfjernvarme og denne bør undersøges for den enkelte case.

Med udgangspunkt i besvarelsen af de fem spørgsmål kan den opstillede problemformulering besvares.

„Under forudsætning af, at der er en berettigelse for fjernvarme i fremtidens energisystem, i hvilket omfang findes der barrierer for lavtemperaturfjernvarme som opvarmningsteknologi i lavenergibyggeri, og hvilke aktører påvirker, om fjernvarme vælges som opvarmningsteknologi i nye boligområder?“

Særligt tre aktører har stor indflydelse på om lavtemperaturfjernvarme vælges som opvarmningsteknologi i nye boligområder. Kommunerne fastsætter gennem lokalplanerne, hvilke områder der skal forsynes med fjernvarme. Det er herefter op til forsyningsselskaberne at vælge om det er lavtemperaturfjernvarme eller fjernvarme ved traditionel temperatur der etableres i de enkelte områder. Som sidste og afgørende led er det de enkelte forbrugere der, såfremt de får muligheden, kan vælge at tilslutte sig lavtemperaturfjernvarme.

For at disse tre aktører tilsammen beslutter at vælge lavtemperaturfjernvarme som opvarmningsteknologi skal der rækkes barrierer overvindes. Der skal for den specifikke case påvises positiv samfunds-, selskabs- og forbrugerøkonomi. Dermed kan lavtemperaturfjernvarme blive

fravalgt i tilfælde, hvor kun to af disse økonomier er positive. Dette betyder, at i tilfælde, hvor lavtemperaturfjernvarme gavner samfundet og samtidig har positiv selskabsøkonomi for forsyningsselskabet risikeres det, at forbrugerne fravælger lavtemperaturfjernvarme til fordel for individuel opvarmning, hvis de opnår en økonomisk gevinst herved.

En udfordring, for at alle tre økonomier bliver positiv er, at de forskellige økonomier kan modarbejde hinanden. En høj varmepris betyder for forsyningsselskaberne, at det er nemmere at opnå en selskabsøkonomiske gevinst ved at anlægge lavtemperaturfjernvarme. Derimod kan samme høje pris betyde, at forbrugerne helt fravælger fjernvarme og i stedet benytter individuelle opvarmningsteknologier.

Når forbrugerne skal vælge opvarmningsteknologi vil de, såfremt deres valg baseres på energirammeberegningen for den nye bolig, ofte undervurdere det faktiske forbrug. Dermed er der risiko for, at de forbrugerøkonomiske beregninger foretages på forkerte præmisser. Dette er i indværende speciale forsøgt modarbejdet ved anvendelse af forbrugsprofiler baseret på faktiske forbrug for lavenergiboliger. Det anbefales, at der arbejdes for enten at opstille differentierede beregningsbetingelser, der kan benyttes i det eksisterende værktøj til energirammeberegninger, til bedre at afspejle det faktiske forbrug eller udvikles et nyt værktøj specifikt hertil.

En vigtig parameter for forbrugerne for valget af lavtemperaturfjernvarme er prissætningen af fjernvarme i det område, der undersøges. Her kan både den samlede pris og forholdet mellem den faste og den variable prisandel være en barriere for valget af lavtemperaturfjernvarme. Dette leder til, at en generel barriere er, at problemstillingen belyst gennem dette projekt er så kompleks og påvirkes så meget af casespecifikke omstændigheder, at der ikke kan drages generelle konklusioner herfor.

I det valgte caseområde er det påvist at der er positiv samfunds-, selskabs- og forbrugerøkonomi for lavtemperaturfjernvarme. På dette grundlag anses fjernvarme som oplagt opvarmningsteknologi for området. Dermed er der påvist en fremtid for fjernvarme som opvarmningsteknologi i nye boligområder under visse forudsætninger. I midlertid er det også påvist, at såfremt beregningsforudsætningerne ændres kan samme konklusion ikke nødvendigvis drages for andre områder. At forsøge at opstille generelle konklusioner for fjernvarmens fremtid giver således ikke mening, hvis ikke disse suppleres af specifikke beregninger for de enkelte områder, hvor der påtænkes etablering af lavtemperaturfjernvarme.



Litteratur

- Aalborg Forsyning Varme, 2011. Bilag 1 takstberegning fjernvarmeforsyningen.
- Aalborg Forsyning Varme, 2012. Strategiplanlægning 2013-2024.
- Aalborg Forsyning Varme, 2013a. Grønne regnskaber 2012.
- Aalborg Forsyning Varme, 2013b. Kommunal-økonomisk regnskab 2012.
- Aalborg Forsyning Varme, 2014a. Korrespondance med planlægningsafsnittet.
- Aalborg Forsyning Varme, 2014b. Takster. Aktuelle varmetakster for boligkunder (inkl. moms).
- Aalborg Kommune, 2014. Lokalplan 6-2-103 - Boligområde ved Danagården, Godthåb, Aalborg Sydvest. Forslag.
- Andersen, I., 2008. Den skinbarlige virkelighed. 4. udgave., Samfundslitteratur. ISBN: 978-87-593-1380-0.
- Arendt, E., 2013. Åop - Årlige omkostninger i procent. URL: <http://www.mybanker.dk/artikler/aaop-aarlige-omkostninger-i-procent>. tilgået: 01-05-2014.
- BRFkredit, 2014. Beregn lån til køb af bolig. URL: <http://www.brf.dk/Privat/Boligkoeb/Beregnere/Hvad-koster-det-at-laane?RequestId=078560cf-0557-4b29-b76f-9af8c409add8>. tilgået: 01-05-2014.
- Brønderslev Forsyning, 2014. Gruppearbejde 2 (stikordsbeskrivelser af gruppernes prioritet 1 og 2-ideer). Workshop om Lavtemperaturfjernvarme v. Brønderslev Forsyning.
- Callon, M., 1986. Some elements of a sociology of translation: Domestication of the scallops and the fishermen of saint brieuc bay, i: Law, J. (Red.), Power, Action and Belief: a new Sociology of Knowledge?. Routledge and Kegan Paul, s. 196-223.
- Christensen, F.K., 2008. Working paper: Byudviklingsprocessen og byggemodning i et økonomisk perspektiv. ISSN: 1397-3169-pdf.
- Dansk Fjernvarme, 2010. Beregning af varmetab i fjernvarmenet. Excelmodel. URL: <http://www.danskfjernvarme.dk/Faneblade/EnergiraadgivningFANE7/V%C3%A6rkernesEnergir%C3%A5dgivning.aspx>. tilgået: 02-04-2014.

- Dansk Standard, 2013. DS469:2013 Varme- og køleanlæg i bygninger. Dansk Standard.
- Diget, T., 2014. Fjernvarmedistribution i lavenergiområder - fokus på lavtemperatur. Workshop om Lavtemperaturfjernvarme v. Brønderslev Forsyning.
- Dyrelund, A., Fafner, K., Ulbjerg, E., Knudsen, S., Lund, H., Mathiesen, B.V., Hvelplund, F., Bojesen, C., Odgaard, A.M., Sørensen, R.M., 2010. Varmeplan danmark 2010: Forudsætningskatalog for samfundsøkonomiske analyser på energiområdet.
- Dyrelund, A., Lund, H., Möller, B., Mathiesen, B.V., Fafner, K., Knudsen, S., Lykkemark, B., Ulbjerg, E., Laustsen, T.H., Larsen, J.M., Holm, P., 2008. Varmeplan danmark.
- Energiklagenævnet, 2014. Energiklagenævnet. URL: <http://www.ekn.dk/>. tilgået 05-05-2014.
- Energistyrelsen, 2007. Vejledning i samfundsøkonomiske analyser på energiområdet.
- Energistyrelsen, 2011. Forudsætninger for samfundsøkonomisk analyser på energiområdet. ISBN [www: 978-87-7844-895-8](http://www.978-87-7844-895-8), Energistyrelsen.
- Energistyrelsen, 2013. Technology data for energy plants - individual heating plants and energy transport.
- Energistyrelsen, 2014a. 7.2.4.1 lavenergiramme for boliger, kollegier, hoteller m.m. URL: http://bygningsreglementet.dk/br10_04_id110/0/42. tilgået: 25-02-2014.
- Energistyrelsen, 2014b. 8.5.1.1 generelt. URL: http://bygningsreglementet.dk/br10_04_id164/0/42. tilgået: 23-05-2014.
- Energistyrelsen, 2014c. Bygningsreglementet. URL: <http://bygningsreglementet.dk/>. tilgået: 04-05-2014.
- Energistyrelsen, 2014d. Fjernvarmesektorens organisering og aktører - en oversigt. Energistyrelsen. URL: <http://www.ens.dk/undergrund-forsyning/el-naturgas-varmeforsyning/forsyning-varme/generel-varmeforsyning-1>. tilgået: 05-05-2014.
- Energistyrelsen, 2014e. Fritagelse og dispensation. URL: <http://www.ens.dk/undergrund-forsyning/el-naturgas-varmeforsyning/forsyning-varme/regulering/tilslutningspligt-0>. tilgået: 04-05-2014.
- Energistyrelsen, 2014f. Om energistyrelsen. URL: <http://www.ens.dk/energistyrelsen>. tilgået: 05-05-2014.
- Energistyrelsen, 2014g. Støjberegner. URL: <http://www.ens.dk/forbrug-besparelser/byggeriets-energiforbrug/varmepumper/stojberegner>. tilgået: 22-05-2014.
- Energistyrelsen, 2014h. Strategisk energiplanlægning i kommuner. URL: <http://www.ens.dk/undergrund-forsyning/el-naturgas-varmeforsyning/strategisk-energiplanlaegning-kommuner>. tilgået: 05-05-2014.
- Energitilsynet, 2014a. Elprisstatistik for forsyningspligtprodukter - 1. kvartal 2014.

- Energitilsynet, 2014b. Om energitilsynet. URL:
<http://energitilsynet.dk/om-energitilsynet/>. tilgået: 05-05-2014.
- Energitilsynet, 2014c. Pr. 15. marts 2014: Energitilsynet. URL:
<http://energitilsynet.dk/varme/prisstatistik/pr-15-marts-2014/>. tilgået: 20-05-2014.
- Finansministeriet, 2013. Faktaark - ny og lavere samfundsøkonomisk diskonteringsrente. fm.dk. URL: <http://www.fm.dk/nyheder/pressemeddelelser/2013/05/ny-og-lavere-samfundsoekonomisk-diskonteringsrente/>.
- Flyvbjerg, B., 2010. Fem misforståelser om casestudiet, i: Brinkmann, S., Tanggaard, L. (Red.), Kvalitative metoder - en grundbog. Hans Raitzels Forlag. Kapitel 22, s. 463-487. ISBN: 978-87-412-5255-1.
- Grøn Energi, 2013. Fremtidens energibesparelser - hvordan behov for komfort i boliger øger energiforbruget. Præsentation ved Jesper Koch, Analysechef, Grønenenergi.
- Grontmij A/S, 2012. Styr på støjen - en guide til installation af luft til vand-varmepumper.
- IDA, 2009. IDAs Klimaplan 2050 - Hovedrapport. Ingeniørforeningen, IDA.
- Jensen, R.L., Nørgaard, J., Daniels, O., Justesen, R.O., 2011. Person- og forbrugsprofiler - bygningsintegreret energiforsyning.
- Jørgensen, S.T., 2004. Finanskalkulationer.
- Klima-, Energi- og Bygningsministeriet, 2011a. Bekendtgørelse af lov om varmforsyning. retsinformation.dk. LBK nr 1184 af 14/12/2011 - Gældende.
- Klima-, Energi- og Bygningsministeriet, 2011b. Bekendtgørelse om tilslutning m.v. til kollektive varmforsyningsanlæg. retsinformation.dk. BEK nr 690 af 21/06/2011 - Gældende.
- Klima-, Energi- og Bygningsudvalget, 2014. Klima-, energi- og bygningsudvalgets arbejde. URL: http://www.ft.dk/Folketinget/udvalg_delegationer_kommissioner/Udvalg/Det_energipolitiske_udvalg/Arbejde_EPU.aspx. tilgået: 05-05-2014.
- KommuneKredit, 2014. Fastsættelse af rente til brug for takstberegninger. URL:
<http://kommunekredit.dk/L%C3%A5n/Vejledninger/Fasts%C3%A6ttelse-af-rente-til-brug-for-takstberegninger.aspx>. tilgået: 23-05-2014.
- Kristensen, L., Jensen, O.M., 2010. Erfaringsopfølgning på lavenergibyggeri klasse 1 og 2. - med "fremtidens parcellhuse" som eksempel.
- LOGSTOR, 2013. Twinpipes - oversigt.
- Lund, H., 2014. Fjernvarme fremtid - fremtidens fjernvarme. Workshop om Lavtemperaturfjernvarme v. Brønderslev Forsyning. URL: <http://4dh.dk/>.

- Lund, M., 2008. Professor: Varmepumper er en lavfrekvent støjbombe. URL: <http://ing.dk/artikel/professor-varmepumper-er-en-lavfrekvent-stojbombe-91411>. tilgået: 22-05-2014.
- Miljøministeriet, 2007. Planloven i praksis. ISBN: 978-87-92256-03-4.
- Miljøministeriet, 2013. Bekendtgørelse af lov om planlægning. Retsinformation.dk. LBK nr 587 af 27/05/2013 Gældende.
- Natur- og miljøklagenævnet, 2014. Om nævnet. URL: <http://www.nmkn.dk/om-naevnet/>. tilgået: 05-05-2014.
- Nave, C.R., 2012. Specific heat. URL: <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/thermo/spht.html>. tilgået: 20-05-2014.
- Nielsen, M.H., Hansen, L., 2008. Dansk fjernvarme udgiver to nye vejledninger. Fjernvarmen.
- Olsen, P., Randrup, K., Rasmussen, J., Bimbaum, A., Nielsen, M.H., Gregersen, N.A., Kjærsgaard, T., 2010. Fastlæggelse af varmeledningsevne og varmetab for fleksible twinrør.
- Pitt, M., Tucker, M., Riley, M., Longden, J., 2009. Towards sustainable construction: promotion and best practices. Construction Innovation Vol. 9 nr. 2, s. 201–224.
- Realkreditrådet, 2014. Lånegrænser. URL: http://www.realkreditraadet.dk/Realkredit1%C3%A5n/L%C3%A5negr%C3%A6nser-1%C3%B8betider_og_afdragsfrihed/L%C3%A5negr%C3%A6nser.aspx. tilgået: 01-05-2014.
- Regeringen, 2011. Energistrategi 2050 - fra kul, olie og gas til grøn energi. Klima- og Energiministeriet. ISBN: 978-87-92727-10-7.
- Skatteministeriet, 2011. Bekendtgørelse af lov om afgift af elektricitet. Retsinformation.dk. LBK nr 310 af 01/04/2011 Gældende.
- Skatteministeriet, 2013. Lov om ændring af affalds- og råstofafgiftsloven, lov om kuldioxidafgift af visse energiprodukter, lov om afgift af elektricitet, momsloven og forskellige andre love. Retsinformation.dk. LOV nr 903 af 04/07/2013 Gældende.
- Socialdemokraterne, Det Radikale Venstre, Socialistisk Folkeparti, Venstre, Dansk Folkeparti, Enhedslisten, Det Konservative Folkeparti, 2012. Aftale mellem regeringen (socialdemokraterne, det radikale venstre, socialistisk folkeparti) og venstre, dansk folkeparti, enhedslisten, det konservative folkeparti om den danske energipolitik 2012-2020.
- Svensk Fjärrvärme, 2012. Kostnadskatalog. URL: <http://www.svenskfjarrvarme.se/Medlem/Fokusomraden-/Distribution/Distributionssystem/Kostnadskatalog/>. tilgået: 02-05-2014.
- Tang, J., 2013. Notat: Fjernvarmeprisen i danmark 2013. URL: <http://www.fjernvarmen.dk/Faneblade/HentMaterialerFANE4/~media/Medlemmer/Cirkul%C3%A6rer/2013/1%20%20%20Bilag%20til%202831%2013%20%20Notat%202013%20varmeprisen.ashx>. tilgået: 25-03-2014.

Teknologisk Institut, 2014. Graddage - hvad er graddage? URL:

<http://www.teknologisk.dk/graddage/side-3/492>, 3. tilgået: 14-05-2014.

Topp, C., 2014. Byggeri med lavtemperaturfjernvarme. Workshop om

Lavtemperaturfjernvarme v. Brønderslev Forsyning.

TREFOR, 2014. Case: Distributionsnet funder. URL: <http://trefor.dk/Erhverv/>

Entreprise/Roerteknik/Fjernvarme/Distributionsnet-Funder. tilgået: 20-05-2014.

Valutakurser.dk, 2014. Valutaomregner. URL: <http://www.valutakurser.dk/>. tilgået:

02-05-2014.

Verdo Varme A/S, 2013. Målt forbrug i lavenergiboliger af verdo varme a/s. Præsentation til præørstemadage 3. og 4. december 2013.

Videntcenter for energibesparelser i bygninger, 2011. Udskiftning af varmtvandsbeholder.

Videntcenter for energibesparelser i bygninger, 2014. Br10 energikrav ved byggeri. URL:

<http://krav.byggeriogenergi.dk/>. tilgået: 04.05.2014.