

VARMEPLAN

Hovedstaden



Varmeplan Hovedstaden 2

Handlemuligheder for en CO₂-neutral fjernvarme

September 2011



Indholdsfortegnelse

1	Resumé og konklusioner.....	4
2	Baggrund og formål.....	12
3	Hovedstadens fjernvarmesystem	14
4	Fremtidens rammer for fjernvarmen.....	15
4.1	EU-forpligtelser på energiområdet.....	15
4.2	Klimakommissionen.....	15
4.3	Energistrategi 2050.....	16
4.4	Affaldsforbrænding	17
4.5	Lokale CO ₂ -målsætninger	18
4.6	Udvikling i brændsels- og CO ₂ -priser	18
4.7	Afgifter, tilskud og tariffer	19
5	Behov for ny produktionskapacitet.....	21
5.1	Varmeforbrug og varmeproduktionsanlæg i dag	21
5.2	Udvikling i varmeproduktionskapacitet	22
5.3	Udviklingen i varmekonsum	22
5.4	Sammenligning af varmeproduktionsteknologier	24
5.5	Analyse af behov for grundlastkapacitet.....	25
5.6	Opsamling.....	27
6	Scenarieanalyser.....	29
6.1	Referencescenariet.....	30
6.2	CO ₂ -neutralscenariet	33
6.3	Sammenligning af scenarier	34
6.4	Følsomhedsvurderinger.....	37
6.5	Udviklingen efter 2025	37

1 Resumé og konklusioner

CTR, KE og VEKS, i det følgende benævnt som varmeselskaberne, gennemførte i 2008 og 2009 med Ea Energianalyse som konsulent projektet Varmeplan Hovedstaden om den fremtidige varmforsyning i hovedstadsområdet. En vigtig konklusion fra projektet var, at det er teknisk muligt og økonomisk fordelagtigt at indpasse betydelige mængder vedvarende energi (VE) og reducere CO₂-emissionen markant frem mod 2025 – med de anvendte forudsætninger om brændsels- og CO₂-priser.

Bl.a. med udgangspunkt i Varmeplan Hovedstaden har varmeselskaberne hver især fastlagt mål for at reducere udledningen af CO₂ og anvendelsen af fossile brændsler. Fælles for selskabernes målsætninger er, at varmelieferancerne skal være CO₂-neutrale inden 2025.

Hovedformålene med projektet *Varmeplan Hovedstaden 2* er på den baggrund, at

- Etablere et afstemt grundlag for beslutninger, som de tre selskaber står over for de næste år omkring udbygningen af systemerne
- Prioritere tiltag til CO₂-reduktion frem mod 2025
- Undersøge grundlastbehov og grundlastteknologier

Ea Energianalyse er også i dette opfølgende projekt konsulent for varmeselskaberne. I projektet er der sket en opdatering af de modelværktøjer, som blev anvendt i Varmeplan Hovedstaden, bl.a. forbedringer i modelleringen af udvalgte kraftværksblokke og af kapacitetsbegrænsningerne i varmenettet.

Derudover er der foretaget en opdateret analyse af varmeproduktionsomkostningerne for en række nøgleteknologier.

Der er i projektet lagt vægt på, at der er sammenhæng mellem tiltagene på kort, mellemlangt og lang sigt, således at der samlet set opnås den mest effektive omstilling af fjernvarmforsyningen.

Rammer og analyser

Klimakommissionen fremlagde i september 2010 sin vision for, hvordan Danmark kan blive fri for fossile brændsler i 2050 i form af to gennemregnede fremtidsforløb. I begge forløb anvendes der biomasse til el og kraftvarme i et samspil med vindkraft. Klimakommissionen vurderede, at en omstilling af el- og varmesektoren til vedvarende energi kan ske allerede inden 2040.

Energistrategi 2050, som blev fremlagt i februar 2011, er regeringens opfølgning på Klimakommissionens rapport. Strategien fokuserer på tiltag, som er nødvendige for, at Danmark når forpligtelserne i henhold til EU's klima- og energipakke i 2020.

Strategien peger endvidere på behovet for øget fleksibilitet i et energisystem med betydeligt mere vindkraft. Der skal derfor udarbejdes en strategi for udbredelse af det intelligente elsystem i Danmark. For at fastholde statens indtægter i en fremtid med faldende afgiftsprovenu fra fossile brændsler, lægges der også op til indførelse af en såkaldt forsyningssikkerhedsafgift på brændsler til rumvarme, herunder biomasse. Hertil kommer, at der skal foretages en undersøgelse af det eksisterende tilskuds- og afgiftssystem *"med henblik på at vurdere behovet for justeringer af det eksisterende system set i sammenhæng med Danmarks internationale klima- og energiforpligtelser samt målsætningerne i strategien om fossil uafhængighed og hensynet til holdbarheden i statens finanser."*

Energinet.dk udgav i foråret 2011 rapporten "Energi 2050 Vindspor". Udviklingen af vindkraft i dette scenarie er sammenligneligt med Klimakommissionens ambitiøse scenarie for 2050. Energinet.dk vurderer bl.a., at fjernvarmesystemet umiddelbart kan levere et energilager i størrelsesordenen 300-500 GWh, svarende til nogle dage med stor vindkraftproduktion. Med udbygning af deciderede sæsonlagre til fjernvarmenettet vil væsentligt større mængder kunne lagres. Det påpeges bl.a., at omkostningen ved fjernvarmelagring er væsentligt lavere end for ellagre.

Kul, olie, naturgas og biomasse

Energistyrelsen udarbejder hvert år en fremskrivning af brændselspriser til brug for samfundsøkonomiske analyser på energiområdet. Den seneste fremskrivning fra april 2011 ligger til grund for analyserne i Varmeplan Hovedstaden 2. Fremskrivningen viser bl.a., hvordan konkurrenceforholdet mellem forskellige brændsler kan forventes at udvikle sig frem mod 2030. Det fremgår, at prisen på biobrændsler forventes at stige relativt mindre end de fossile brændsler, når CO₂-kvoteprisen indregnes. Med Energistyrelsens prisfremskrivning bliver anvendelsen af biomasse til energiformål dermed umiddelbart betydeligt mere attraktiv i fremtiden end i dag, samfundsøkonomisk set.

Affald

Affald udgør en betydelig brændselsresurse i hovedstadsområdet. Som følge af finanskrisen i 2008 er mængderne af forbrændingseget affald dog faldet, og ifølge seneste prognose fra Miljøstyrelsen kan der forventes en meget mo-

derat stigning de kommende år. En række forbrændingsanlæg i Danmark har derfor ledig kapacitet.

Efter 2015 kan det forventes, at CO₂ fra den fossile del af affaldet udgør den største udledningskilde fra fjernvarmen i hovedstadsområdet, såfremt de kulfyrede kraftvarmeværker omstilles til biomassedrift. Denne CO₂-udledning stammer især fra plastik i affaldet. EU-Kommissionen udgav i oktober 2010 rapporten "Plastic Waste in the Environment" med en nøje gennemgang af strømmene for produktion, forbrug og bortskaffelse af plastik i EU, Schweiz og Norge. Det fremgår af rapporten, at Danmark er et af de lande i Europa, der har den mindste udsortering og genanvendelse af plastik fra husholdningsaffald. Der er dermed et stort potentiale for at øge genanvendelsen i Danmark.

Efterspørgsel efter fjernvarme

Investeringer i varmeproduktionskapacitet skal naturligvis holdes op mod den fremtidige efterspørgsel efter fjernvarme. Særligt to forhold forventes at få betydning for fjernvarmeforbrugets udvikling: 1) implementering af energi- og varmebesparelser, bl.a. som konsekvens af de krav, som alle energiselskaber er pålagt, 2) forsyning af nye områder, herunder udvidelse af fjernvarmeforsyningen til kunder, som i dag anvender naturgas. På baggrund af varmeselskabernes vurdering er der til dette projekt opstillet to mulige varmeforbrugsudviklinger. Afhængigt af om udbygning med fjernvarme eller varmebesparelser slår stærkest igennem, forventes fjernvarmeforbruget at ændre sig fra ca. 35 PJ i dag til et sted mellem 34 PJ og 39 PJ i 2025.

Kraftvarmeværkerne i hovedstadsområdet

I løbet af de kommende fem år forventes det, at blok 7 på Svanemølleværket og blok 7 på H.C. Ørsted Værket vil blive lukket pga. nedslidning og af hensyn til at kunne overholde fremtidige miljøkrav. Samlet set repræsenterer disse kraftvarmeenheder en varmeproduktionskapacitet på ca. 350 MJ/s. Derudover forventes det, at H.C. Ørsted Værkets blok 8 på 53 MJ/s tages ud af drift omkring 2025. Hvis der ikke etableres erstatningskapacitet for disse værker, vil varmeproduktion på spidslastanlæg blive øget betydeligt.

Endvidere skal der i nærmeste fremtid træffes beslutning om forventede investeringer i levetidsforlængelse af Amagerværkets blok 3 og Avedøreværkets blok 1. Efter en sådan levetidsforlængelse kan disse blokke være i drift frem til efter 2025. Disse to anlægs varmeproduktionskapacitet udgør i alt 660 MJ/s.

Forventningerne til udviklingen i fjernvarmeforbruget kombineret med de forudsatte skrotninger af kraftvarmeblokkene peger på, at det kan være rele-

vant at investere i ny grundlastkapacitet især øst for Damhussøen frem mod 2025. Sådanne investeringer kan desuden være med til at afhjælpe de flaskehalse i varmesystemet, som vil få større betydning med udfasningen af Svaneøleværket og H.C. Ørsted Værket.

Varmeselskaberne vurderer derfor forskellige muligheder for erstatningskapacitet for de ældre blokke, herunder etablering af ny forbindelse fra Avedøreværket ind til byen.

Varmeproduktionsteknologier

En række forskellige varmeproduktionsteknologier er vurderet, herunder ombygning af eksisterende kraftvarmeværker, etablering af nye flisfyrede kraftvarmeværker, geotermianlæg, varmepumper, elpatroner, solvarmeanlæg, spidslastanlæg samt varmelagring.

Analyserne viser, at som grundlastanlæg har ombygning af eksisterende kraftværkskapacitet fra kulfyring til biomassefyring de laveste langsigtede selskabsøkonomiske omkostninger ud fra en samlet betragtning for el- og varmesiden. Også et flisfyret kraftvarmeværk har god økonomi, og giver desuden øget kapacitet i systemet. Geotermiske anlæg, varmepumper og solvarmeanlæg har noget højere produktionsomkostninger. Årsagerne til, at de eldrevne teknologier falder relativt dårligt ud, er især afgiftsmæssige forhold samt betaling af relativt høje tariffer til el-netselskaberne. Disse forhold udgør en barriere for etablering af de anlægstyper, som ellers anbefales af Klimakommissionen og Energinet.dk, og som også fremgår af Energistrategi 2050.

Det vurderes endvidere, at bypass-drift på kraftvarmeværker og forbrændingsanlæg samt udnyttelse af store varmelagre vil være økonomisk rentable tiltag, og analyserne tyder på, at især varmelagre kan blive økonomisk attraktive.

Tre scenarier til 2025

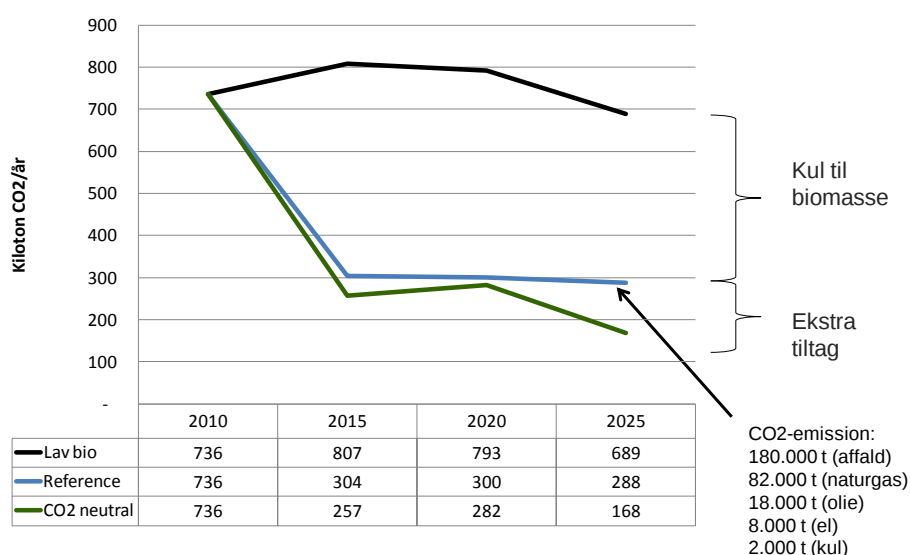
Der er i projektet opstillet tre udviklingsforløb for fjernvarmesystemet i hovedstadsområdet frem til 2025:

- **Reference** – viser en udvikling med udgangspunkt i Grundscenariet fra Varmeplan Hovedstaden 1. Her omstilles bl.a. til biomasse på Avedøre- og Amagerværket.
- **Lav bio** - viser udviklingen, såfremt det ikke lykkes at gennemføre øget biomasseomstilling i hovedstaden.
- **CO₂-neutral** - viser en udvikling, hvor der gøres en særlig indsats for at varmeleverancen bliver CO₂-neutral i 2025.

Alle scenarier er gennemregnet for årene 2010, 2015, 2020 og 2025. Når hvert scenarie er beskrevet og lagt ind i modellens varmesystem, beregnes den økonomisk optimale drift af det samlede system under de rammevilkår, som gælder i scenariet, herunder brændselspriser, afgifter, tilskud m.m.

Scenarieanalyserne viser, at såfremt der ikke gennemføres en omlægning af Amagerværkets blok 3 og Avedøreværkets blok 1 fra kul til biomasse, ender CO₂-emissionen i 2025 på ca. 700.000 ton (scenariet "Lav bio" i figuren nedenfor). Grundet idriftsættelsen af den biomassebaserede blok 1 på Amagerværket er emissionen dog væsentligt mindre end de historiske emissioner, der for 2009 var ca. 1,1 mio. tons CO₂. CO₂-emissionen i referencescenariet reduceres til ca. 300.000 tons i 2025 på grund af omstillingen af de kulfyrede kraftvarmeværker til biomasse, mens emissionen reduceres yderligere i CO₂-neutralscenariet.

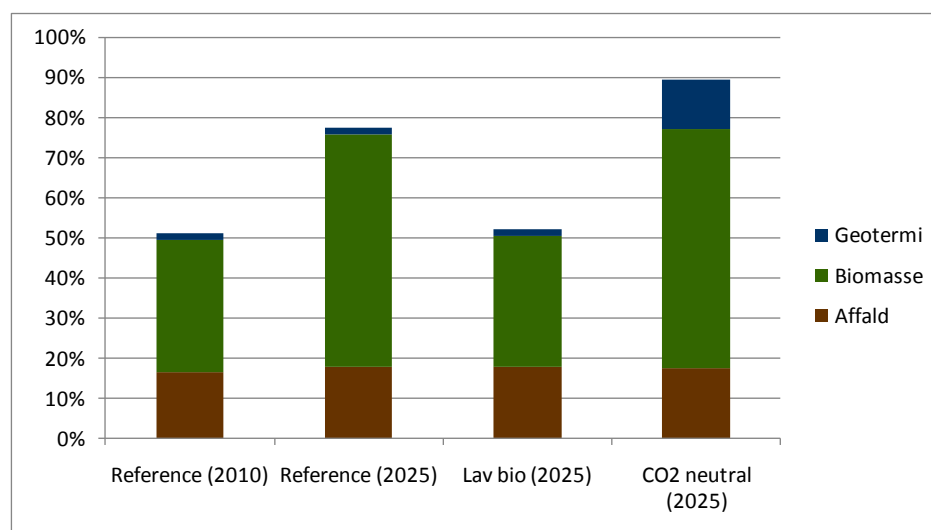
Den samlede selskabsøkonomiske omkostning ved at producere varme er højest i lav bio-scenariet, og lavest i referencescenariet. I CO₂-neutralscenariet er de årlige varmeproduktionsomkostninger ca. 50 mio. kr. højere årligt end i referencen. I dette tal er der ikke taget hensyn til ekstraomkostninger ved udsortering og genbrug af plast i affald.



Figur 1: CO₂-emissionen i de tre scenarier, lav bio-, reference- og CO₂-neutralscenariet (200 %-metoden) i perioden 2010-2025.

I nedenstående figur ses den samlede VE-andel på tværs af scenarierne. Det fremgår, at der i 2025 opnås en VE-andel på 77 % i referencescenariet. I CO₂-

neutralscenariet stiger denne andel til 90 %, hvor den resterende mængde fossilt brændsel primært udgøres af affald.



Figur 2: Modelberegninger af VE-andel i 2010 samt i de tre scenarier i 2025.

Tiltag i CO₂-neutral-scenariet

I dette scenarie investeres i tiltag ud over udviklingen i referencescenariet med den primære hensigt at reducere CO₂-emissionen så meget som muligt frem mod 2025, samtidig med at de øvrige målsætninger for fjernvarmen fastholdes. Analysen af varmeproduktionsteknologier nævnt tidligere peger på, at nye biomassefyrede kraftvarmeværker har de laveste selskabsøkonomiske varmeproduktionsomkostninger, efter at de eksisterende værker er ombygget. Scenariet omfatter følgende ikke-prioriterede tiltag:

1. Lineært stigende udsortering af det nuværende indhold af plastik i affald fra 2015 frem mod 2025. I 2025 forudsættes 50 % af plastikindholdet udsorteret til genbrug.
2. Etablering af et stort varmelager på 50 TJ. Lageret har en op- og afladningskapacitet på 200 MW og forudsættes i beregningerne realiseret ved Nordhavn i 2015.
3. Etablering af et geotermi-stjerneanlæg i 2020 med en varmekapacitet på 65 MW ekskl. drivdamp. Anlægget er ikke i sig selv selskabsøkonomisk attraktivt med gældende rammebetingelser, men er primært et tiltag, der har til hensigt at mindske den stigende afhængighed af biomasse i varmeproduktionen samt at opsamle erfaringer.
4. Etablering af et biomassekraftvarmeanlæg efter 2020. Anlægget forudsættes beregningsmæssigt at være et flisbaseret modtryksanlæg placeret på Amager. Anlæggets samlede indfyrede effekt er på 150 MW og vil med røggaskondensering kunne levere ca. 120 MW varme.

Anlægget etableres blandt andet for at undgå øget spidslastproduktion, når H.C. Ørsted Værket og Svanemølleværket lukker.

5. I 2025 lukkes H.C. Ørsted Værkets blok 8 for at spare CO₂. Det er to år tidligere end forudsat i referencescenariet.
6. Omstilling af spidslastanlæg fra naturgas og olie til bioolie og fast bio-brændsel. Det er ikke analyseret, hvor i det samlede system der er mulighed for at placere spidslastkedler baseret på eksempelvis træpiller.

Der er i projektet foretaget en række fravalg vedrørende CO₂-reducerende tiltag. Dette gælder udfasning af Avedøreværkets gasturbiner og stop for kul-anvendelse til varmeproduktion i det eksisterende system i situationer med lavt varmebehov og stor elproduktion på kraftvarmeværkerne. Beregninger har vist, at førstnævnte kan resultere i øget gas- og olieanvendelse til spidslastproduktion og dermed øget CO₂-emission, mens sidstnævnte har en betydelig omkostning. Både anvendelse af kul til kraftvarmeproduktion og gasturbinerne sker i et meget begrænset omfang. Endvidere vurderes varmepumper og elpatroner med de nuværende energifgifter og tariffer ikke at være attraktive.

Hvis alle ovenstående tiltag gennemføres, viser analyserne, at CO₂-emissionen kan reduceres til ca. 170.000 tons i 2025. Denne CO₂-emission kommer dels fra den resterende fossile andel af affaldet (44 %), dels fra den el, som anvendes i geotermianlægget¹ (53 %) samt i mindre grad fra gasturbinerne på Avedøreværket (1 %) og kulanvendelse på Amager- og Avedøreværket (2 %).

Alt i alt opnås ikke fuld CO₂-fri produktion i 2025 i CO₂-neutralscenariet. Dette skyldes dels, at det ikke vurderes realistisk at frasortere hele den fossile affaldsmængde inden 2025, dels at der etableres et stort geotermianlæg for at sikre en langsigtet robust varmeforsyning. Elforbruget til geotermianlægget regnes ikke CO₂-neutralt i 2025, men i takt med omstillingen af elsystemet til mere VE forventes det, at CO₂-emissionen reduceres.

Efter 2025

I et fremtidigt energisystem med signifikant større mængder vindkraft kan priserne i elmarkedet forventes at fluktuere mere end i dag. Det kan, afhængig af afgifter og eltariffer, gøre det mere attraktivt at investere i eldrevne varmepumper, elpatroner, varmelagre og spidslastanlæg for at kunne anven-

¹ Geotermianlægget anvender drivdamp, som produceres primært på Amagerværket. Da dampen skal have relativt høj temperatur og tryk, tabes en del af den elproduktion, som ville produceres i almindelig kraft-varmedrift. Tabt el er CO₂-mæssigt regnet som marginal elproduktion med en CO₂-faktor på ca. 540 g/kWh i 2025.

de elektricitet til fjernvarmeproduktion i perioder med kraftig vind og lave elpriser samt for at øge elproduktionen i perioder med stort varmebehov og høje elpriser.

Derudover kan det være et selvstændigt formål i den langsigtede planlægning at investere i teknologier, som dæmper den stigende afhængighed af biomasse. En række internationale analyser peger dog på, at der er betydelige mængder af bæredygtig biomasse til rådighed for energisektoren frem mod 2050.

Det er i dette projekt vurderet, at de selskabs- og samfundsøkonomiske betingelser for at anvende varmepumper i større skala i hovedstadsområdet næppe vil være til stede frem mod 2025. Hovedstadsområdets fjernvarmesystem kan sandsynligvis bidrage bedre til energisystemets fleksibilitet gennem øget dynamik på kraftværkerne, mulighed for bypassdrift samt ved etablering af øget mulighed for varmelagring. Løsninger for opnåelse af øget fleksibilitet bør dog vurderes løbende over de kommende år.

2 Baggrund og formål

CTR, KE og VEKS gennemførte i 2008 og 2009 projektet Varmeplan Hovedstaden om den fremtidige varmeforsyning i hovedstadsområdet. Formålet med projektet var at give selskaberne et grundlag for at vurdere, hvordan man kunne medvirke til at sikre en fornuftig udvikling i varmeprisen og energieffektiviteten i fremtiden, samtidig med at forsyningssikkerheden kunne opretholdes, store mængder vedvarende energi indpasses i systemet, og CO₂-emissionerne reduceres til gavn for varmemeforbrugerne og samfundet. Varmeplan Hovedstaden blev afsluttet i september 2009.

Projektet fremlagde fire scenarier for udvikling af fjernvarmesystemet frem mod 2025 og et perspektivscenarie for 2050. En vigtig konklusion fra projektet var, at det er teknisk muligt og økonomisk fordelagtigt at indpasse betydelige mængder VE og reducere CO₂-emissionen markant frem mod 2025 – med de anvendte forudsætninger om brændsels- og CO₂-priser. I grundscenariet viste analyserne, at det er en selskabsøkonomisk fordel samlet set at øge VE-andelen til over 70 % inden 2025. Ombygning af Amagerværket og Avedøreværket fra kul- til biomassefyring er de vigtigste tiltag.

Bl.a. med udgangspunkt i Varmeplan Hovedstaden har varmeselskaberne hver især fastlagt mål for at reducere udledningen af CO₂ og anvendelsen af fossile brændsler. Varmeselskaberne har besluttet, at varmelieferancerne skal være CO₂-neutrale inden 2025.

Som nævnt ovenfor viste scenarierne i Varmeplan Hovedstaden, at især omlægning til biomasse på de store kraftværker kan reducere CO₂-emissionen fra fjernvarme betydeligt. Blandt andet på den baggrund pågår der forhandlinger mellem varmeselskaberne og DONG Energy og Vattenfall om det økonomiske grundlag for denne omlægning. Med varmeselskabernes nye målsætninger om CO₂-neutralitet i 2025 er dette dog ikke tilstrækkeligt, og der skal derfor igangsættes yderligere tiltag og aktiviteter.

Udfordringer og formål

I dag er en hovedudfordring for varmeselskaberne i hovedstadsområdet således at medvirke til at sikre, at der sker en væsentlig øget anvendelse af vedvarende energi i energiforsyningen, så kommunernes og selskabernes CO₂-målsætninger kan opfyldes under hensyntagen til økonomi og forsyningssikkerhed. Endvidere skal varmeforsyningen være i stand til at udnytte mulighederne for effektivt samspil med elforsyningen i et fremtidigt energisystem med store mængder vindkraft.

Det er i den sammenhæng vigtigt, at der er sammenhæng mellem tiltagene på kort, mellemlang og lang sigt, således at der samlet set opnås den mest effektive omstilling af fjernvarmeforsyningen.

Det overordnede formål med Varmeplan Hovedstaden 2 er at *etablere et afstemt grundlag for de beslutninger, som de tre selskaber står over for de kommende år omkring udbygningen af systemerne*. Projektet skal herunder fokusere på og konkretisere de udviklingsveje, der blev tegnet med Varmeplan Hovedstaden.

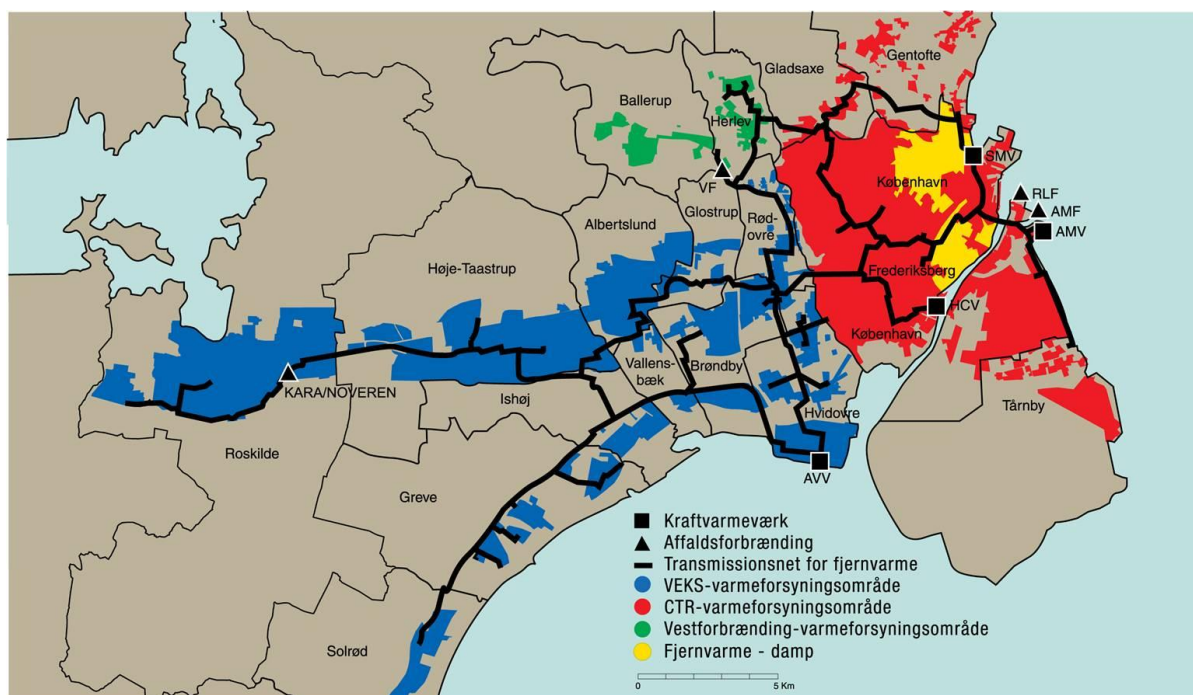
Der er gennemført en række scenarieanalyser med en model af det samlede kraftvarmesystem, som blev opbygget i det tidligere projekt, og som nu er videreudviklet og tilpasset ny viden. Modellens grundforudsætninger er en fremskrivning af varmemeforbruget i de forskellige delområder i det sammenhængende varmesystem, samt de ændringer og investeringer i transmissionsnettet som på nuværende tidspunkt vurderes økonomiske at gennemføre. Hertil kommer en række forudsætninger om de eksisterende produktionsanlæg samt om det omgivende elsystem.

Som supplement til scenarieanalyserne er der gennemført delanalyser af de forskellige varmeproduktionsteknologier, og energisystemets langsigtede udvikling er perspektiveret.

3 Hovedstadens fjernvarmesystem

Det sammenhængende fjernvarmesystem i hovedstadsområdet forsyner 16 kommuner med fjernvarme. Fjernvarmen produceres hovedsagelig som kraftvarme fra fire centrale kraftværker, Avedøreværket, Amagerværket, Svane-mølleværket og H.C. Ørsted Værket, samt fra de tre affaldsfyrede kraftvarmeanlæg, Amagerforbrænding, Vestforbrænding og KARA/Noveren. Hertil kommer spidslastproduktion. Spidslastkedlerne bruges bl.a. til at sikre forsyningen ved udfald af kraftvarmewærker og til dækning af spidslast på meget kolde vinterdage. Hovedparten af varmekedlerne ejes af varmeselskaberne; de nye spidslastkedler på Svanemølleværket og H.C. Ørsted Værket er dog ejet af DONG Energy.

Figur 3 viser en oversigt over det nuværende fjernvarmesystem i hovedstadsområdet.



Figur 3: Oversigt over fjernvarmesystemet i hovedstadsområdet.

På nuværende tidspunkt dækker fjernvarmesystemet et varmebehov i kommunerne på ca. 35 PJ. Som det ses på Figur 3, er en del af varmeforsyningen i det centrale København fortsat baseret på damp. Dampsystemet mindsker mulighederne for en samlet lastfordeling af produktionsanlæggene, det er dyrere at vedligeholde, og varmetabet er større. Derfor har KE igangsat et konverteringsprojekt, som forventes afsluttet i 2025.

4 Fremtidens rammer for fjernvarmen

4.1 EU-forpligtelser på energiområdet

Klima- og energipakke

EU's Klima- og energipakke blev vedtaget i april 2009 i Det Europæiske Råd. Pakken fastlægger de initiativer, man i EU er enige om med hensyn til at bekæmpe klimaforandringer, fremme VE og nå de fælles målsætninger for 2020 som nævnt ovenfor. Pakken indeholder bl.a. et VE-direktiv med forpligtende målsætninger, et revideret kvotehandelssystem, beslutning om reduktion af emissionerne af drivhusgas i de ikke-kvoteomfattede sektorer og et direktiv om CO₂-opsamling og lagring i undergrunden. I henhold til VE-direktivet har landene i løbet af 2010 indsendt nationale handlingsplaner for VE. Danmarks handlingsplan viser, at øget biomasseanvendelse på de centrale værker udgør en væsentlig del af grundlaget for at nå målet om 30 % VE i 2020.

Betydning af CO₂-kvotereguleringen

EU's kvotehandelssystem betyder, at CO₂-emissionerne fra en lang række større virksomheder, herunder alle energiproducerende anlæg over 20 MW indfyret effekt, reguleres gennem et aftalt loft for udstedelse af CO₂-kvoter. Efter 2020 skal kvoterne som hovedregel auktioneres (købes). Fjernvarme er dog et af de områder, hvor der frem til 2027 stadig forventes at kunne opnå gratis kvoter, som ifølge dansk lovgivning tilfalder varmemeforbrugerne. Mindre virksomheder, landbrug, biltrafik samt husstande reguleres CO₂-mæssigt af nationale forpligtelser og virkemidler. Danmark har forpligtet sig til at reducere med 20 % uden for kvotesektoren fra 2005 til 2020. Opdeling mellem kvotesektoren og de ikke-kvotebelagte sektorer i EU betyder, at landene især har fokus på de ikke-kvotebelagte sektorer. Det er kun her, at deres egne CO₂-forpligtelser i EU sammenhæng gælder. Med andre ord er der nationale CO₂-besparelser at hente, såfremt der kan overflyttes energiproduktion til kvotesektoren. Da fjernvarme i hovedstadsområdet er kvotebelagt, vil omlægning fra individuel opvarmning til fjernvarme gavne det danske CO₂-regnskab, uanset hvordan fjernvarmen produceres.

4.2 Klimakommissionen

Klimakommissionen fremlagde den 28. september 2010 sit samlede arbejde, som består af to gennemregnede bud på, hvordan det danske energisystem kan udvikle sig mod et system helt uden fossile brændsler. I det ene fremtidsforløb forudsættes, at Danmark skal klare sig alene med egne biomasseressourcer, hvilket betyder, at forsyningen omstilles massivt til vindkraft, og forbruget omstilles til el. I det andet system kan biomasse importeres, og energisystemet baseres derfor i højere grad på biomasse. I begge systemer anvendes der fortsat biomasse til el og kraftvarme i et samspil med vindkraft. Sam-

let set er Klimakommissionens konklusion, at omstillingen til vedvarende energi er teknisk mulig inden 2050, og at den kan gennemføres uden betydelige méromkostninger for samfundet. Klimakommissionen konkluderer endvidere, at en omstilling af el- og varmesektoren kan ske allerede inden 2040.

4.3 Energistrategi 2050

Energistrategi 2050 er regeringens opfølgning på Klimakommissionens rapport fra september 2010. Strategien fokuserer på tiltag, som er nødvendige for, at Danmark når forpligtelserne i henhold til EU's klima og energipakke i 2020.

Energiselskabernes spareindsats forøges med 75 % frem mod 2020, og indsatsen målrettes i højere grad mod bygningsrenovering og mod konvertering bort fra olie- og naturgas til bl.a. varmepumper og fjernvarme. Endvidere skærpes minimumskrav til bygningskomponenter, og lavenergiklasse-2020 indarbejdes i bygningsreglementet.

Vind og biomasse

Der etableres en ny havmøllepark ved Kriegers Flak samt såkaldt kystnære møller på i alt 1.000 MW inden 2020. Hertil kommer nye initiativer for udbygning på land. Der etableres såkaldt frit brændselsvalg for alle varmeværker under 20 MW indfyret effekt, hvilket åbner for omstilling fra naturgas-kraftvarme til biomasse. Samtidig ændres varmeforsyningsloven således, at de store kraftværker med økonomisk fordel kan omstille fra kul til biomasse, og tilskudsordningerne til biogas omlægges for at øge incitamenterne til at indføre biogas i naturgasnettet.

Det intelligente energisystem

Med betydeligt mere vindkraft bliver der øget behov for fleksibilitet og reserver. Det skal analyseres, i hvilket omfang dette med fordel kan leveres gennem udbygning af udvekslingsforbindelser til udlandet. Endvidere sigtes mod, at alle elforbrugere, der etablerer varmepumper eller ladestandere til el-biler, skal have installeret intelligente elmålere. Der udarbejdes en strategi for udbredelse af det intelligente elsystem i Danmark, og elnetselskaberne tilskyndes til at gennemføre projekter, der demonstrerer dynamiske tarifystemer.

Afgifter og andre virkemidler

For at fastholde statens indtægter i en fremtid med faldende afgiftsprovenu fra fossile brændsler foreslås det endvidere at indføre en såkaldt forsynings-sikkerhedsafgift på brændsler til rumvarme, herunder biomasse. Denne afgift stiger til 17 kr./GJ i 2020. Samtidig lempes afgiften på de fossile brændsler dog med 7,5 kr./GJ. Hermed *reduceres* afgiftsfordelen ved at bruge biomasse med $9,5/1,2 = 7,9$ kr./GJ_{varme} sammenlignet med kul og naturgas. Biomasseanvendelsen forventes alligevel at stige betydeligt som følge af ændringer i varme-

forsyningsloven og indførelse af frit brændselsvalg. Endvidere lempes energi-afgifterne for energitunge virksomheder.

Endelig bebuder regeringen, at der skal foretages en undersøgelse af det eksisterende tilskuds- og afgiftssystem *”med henblik på at vurdere behovet for justeringer af det eksisterende system set i sammenhæng med Danmarks internationale klima- og energiforpligtelser samt målsætningerne i strategien om fossil uafhængighed og hensynet til holdbarheden i statens finanser.”*

Hovedindholdet i Energistrategi 2050 er omfattet af brede politiske aftaler. Udspillet må derfor forventes at skulle forhandles med Folketingets partier med henblik på at indgå en ny energipolitisk aftale.

4.4 Affaldsforbrænding

Affaldsforbrænding i Danmark har indtil 2010 været reguleret som hvile-i-sig selv aktiviteter, hvor kommunerne har ansvar for, at den nødvendige forbrændingskapacitet er til stede. Langt hovedparten af de danske forbrændingsanlæg er kommunalt ejede. I december 2010 blev markedet for erhvervsaffald liberaliseret, og en tværministeriel arbejdsgruppe udsendte rapporten *”Forbrænding af affald - Afrapportering fra den tværministerielle arbejdsgruppe vedrørende organisering af affaldsforbrændingsområdet”* om affaldssektorens fremtidige organisering.

Det tværministerielle udvalg anbefaler, at den fremtidige regulering af affaldsforbrændingen sker efter principperne i et såkaldt *”licitationsscenario”*. Dette scenario tager udgangspunkt i en situation, hvor også forbrænding af husholdningsaffald liberaliseres.

I april 2011 vedtog regeringen (plus DF, LA og KD) en konkurrencepakkeaftale, som bl.a. indebærer, at principperne fra licitationsscenariet skal implementeres. Dette vil i givet fald medføre en betydelig ændring af rammerne for affaldsforbrænding i Danmark.

Affaldsmængder

Som følge af finanskrisen i 2008 er mængderne af forbrændingseget affald faldet betydeligt både lokalt og i hele Nordeuropa. Dette har medført, at en række forbrændingsanlæg i Danmark har haft ledig kapacitet, samt at priser på forbrænding af især erhvervsaffald er dykket.

Miljøstyrelsen udgav i maj 2010 en prognose for forbrænding af affald frem til 2050. Denne prognose forudsiger, at mængden af forbrændingseget affald fortsat stiger med ca. 1,4 % årligt fra 2020-2050. Allerede i august 2010 ud-

sendte Miljøstyrelsen en revideret fremskrivning af affaldsmængderne med en betydeligt lavere vækst – og frem mod 2020 sågar faldende affaldsmængder. Prognosen fra august 2010 og regeringens affaldsstrategi er blevet drøftet og kritiseret i branchen. Blandt andet bemærker affald danmark i et høringsbrev omkring august-prognosen, at der i regeringens affaldsstrategi ikke er nævnt konkrete initiativer, der kan sikre den forventede stigning i genanvendelse af husholdningsaffald.

Et simpelt gennemsnit af de to prognoser vil vise en vækst på ca. 0,5 % for affald til forbrænding frem mod 2020 og herefter en noget kraftigere stigning. Dette gennemsnit er i denne rapport også anvendt som udgangspunkt for fremskrivning af affaldsmængderne i hovedstadsområdet og danner grundlag for vurdering af den nødvendige forbrændingskapacitet samlet set. Det skal i denne sammenhæng nævnes, at med liberaliseringen af erhvervsaffald og senere eventuelt også husholdningsaffald kan man ikke på samme måde som tidligere regne med, at der er en bestemt mængde affald til rådighed for navngivne forbrændingsanlæg. Det kan i stigende grad blive sådan, at affald skal regnes som et brændsel, hvor prisen er styrende for investeringer og drift.

4.5 Lokale CO₂-målsætninger

Med udgangspunkt i Varmeplan Hovedstaden og Københavns Klimaplan har Københavns Energi i januar 2010 offentliggjort en strategi, der har som mål, at varmeleverancerne er CO₂-neutrale inden 2025. KE's mål i 2015 er endvidere 60 % CO₂-neutralitet. CTR og VEKS har i efteråret 2010 også sat sig som mål at blive CO₂-neutrale for fjernvarmeleverancerne i deres område, og CTR har endvidere sat delmål på 11 kg CO₂/GJ i 2015 og 6 kg CO₂/GJ i 2020.

4.6 Udvikling i brændsels- og CO₂-priser

Energistyrelsen udarbejdede i april 2011 "Forudsætninger for samfundsøkonomiske analyser". Med denne publikation aftegnes de grundlæggende økonomiske forudsætninger for udviklingen på energiområdet i Danmark frem til 2030, i form af fremskrivning af brændselspriser og CO₂-priser. Prisfremskrivningen er grundlæggende baseret på IEA's "New Policies"-scenarie, der blev fremlagt i november 2010. Scenariet er baseret på en global, ambitiøs klimaindsat frem mod 2020 og videre, svarende til landenes indmeldinger ved klimatopmødet i København i december 2009. Scenariet er dog ikke tilstrækkeligt til, at den globale temperaturstigning kan holdes under 2 grader. Elprisen er beregnet af Energistyrelsen på basis af de øvrige forudsætninger.

	Gas	Kul	Gasolie	Halm	Flis	Piller	CO ₂	El *
	Kr./GJ	Kr./GJ	Kr./GJ	Kr./GJ	Kr./GJ	Kr./GJ	Kr./ton	Kr./MWh
2011	46,9	20,1	89,2	39,2	44,5	66,5	113	310
2015	65,2	22,1	105	40,4	46,6	68,5	172	372
2020	71,1	23,0	114	41,8	49,4	71,0	213	457
2025	75,2	23,5	120	43,3	52,4	73,5	235	438
2030	78,7	23,8	125	44,8	55,6	76,0	258	594
CO ₂ 2011	53,3	30,8	97,7	39,2	44,5	66,5	113	310
CO ₂ 2030	93,4	48,3	144	44,8	55,6	76,0	258	594
30/11	1,75	1,57	1,48	1,14	1,25	1,14	2,3	1,9

*Tabel 1: Fremskrivning af priser på brændsler og elektricitet. *Elpriser er beregnede forbrugsvægtede Nordpool-priser og målt i kr./MWh Kilde: Energistyrelsen. Endvidere viser tabellen brændselspriser inkl. CO₂-omkostninger i 2011 og i 2030 samt prisforholdet 2030/2011 inkl. CO₂-omkostninger.*

For brændselspriserne viser tabellen prisfremskrivinger an kraftværk. I rækkerne CO₂ 2011 og CO₂ 2030 er brændselspriserne vist inklusiv CO₂-omkostninger.

Det ses, at når CO₂-omkostningerne indregnes i brændselsprisen, stiger prisen på de fossile brændsler betydeligt mere end prisen på biomasse. Kul stiger med en faktor 1,57, mens eksempelvis træpiller ventes at stige med en faktor 1,14. Med Energistyrelsens prisfremskrivning bliver anvendelsen af biomasse til energiformål dermed umiddelbart mere attraktivt i fremtiden end i dag samfundsøkonomisk set. Hvorvidt dette også gælder selskabsøkonomisk vil blandt andet afhænge af den fremtidige tilskuds- og afgiftspolitik.

4.7 Afgifter, tilskud og tariffer

Ved produktion af el og varme svares der afgifter for den del af brændslet, som medgår til varmeproduktionen. For kedelanlæg regnes hele brændselsmængden at medgå til varmeproduktion, og for kraftvarmeværker regnes som hovedregel med en varmevirkningsgrad på 120 %. Tabel 2 viser de gældende afgifter for 2011.

	Gas	Kul	Gasolie	Halm	Flis	Piller	Affald	El
	Kr./GJ	Kr./GJ	Kr./GJ	Kr./GJ	Kr./GJ	Kr./GJ	Kr./ton	Kr./MWh
Energiafgift	58,4	58,4	58,4	0	0	0	56,6	793
CO ₂ -afgift	9,0	15,0	11,7	0	0	0	158*	
Eltilskud (Kr/MWh)	0	0	0	150	150	150		
Eltariffer								317

Tabel 2: Gældende afgifter i 2011. CO₂-afgift på affald beregnes pr. ton. Affaldsafgifter omfatter affaldsvarmeafgift og tillægsafgift og er i tabellen vist som brændselsafgifter. Energiafgift for el omfatter energiafgift, tillægsafgift, energisparebidrag, eldistributionsbidrag samt energispareafgift (tidligere CO₂-afgift). De selskabsøkonomiske eltariffer inkluderer PSO-, transmissions-, distributions- og systemtarif.

I henhold til den såkaldte elpatronlov er der indført et afgiftsloft for kedler, der leverer fjernvarme til kollektive fjernvarmenet med kraftvarmekapacitet. Afgiftsloftet er 48,6 kr./GJ for energiafgiften og 12,5 kr./GJ for CO₂-afgiften. De seneste ændringer i elpatronloven afventer dog godkendelse af EU-Kommissionen.

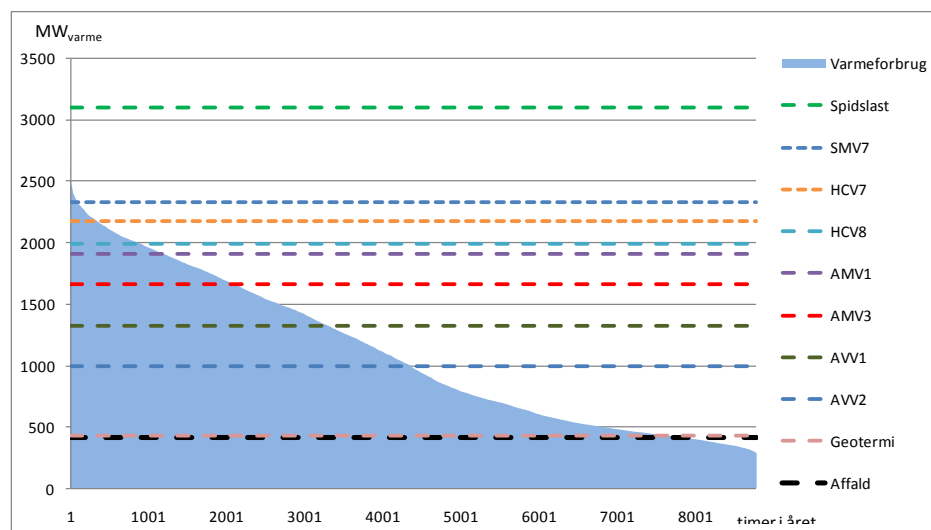
5 Behov for ny produktionskapacitet

Inden for en årrække kan det blive nødvendigt at investere i nye grundlastanlæg i hovedstadsområdet for at sikre tilstrækkelig konkurrencedygtig varmeproduktionskapacitet, efterhånden som de eksisterende kraftvarmeværker fases ud.

5.1 Varmeforbrug og varmeproduktionsanlæg i dag

Det sammenhængende kraftvarmesystem består af en række grundlastanlæg, som har mange driftstimer hvert år, samt mellemlastanlæg med færre driftstimer og endelig spids- og reserveanlæg.

Figur 4 viser en varighedskurve over det samlede varmeforbrug i hovedstadsområdet i 2010 sammenholdt med varmeproduktionskapaciteten på de eksisterende værker og anlæg. Varmeproduktionen på spidslastanlæggene i det sammenhængende system er ca. 1 PJ i et typisk år, men har været noget højere i 2009 og 2010. Figuren viser, at der ved udgangen af 2010 i alt var installeret ca. 2.300 MW kraftvarme- og affaldskapacitet.



Figur 4: Varighedskurve for fjernvarmeforbruget i hovedstadsområdet i 2010. Varighedskurven er sammenholdt med den installerede varmeproduktionskapacitet i området i 2010. Varmeproduktionskapaciteten er akkumuleret.

Under normale driftsforhold vil der næsten altid være tilstrækkelig kapacitet på kraftvarmeværkerne og affaldsværkerne til at dække varmebehovet. Spidslastanlæg anvendes hovedsaglig i situationer, hvor varmeforbruget er ekstra højt, og/eller der er udfald af anlæg.

Desuden kan flaskehalse i systemet begrænse mulighederne for fuldt ud at udnytte kraftvarmekapaciteten. Således er der generelt overskud af kraftvarmekapacitet i den vestlige del af nettet (vest for Damhussøen), mens balancen mellem forbrug og produktionskapacitet er mere anstrengt i København centrum.

5.2 Udvikling i varmeproduktionskapacitet

I løbet af de kommende fem år forventes det, at blok 7 på Svanemølleværket og blok 7 på H.C. Ørsted Værket vil blive lukket pga. nedslidning og af hensyn til at kunne overholde fremtidige miljøkrav. Samlet set repræsenterer disse kraftvarmeenheder en varmeproduktionskapacitet på ca. 350 MJ/s. Derudover forventes det, at H.C. Ørsted Værkets blok 8 på 53 MJ/s tages ud af drift omkring 2025. Hvis der ikke etableres erstatningskapacitet for disse værker, vil varmeproduktion på spidslastanlæg blive øget betydeligt.

Der skal i nærmeste fremtid træffes beslutning om forventede investeringer i levetidsforlængelse af Amagerværkets blok 3 og Avedøreværkets blok 1 til gennemførelse omkring år 2017 og 2018. Herefter vil anlæggene formentlig være i drift frem til 2027-2030, hvor anlæggene er ca. 35 år. Man vil derfor omkring 2025 skulle tage stilling til, om de skal undergå en gennemgribende renovering eller erstattes med anden produktionskapacitet. De to anlægs varmeproduktionskapacitet udgør i alt 660 MJ/s.

Ud over de centrale produktionsanlæg er der tre fælleskommunale affaldsforbrændingsanlæg i hovedstadsområdet: Amagerforbrænding, Vestforbrænding og KARA/NOVEREN. Det er grundlæggende antaget, at affaldsoplandet frem til 2025 udgøres af de kommuner, der i dag leverer affald til anlæggene, og der er herudover gjort en række antagelser om den fremtidige udbygning: På Amagerforbrænding lukkes de fire gamle ovne i 2015, og der idriftsættes samtidig to nye ovne. På KARA lukkes de to gamle ovne i 2013, og der etableres en ny kraftvarmeenhed samtidig. På Vestforbrænding lukkes de gamle kedler i 2014. Det er endvidere antaget, at der i 2023 idriftsættes en ny affaldskraftvarmeenhed, VF7, i Høje-Taastrup (VEGA). Der etableres røggaskondensering på alle nye affaldsanlæg.

5.3 Udviklingen i varmemeforbrug

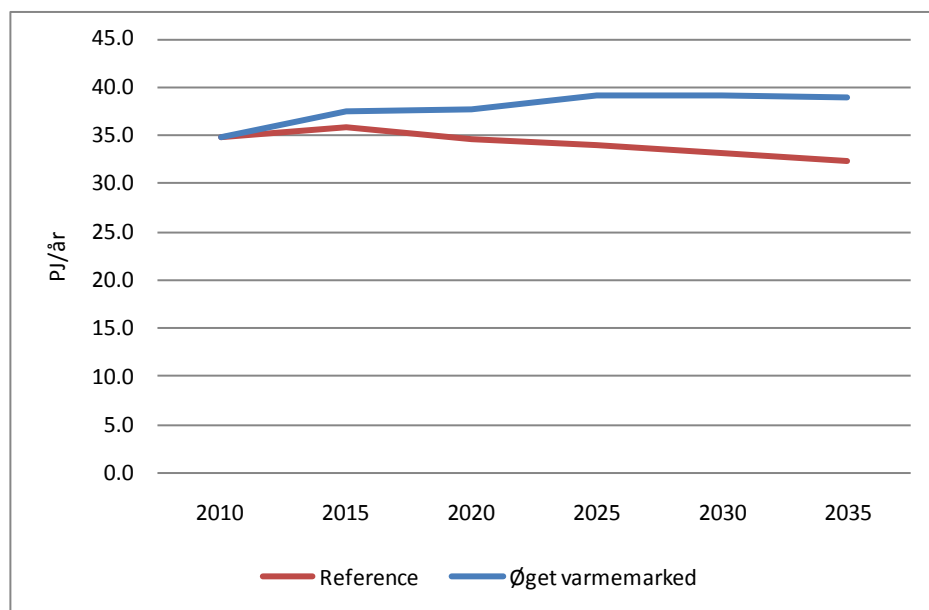
Udviklingen i produktionskapacitet skal holdes op mod den fremtidige udvikling i efterspørgslen på fjernvarme. Særligt to forhold forventes at få betydning for fjernvarmeforbrugets udvikling: 1) implementering af energi- og varmebesparelser, bl.a. som konsekvens af de krav, som alle energiselskaber er

pålagt, 2) forsyning af nye områder, herunder udvidelse af fjernvarmeforsyningen til kunder, som i dag anvender naturgas. På baggrund af varmeselskabernes vurdering er der til dette projekt opstillet to mulige varmemeforbrugsudviklinger. Afhængigt af om udbygning med fjernvarme eller varmebesparelser slår stærkest igennem, forventes fjernvarmeforbruget at ændre sig fra ca. 35 PJ i dag til et sted mellem 34 PJ og 39 PJ i 2025.

I scenarieberegningerne er der som grundforudsætning anvendt et varmemeforbrug på ca. 34 PJ i 2025, da denne varmemeforbrugsudvikling anses for den mest sandsynlige udvikling. Udgangspunktet er kommunernes indberetninger om forventet varmemeforbrug. Derudover er der tillagt forbrug ved konverteringer af naturgas til fjernvarme. Der er medtaget udvidelser, hvor der foreligger godkendte projekter eller projekter, varmeselskaberne vurderer til at være sikre. Varmeforbruget er justeret, så der indregnes varmebesparelser svarende til Energistyrelsens basisfremskrivning fra foråret 2010. Dette giver en varmebesparelse på ca. 0,5 % årligt i slutforbruget. I forhold til Varmeplan Hovedstaden er der foretaget en nedjustering af varmemeforbruget med ca. 6 %, da normalårsforbruget over en længere årrække generelt er blevet påvirket af varmere vejr.

Ud over ovenstående er der opstillet en alternativ varmemeforbrugsudvikling med øget varmemarked. Her medtages en øget konvertering til fjernvarme, hvor hovedprincippet er, at projekter, hvor der pt. foreligger en vurdering med positiv selskabsøkonomi, medtages. Her medtages Lyngby som en del af CTR's forsyningsområde. Køge medtages også og tilsluttes VEKS' område, hvor også Køge Kraftvarmeværk indgår. Herudover antages vedrørende varmebesparelser, at kun halvdelen af ovennævnte besparelse nås. Det vil sige, at en årlig varmebesparelse på 0,25 % indgår.

Figur 5 viser fjernvarmemarkedets referenceudvikling og variationen med øget varmemarked. I referencen falder det samlede varmemeforbrug i et normalår fra ca. 35 PJ i dag til 34 PJ i 2025, mens det i variationen med øget varmemarked stiger til ca. 39 PJ i 2025.



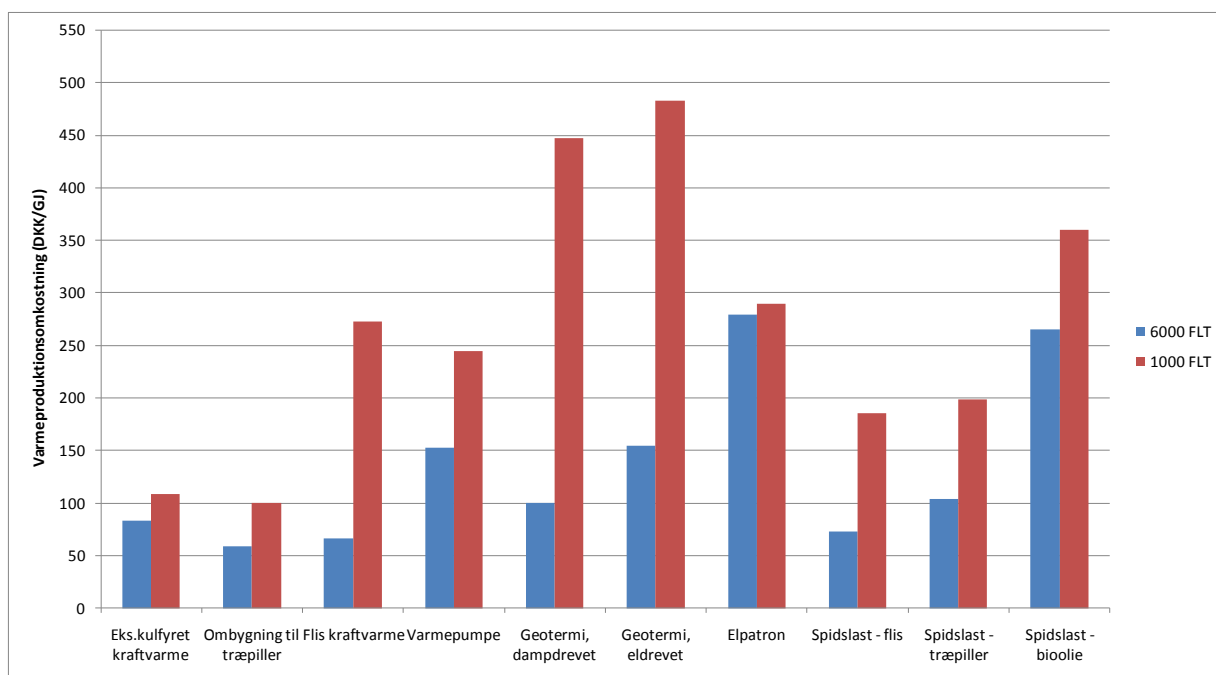
Figur 5: Fjernvarmemarkedets udvikling i hovedstadsområdet. Referenceudviklingen anvendes i alle beregningsscenarier ud over følsomheden "Øget varmemarked".

5.4 Sammenligning af varmeproduktionsteknologier

Da flere af de eksisterende varmeproduktionsanlæg lukkes over de kommende år, kan der blive behov for etablering af ny produktionskapacitet. Hvordan fordelingen af de forskellige anlægstyper ideelt set bør være, afhænger af den forventede udvikling i elmarkedet og brændselsmarkederne samt af anlæggenes tekniske og økonomiske egenskaber, herunder kapitalomkostningerne.

I Figur 6 ses de selskabsøkonomiske omkostninger til produktion af varme fra udvalgte teknologier i 2025 afhængigt af, om anlæggene kører som grundlast (6.000 fuldlasttimer) eller som spidslast (1.000 fuldlasttimer). Som forudsætning er der anvendt Energistyrelsens forudsætninger om brændsels- og CO₂-priser, gældende afgifter og tilskud samt Energistyrelsens og Energinet.dk's Teknologikatalog.

Bortset fra det eksisterende kulfyrede kraftvarmeværk er der tale om nye produktionsanlæg, hvorfor beregningerne inkluderer kapitalomkostninger. Ved ombygning af et kulfyret kraftvarmeværk til fyring med træpiller indgår omkostningerne i forbindelse med ombygningen. Kraftvarmeteknologierne har indtægter ved salg af kraftvarmebaseret el i elmarkedet, herunder eltilskud ved VE-baseret elproduktion.



Figur 6: Selskabsøkonomiske varmeproduktionsomkostninger (inkl. afgifter) vist som nettoomkostninger med fradrag af indtægter fra elsalg. Omkostningen er vist for hhv. 6.000 og 1.000 fuldlasttimer (grundlast og spidslast).

Det fremgår, at ved 6.000 fuldlasttimer (grundlast) har det ombyggede kul-kraftvarmeanlæg de laveste selskabsøkonomiske omkostninger, herefter følger fliskraftvarmeværket. Varmepumper og geotermiske anlæg har betydeligt højere produktionsomkostninger. At det dampdrevne geotermianlæg falder mere gunstigt ud end de eldrevne anlæg skyldes især afgiftsmæssige forhold, idet der betales afgift af elforbrug, men ikke af "tabt" elproduktion ved at levere damp. Hertil kommer betaling af eltariffer, der slår hårdt igennem på alle de elforbrugende teknologier.

Fliskedler vurderes at være en billigere teknologi end træpiller og særligt bioolie til at levere spidslast (ved 1.000 fuldlasttimer). Disse er også regnet med 6.000 timer for at illustrere økonomien. Det skal dog bemærkes, at det ikke forventes at være tilladt at etablere spidslastkedler med så mange driftstimer.

5.5 Analyse af behov for grundlastkapacitet

I det følgende belyses en langsigtet "optimal" sammensætning af produktionskapacitet i eksempelvis 2035, hvor det antages, at ingen af de eksisterende varmeproducerende anlæg er i drift. Formålet er dels at vurdere, hvilke anlægstyper der har bedst økonomi på lang sigt, samt at vurdere forholdet mellem grundlastanlæg og spidslastanlæg.

Varmeselskaberne har i fællesskab etableret Varmelast.dk, som sikrer at lastfordelingen mellem de eksisterende anlæg i systemet foretages efter objektive kriterier og ud fra de enkelte anlægs marginale omkostninger ved varmeproduktion. I en situation, hvor der skal etableres nye produktionsanlæg i systemet, kan der på samme måde som ved den daglige lastfordeling argumenteres for, at dette bør foregå efter objektive kriterier baseret på en analyse af de enkelte teknologiers forventede varmeproduktionsomkostninger. Hertil kommer naturligvis en vurdering af de enkelte teknologiers fleksibilitet, klimapåvirkning samt robusthed over for ændrede forudsætninger.

Til brug for dette projekt er der beregnet, på et forsimplet grundlag², en langsigtet "optimal" sammensætning af kraftværksparken i systemet med udgangspunkt i, at der kan vælges mellem et begrænset antal kendte teknologier. Formålet er, at sætte nogle retningspile for systemets udvikling til hjælp for de beslutninger, som skal tages på kortere sigt, efterhånden som de eksisterende kraftvarmeværker tages ud af drift.

Hovedstadens kraftvarmesystem 2035

Der opstilles en række teknologier, for hvilke de kortsigtede marginale varmeproduktionsomkostninger og de langsigtede marginale varmeproduktionsomkostninger kan beregnes med en række forudsætninger om investeringsomkostninger, afgifter samt priser i brændsels-, CO₂- og elmarkederne. Der køres herefter en optimeringsmodel, der kan opnå de lavest mulige årlige totalomkostninger ved at levere det samlede varmebehov.

Affaldsanlæg indgår dog ikke frit i ovennævnte prioritering, idet det beregningsmæssigt forudsættes, at de fremskrevne affaldsmængder for de kommuner, som i dag leverer affald til hovedstadsområdet forbrændingsanlæg, også i fremtiden skal afbrændes her.

Kraftværkspark og produktion

Baseret på ovenstående beregninger samt en varighedskurve for fjernvarme-forbruget kan den optimalt sammensatte kraftværkspark for hovedstadsområdet beregnes i det tænkte eksempel for 2035. Resultatet af denne selskabsøkonomiske beregning viser, at den optimale sammensætning af varmeproduktionen, udover affaldsanlæg, udgøres af flisbaseret kraftvarme og spidslast. I beregningen dækkes ca. 38 % af varmeproduktion med affaldsanlæg, der er fastlagt på forhånd, ca. 58 % af fliskraftvarme og knap 4 % med spidslastanlæg på naturgas. Det skal bemærkes, at beregningen ikke tager hensyn

² Vurdering er foretaget vha. en regnearksmodel. En særlig forsimpning er, at modellen ikke håndterer udtagsanlæg. Alle anlæg regnes altså som enten rene varmeproducerende anlæg eller kraftvarmeanlæg med et fast forhold mellem el- og varme. Endvidere er beregningerne udført med en fast elpris i alle årets timer.

til udfald af produktionsenheder og netbegrænsninger, hvorved varmeproduktionen på spidslastanlæggene undervurderes.

Såfremt der i stedet for naturgasfyret spidslast eksempelvis blev etableret spidslastanlæg baseret på træpiller eller flis, ville den optimale produktions-sammensætning forskyde sig i retning af øget spidslast. Således er ca. 6 % af den årlige varmeproduktion som spidslast optimalt med træpillekedler, og ca. 9 % er optimalt med træfliskedler med de anvendte forudsætninger. De sidste MW spidslast, som kun kører meget sjældent, bør under alle omstændigheder baseres på gas eller olie, da investeringen her er væsentligt lavere.

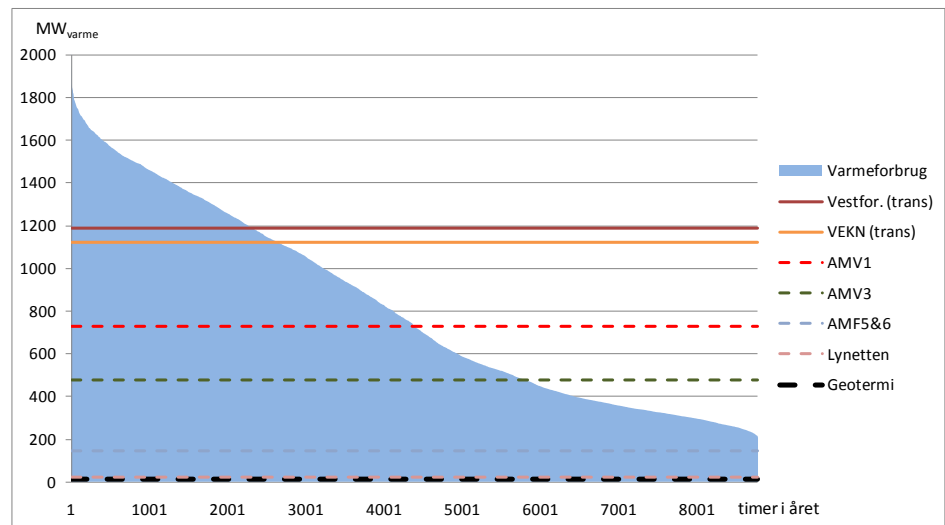
Opsamling

Hovedstadsområdet kraftvarmesystem er udviklet over en periode på ca. 100 år, hvor investeringerne i kraftværkskapacitet hele tiden har været baseret på gældende og forventede vilkår til el- og varmeproduktion. De fremtidige vilkår for varmeproduktion er usikre, men det kan antages, at der også fremadrettet vil være fokus på at reducere anvendelsen af fossile brændsler. Med de forudsætninger, som er anvendt i dette arbejde, synes fremtidens grundlast at skulle udgøres af biomasse- og affaldsfyrede anlæg ud fra en samlet økonomisk betragtning. Beregningerne bekræfter også varmeselskabernes generelle dimensioneringskriterier, der tilsiger, at spidslast som hovedregel ikke bør udgøre mere end ca. 5 % af den samlede varmeproduktion.

5.6 Opsamling

Der er i dag i Hovedstadens fjernvarmesystem en meget høj dækning med kraftvarme. Således udgør varmeproduktionen på rene varmekedler i størrelsesordenen 2-3 %. I de kommende år forventes det imidlertid, at flere anlæg skrottes, og varmeproduktionen på spidslastanlæg må derfor forventes at stige. Scenarieregningerne i kapitel 6 viser, at spidslastproduktionen vil stige til 5-6 % i referencescenariet.

Det er dog sådan, at balancen mellem forbrug og produktionskapacitet øst for Damhussøen er mere anstrengt end i det øvrige system. Dette er illustreret med en effektbalance for CTR og KE i 2025 i nedenstående figur, der er udarbejdet på baggrund af varmeforbruget i en følsomhed med "Øget varmemarked".



Figur 7: Varighedskurve for fjernvarmeforbruget i CTR og KE's områder. Varighedskurven er sammenholdt med den installerede varmeproduktionskapacitet i de to områder i 2025 samt muligheden for overførsel af varme fra VEKS's og VF's områder. Varmeproduktionskapaciteten er akkumuleret.

Forventningerne til udviklingen i fjernvarmeforbruget kombineret med de forudsatte skrotninger af kraftvarmeblokkene peger således på, at det kan være relevant at investere i ny grundlastkapacitet øst for Damhussøen frem mod 2025.

Sådanne investeringer kan desuden være med til at afhjælpe de flaskehalse i varmesystemet, som vil blive øget med udfasningen af anlæggene i indre by.

6 Scenarieanalyser

For at belyse udviklingen i CO₂-emissioner fra fjernvarmeproduktion – og de økonomiske konsekvenser af at gennemføre tiltag til at reducere CO₂ – er der gennemført en række scenarieanalyser frem mod 2025.

Tre scenarier til 2025

Der er i projektet opstillet tre udviklingsforløb for fjernvarmesystemet i hovedstadsområdet frem til 2025:

- **Reference** – viser en udvikling med udgangspunkt i Grundscenariet fra Varmeplan Hovedstaden 1. Her omstilles bl.a. til biomasse på Avedøre- og Amagerværket.
- **Lav bio** - viser udviklingen, såfremt det ikke lykkes at gennemføre øget biomasseomstilling i hovedstaden.
- **CO₂-neutral** - viser en udvikling hvor der gøres en særlig indsats for at varmeleverancen bliver CO₂-neutral.

Alle scenarier er gennemregnet for årene 2010, 2015, 2020 og 2025.

Ved hvert af ovenstående tre scenarier anvendes det samme fjernvarmegrundlag og udvikling af dette over perioden. Endvidere fastlægges, hvilke produktionsenheder der kan levere varmen, hvor disse er placeret samt eventuelle begrænsninger på disse anlæg. Begrænsningerne kan f.eks. være et pålæg om et vist forbrug af biomasse i henhold til biomasseaftalen eller krav om afbrænding af en bestemt mængde husholdnings- og erhvervsaffald.

Økonomisk optimering

Når scenarierne er beskrevet og modelleret, beregner modellen den økonomisk optimale drift af det samlede system i de enkelte scenarier. Den optimale drift er afhængig af de givne rammer for brændselspriser, elpriser, afgifter og tilskud. Der tages ikke hensyn til gældende afregningsregler for det enkelte anlæg mellem varmeproducenter og varmemodtagere, idet der foretages en samlet økonomisk optimering af el- og varmeproduktionen i overensstemmelse med varmekontrakterne og aftalen om lastfordeling mellem varmeselskaberne og varmeproducenterne. Der kan findes mere information om det anvendte modelværktøj til scenarierne, Balmorel, på hjemmesiden www.balmorel.com.

Referencescenariet

Referencescenariet beskriver i princippet en udvikling styret ud fra de økonomiske rammer med fremskrivning af de eksisterende regler for tilskud og afgifter. Scenariet er baseret på "Frozen Policy" tankegangen. Der tages ikke

særlige beslutninger mht. CO₂-neutralitet. Til forskel fra i Lav bioscenariet antages det, at Avedøreværkets blok 1 og Amagerværkets blok 3 omstilles til træpillefyring.

Lav bioscenariet

Lav bioscenariet viser udviklingen, hvor der ikke foretages yderligere investeringer i Hovedstadens fjernvarmesystem. Det antages, at det ikke lykkes at gennemføre den forventede omstilling til biomasse på Avedøreværkets blok 1 og Amagerværkets blok 3.

CO₂-neutralscenariet

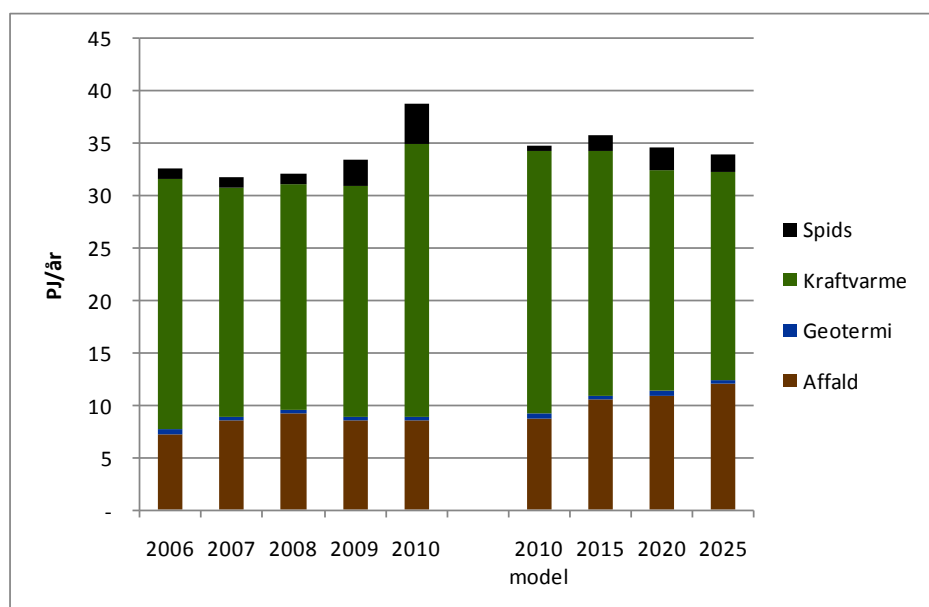
Her vises resultatet af de tiltag, som projektet finder frem til er mest velegnede for, at Hovedstadens fjernvarmesystem kan blive CO₂-neutralt frem mod 2025.

Tanken bag disse tre scenarier er bl.a. at vise, hvilke beslutninger det er nødvendigt at tage for fortsat at levere omkostningseffektiv og sikker fjernvarme og træffe de nødvendige beslutninger på vejen mod et CO₂-neutralt fjernvarmesystem i Hovedstaden.

6.1 Referencescenariet

På grund af fortsat interesse for konvertering fra individuel naturgasforsyning til fjernvarme forventes fjernvarmenettene i de fleste kommuner, som i dag er fjernvarmeforsynede, at blive udbygget. Selvom der således bliver tilsluttet flere varmemefbrugere til systemet, forventes det øgede varmebehov mere end opvejet af målrettede tiltag for varmebesparelser, således at den samlede varmeleverance kan forventes at falde svagt frem mod 2025.

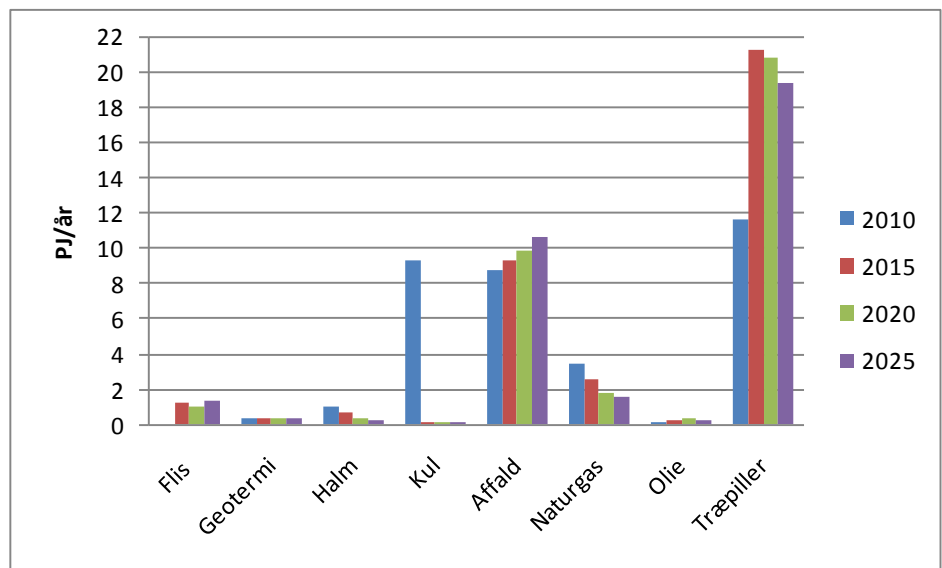
I Figur 8 ses varmeproduktionen fordelt på anlægstyper historisk samt i modelberegningerne i 2010, 2015, 2020 og 2025.



Figur 8: Varmeproduktionen i perioden 2006 – 2010 (historik) samt modelberegninger for 2010, 2015, 2020 og 2025.

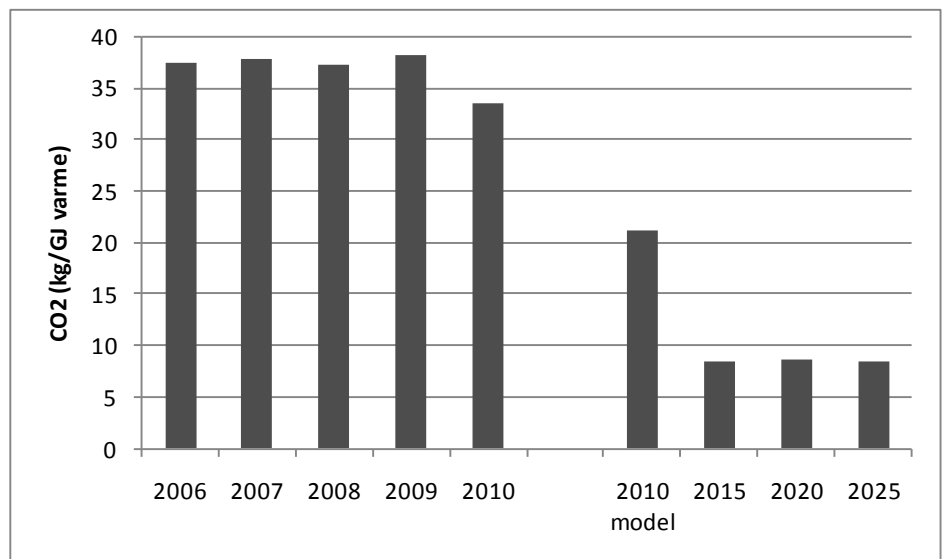
Det ses i figuren, at der er betydelig forskel mellem den faktiske varmeproduktion i 2010 og modelberegningerne for 2010. Dette skyldes at modelberegningerne tager udgangspunkt i et normalår, mens der i praksis var usædvanligt mange graddage i 2010. Samtidig var der længerevarende driftsproblemer på nogle af grundlastanlæggene, hvorved behovet for spidslast yderligere blev øget.

I nedenstående Figur 9 ses varmeproduktion fordelt på brændsler i hovedstadsområdet i perioden 2010 – 2025 i referencescenariet. Af figuren fremgår det, at der sker et markant skift fra fossile brændsler, herunder specielt kul, til biomasse allerede fra 2010 til 2015, hvilket skyldes konverteringen til træpiller på Avedøre- og Amagerværket kombineret med pris- og afgiftsforhold, der gør netop denne ombygning fordelagtig. Biomasseanvendelsen falder lidt mellem 2020 og 2025, hvilket skyldes, at varmeforbruget falder og affaldsanlæggenes varmeproduktion stiger. I 2025 vil affald og biomasse være de mest anvendte brændsler til varmeproduktion. Flis anvendes på affaldsværkerne, hvis der er overskydende forbrændingskapacitet.



Figur 9: Varmeproduktion fordelt på brændsler i Referencescenariet

Figur 10 viser udviklingen i CO₂-indholdet i fjernvarme leveret i hovedstadsområdet i Referencescenariet.



Figur 10: CO₂-emissioner i Referencescenariet i 2010-2025 samt historisk for 2006-2010 (200 % metoden).

Det fremgår, at der sker et betydeligt fald i CO₂-emissionen, specielt mellem 2010 og 2015, som følge af ombygningen af de store kraftvarmeværker til træpillefyring. Den lille stigning i emissionen fra 2015 til 2025 skyldes, at affald, som ikke er CO₂-neutral, fortrænger CO₂-neutral biomasse.

Samlet set reduceres CO₂-emissionen til knap 300.000 tons i referencescenariet. Heraf stammer ca. 180.000 ton fra det fossile indhold i affald og 100.000

ton fra naturgas og olie anvendt på spidslastanlæg og H.C. Ørsted Værkets blok 8, som stadigvæk forudsættes i drift i 2025 i referencen. Derudover figurerer en meget lille emission fra kulkraftvarmeværkerne, som optræder, når værkerne omstiller fra kondens til bio-kraftvarme.

6.2 CO₂-neutralscenariet

Tiltag til at reducere CO₂-emissionen frem mod 2025

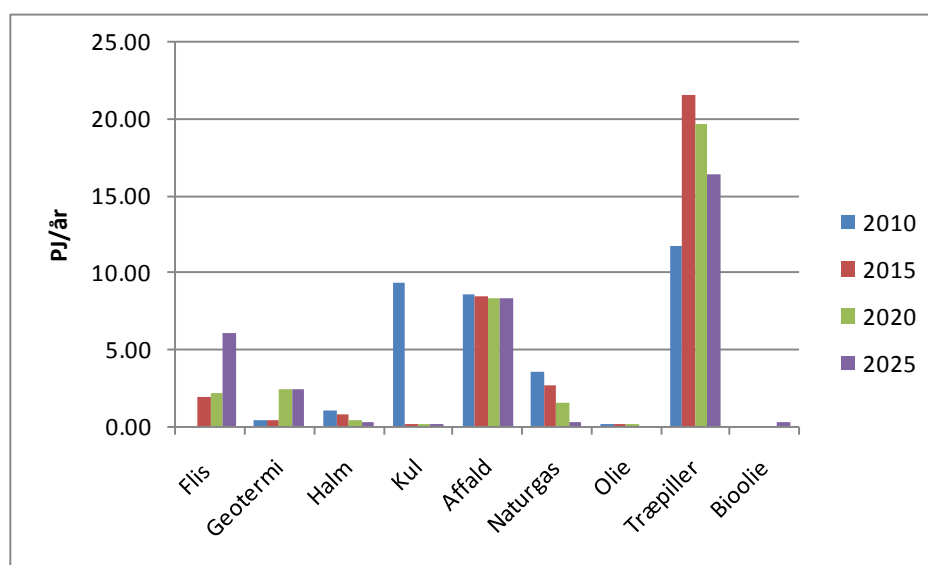
I dette scenarie investeres i tiltag med den primære hensigt at reducere CO₂-emissionen fra fjernvarmen. Teknologianalyserne peger på, at nye biomassefyrede kraftvarmeværker har de laveste selskabsøkonomiske varmeproduktionsomkostninger. Alternative løsninger som fx eldrevne varmepumper og geotermiske anlæg har betydeligt højere selskabsøkonomiske produktionsomkostninger, hvilket dog blandt andet skyldes de gældende regler for energifgifter og tariffer på elområdet.

Scenariet indeholder tiltag frem mod 2025 ud over de tiltag, der gennemføres i referencescenariet, herunder biomassekonvertering og udbygning med affaldsanlæg. Scenariet omfatter følgende ikke-prioriterede tiltag:

1. Lineært stigende udsortering af det nuværende indhold af plastik i affald fra 2015 frem mod 2025. I 2025 forudsættes 50 % af plastikindholdet udsorteret til genbrug.
2. Etablering af et stort varmelager på 50 TJ. Lageret har en op- og afladningskapacitet på 200 MW og forudsættes i beregningerne realiseret ved Nordhavn i 2015.
3. Etablering af et geotermi-stjerneanlæg i 2020 med en varmekapacitet på 65 MW ekskl. drivdamp. Anlægget er ikke i sig selv selskabsøkonomisk attraktivt med gældende rammebetingelser, men er primært et tiltag, der har til hensigt at mindske den stigende afhængighed af biomasse i varmeproduktionen samt at opsamle erfaringer.
4. Etablering af et biomassekraftvarmeanlæg efter 2020. Anlægget forudsættes beregningsmæssigt at være et flisbaseret modtryksanlæg placeret på Amager. Anlæggets samlede indfyrede effekt er på 150 MW og vil med røggaskondensering kunne levere ca. 120 MW varme. Anlægget etableres blandt andet for at undgå øget spidslastproduktion, når H.C. Ørsted Værket og Svanemølleværket lukker.
5. I 2025 lukkes H.C. Ørsted Værkets blok 8 for at spare CO₂. Det er to år tidligere end forudsat i referencescenariet.
6. Omstilling af spidslastanlæg fra naturgas og olie til bioolie og fast bio-brændsel. Det er ikke analyseret, hvor i det samlede system der er mulighed for at placere spidslastkedler baseret på eksempelvis træpiller.

Der er i projektet foretaget en række fravalg vedrørende CO₂-reducerende tiltag. Dette gælder udfasning af Avedøreværkets gasturbiner og stop for kul-anvendelse til varmeproduktion i det eksisterende system i situationer med lavt varmebehov og stor elproduktion på kraftvarmeværkerne. Beregninger har vist, at førstnævnte kan resultere i øget gas- og olieanvendelse til spids-lastproduktion og dermed øget CO₂-emission, mens sidstnævnte har en betydelig omkostning. Både anvendelse af kul til kraftvarmeproduktion og gasturbinerne sker i et meget begrænset omfang. Endvidere vurderes varmepumper og elpatroner med de nuværende energifgifter og tariffer ikke at være attraktive.

Hvis alle ovenstående tiltag gennemføres, viser analyserne, at CO₂-emissionen kan reduceres til ca. 170.000 tons i 2025. Figur 11 viser udviklingen i varmeproduktionen fordelt på brændsler i CO₂-neutralscenariet.

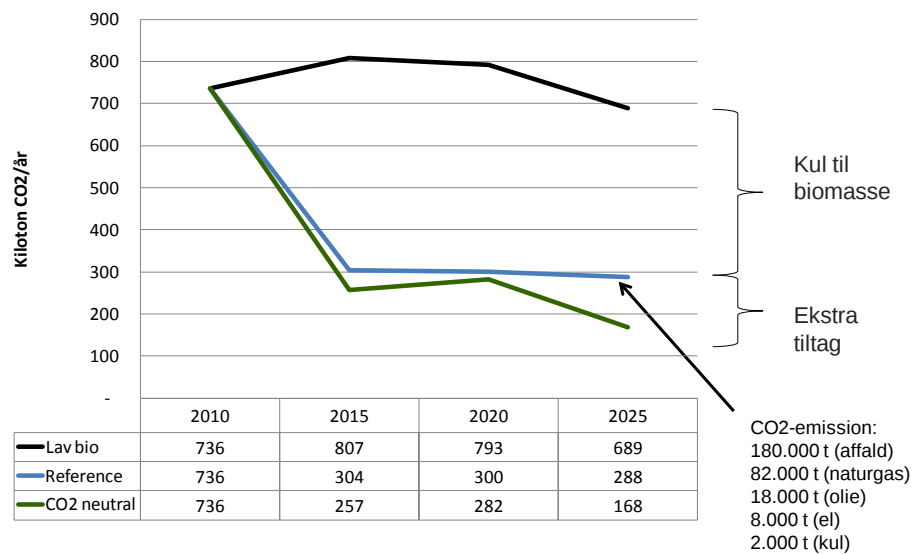


Figur 11: Varmeproduktion fordelt på brændsler i CO₂-neutral scenariet. Værdierne for 2010 er udtryk for modellens optimering og ikke det statistiske brændselsforbrug.

6.3 Sammenligning af scenarier

CO₂-emission

Scenarieanalyserne viser, at såfremt, der ikke gennemføres en omlægning af Amagerværkets blok 3 og Avedøreværkets blok 1 fra kul til biomasse ender CO₂-emissionerne i 2025 på ca. 700.000 ton (scenariet "Lav bio" i figuren nedenfor). Grundet idriftsættelsen af den biomassebaserede blok 1 på Amagerværket er det dog væsentligt mindre end de historiske emissioner, der for 2009 var ca. 1,1 mio. tons CO₂. Som tidligere nævnt reduceres CO₂-emissionen i referencescenariet til ca. 300.000 tons i 2025, mens emissionen reduceres yderligere i CO₂-neutralscenariet.



Figur 12: viser CO₂-emissionen i de tre scenarier, lav bio, reference og CO₂-neutral scenariet (200 % metoden) i perioden 2010-2025.

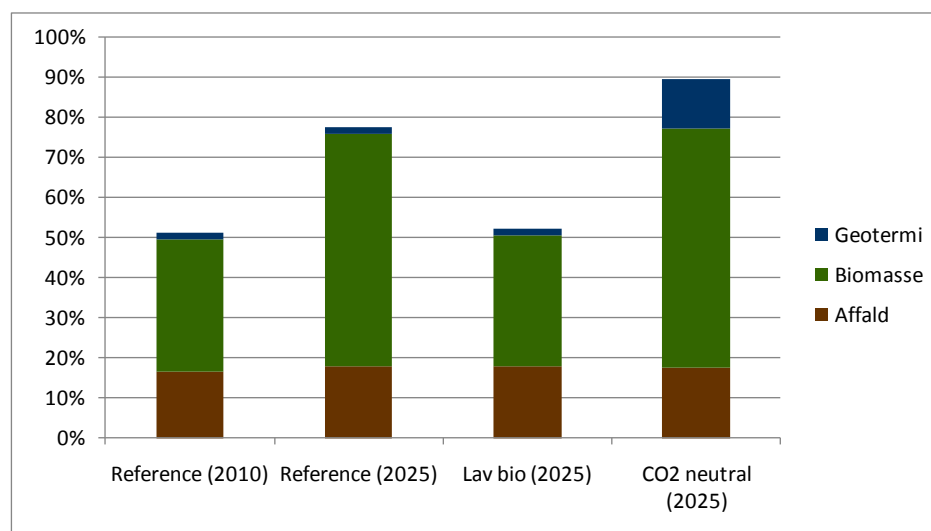
Alternative metoder for CO₂-beregninger

Ovenstående opgørelse af CO₂-emission er foretaget med 200 % metodens³ brændselsfordeling på kraftvarmeværkerne. Alternativt kan der f.eks. ses på CO₂-emissionen i en samlet energisystemberegning. I en sådan systemberegning spiller rammevilkårene i form af afgifter, tilskud, brændselspriser samt CO₂-kvoteordningen ind på resultatet, der både kan give højere eller lavere CO₂-emission end 200 %-metoden viser.

VE-andel

I nedenstående figur ses den samlede VE-andel på tværs af scenarierne. Det fremgår, at der i 2025 opnås en VE-andel på 77 % i Referencescenariet. I CO₂-neutralscenariet stiger denne andel til 90 %, hvor den resterende mængde fossil brændsel primært udgøres af affald.

³ Ved 200 % metoden antages det at varmen på kraftvarmeværkerne produceres med 200% virkningsgrad.



Figur 13: Modelberegninger af VE-andel i 2010 samt i de tre scenarier i 2025

Økonomi

De samlede selskabsøkonomiske konsekvenser af at gennemføre de forskellige scenarier er beskrevet i Tabel 3. I sammenligningen indgår også det beregningsmæssige udgangspunkt i 2010.

(Mio. kr)	Reference (2010)	Reference (2025)	Lav bio (2025)	CO ₂ -neutral (2025)
Kondens omkostninger og elsalg	-4	-143	-203	-163
Elsalg	-1303	-1680	-1586	-1571
Brændsler	2132	2837	1938	2619
Faste og variabel D&V	1098	922	945	1013
Kapitalomkostninger	0	52	0	284
Afgifter og tilskud	456	-253	456	-322
CO ₂ -kvoter	205	33	405	6
Affaldsomkostning	647	879	912	828
Total	3233	2648	2867	2694

Tabel 3: Selskabsøkonomiske omkostninger i de tre scenarier i 2025.

Hovedresultatet er, at den samlede selskabsøkonomiske omkostning ved at producere varme til det sammenhængende fjernvarmenet er højest i det scenarie, hvor kraftværkerne ikke ombygges til at kunne afbrænde 100 % biomasse, og lavest i referencescenariet. I CO₂-neutralscenariet er de årlige varmeproduktionsomkostninger ca. 50 mio. kr. højere årligt end i referencen. Det fremgår af Tabel 3, at kapital- og driftsomkostningerne øges i CO₂-neutralscenariet sammenholdt med referencescenariet, men at omkostningerne til afgifter/tilskud og CO₂-kvoter til gengæld er mindre. Det skal bemærkes, at de eventuelle øgede omkostninger ved at udsortere og genanvende plastik for at undgå CO₂-emissionen herfra ikke er indregnet i økonomien for CO₂-neutralscenariet.

6.4 Følsomhedsvurderinger

Konsekvenserne for varmeproduktionen ved betydelige ændringer i forudsætningerne er vurderet bl.a. ved tre følsomhedsvurderinger i 2025. Følsomhederne er Øget varmemarked, Energistrategi 2050 og Øget biomassepris. De to første følsomheder er beregnet med referencescenariet som udgangspunkt, mens den sidste er beregnet med CO₂-neutralscenariet som udgangspunkt.

Øget varmemarked	Øget udbygning med fjernvarme, hvor bl.a. Lyngby og Køge indgår. Samtidig forudsættes en lavere succes i forhold til varmebesparelser, idet besparelsen falder fra et niveau på 0,5 % årligt i referencescenariet til 0,25 % årligt i scenariet Øget varmemarked. Varmeforbruget ender på 39 PJ i 2025 i scenariet. Konsekvensen af denne følsomhed er en fordobling af varmeproduktionen på spidslastanlæg, fra ca. 5 % til 10 % ⁴ af den samlede varmeproduktion. Såfremt varmemarkedet udvikler sig som i følsomhedsanalysen Øget varmemarked, kan det blive relevant at foretage yderligere investeringer i grundlastkapacitet.
Energistrategi 2050	Her forudsættes den afgiftsomlægning, som er foreslået i regeringens udspil Energistrategi 2050, gennemført i form af en ekstra forsyningssikkerhedsafgift, som rammer biomasse hårdere end fossile brændsler. Konsekvensen i referencescenariet er kun en lille påvirkning af produktionsmønstret, mens den samlede varmeomkostning øges med ca. 200 mio. kr. i 2025.
Øget biomassepris	Priserne hæves med 15 kr./GJ for alle biobrændsler i slutningen af perioden. Valget af biobrændsler som hovedbrændsel er generelt robust overfor denne prisstigning, men anvendelse af kul til varmeproduktion stiger dog. I CO ₂ -neutralscenariet øges de samlede varmeomkostninger med i alt 550 mio. kr. pr. år i 2025, når VE anvendelsen fastholdes.

6.5 Udviklingen efter 2025

Det kan være et selvstændigt formål i den langsigtede planlægning at investere i teknologier som dæmper den stigende afhængighed af biomasse.

En række analyser tyder på, at der er betydelige mængder bæredygtig biomasse til rådighed for energisektoren i Danmark, Europa og globalt frem mod 2050. En strategi der søger CO₂-neutralitet i hovedstadsområdet ved at omlægge fra kul og fossilt affald til biomasse vurderes derfor robust de kommende årtier. Biomasse der anvendes i energisektoren til at fortrænge kul, har en

⁴ Turbinebypass indregnes her som spidslast.

betydeligt højere CO₂ effekt end biobrændstoffer i f.eks. transportsektoren. Der skal dog nævnes, at der på længere sigt må forventes et betydeligt pres mod biomasseresurserne, herunder fra den kemiske industri.

I et fremtidigt energisystem med signifikant større mængder vindkraft kan priserne i elmarkedet forventes at fluktuere mere end i dag. Det kan, afhængig af afgifter og eltariffer, gøre det mere attraktivt at investere i eldrevne varmepumper, elpatroner, varmelagre og spidslastanlæg for at kunne anvende elektricitet til fjernvarmeproduktion i perioder med kraftig vind og lave elpriser, samt for at øge elproduktionen i perioder med stort varmebehov og høje elpriser.

Begge ovenstående forhold betyder, at eksempelvis geotermi, solvarme eller varmepumper, der som udgangspunkt er noget dyrere løsninger end biomassekraftvarme, alligevel kan blive interessante på længere sigt. Det er dog vurderet, at de selskabs- og samfundsøkonomiske betingelser for at anvende varmepumper i større skala i hovedstadsområdet næppe vil være til stede frem mod 2025, fordi udbygningen med vindkraft vil kunne indpasses i elsystemet over udlandsforbindelser og andre tiltag uden at medføre markante ændringer i prismønstret.

Ved en fortsat kraftig satsning på vindkraft i Danmark og i nabolande kan dette imidlertid ændre sig i perioden efter 2025. Det er derfor vigtigt, at de investeringer, der foretages i energisystemet er robuste i forhold til at håndtere en fremtid med signifikant mere vindkraft.