



Ea Energianalyse

Fjernvarmeanalyse - bilagsrapport

**TIDLIGERE ANALYSER AF FJERNVARMENS FREMTID I
DANMARK:
EFFEKTIV FJERNVARME I FREMTIDENS ENERGISY-
STEM, VARMEPLAN DANMARK OG KLIMAKOMMIS-
SIONEN**

1. UDKAST

18-06-2013

Udarbejdet af:

Ea Energianalyse
Frederiksholms Kanal 4, 3. th.
1220 København K
T: 88 70 70 83
F: 33 32 16 61
E-mail: info@eaea.dk
Web: www.eaea.dk

Indhold

1	Opsamling	5
2	Effektiv fjernvarme i fremtidens energisystem	8
3	Varmeplan Danmark.....	13
4	Klimakommissionen	20
5	Bibliografi.....	32

1 Opsamling

1.1 Tre analyser

Dette notat sammenfatter resultaterne af tre tidligere analyser, som har set på fjernvarmens fremtid i Danmark:

- Effektiv fjernvarme i fremtidens energisystem, Ea Energianalyse, Risø DTU og Ram-løse EDB i samarbejde med Dansk Fjernvarmes Visionsudvalg, 2009
- Varmeplan Danmark, Rambøll og AAU for Dansk Fjernvarme, 2010
- Klimakommissionen, 2010

Effektiv fjernvarme

Analysen "Effektiv fjernvarme i fremtidens energisystem" blev gennemført for EUDP-midler i et samarbejde med Dansk Fjernvarmes visionsudvalg i perioden 2007-09.

I projektet blev der bl.a. gennemført modelanalyser, hvor man optimerer investeringer i varmeproduktionsteknologier og i fjernvarmenet under forskellige rammer og forudsætninger om ressourcer, teknologier, udfasning af eksisterende anlæg samt målsætninger om VE i Danmark og nabolande.

Der blev opstillet 3 scenarier for udviklingen frem til 2025 – et grundscenarie samt et besparelsscenarie og et reguleringsscenarie. Der blev tillige opstillet et perspektivscenarie for 2050.

Modelberegningerne viste, at for grundscenariet stiger fjernvarmeanvendelsen fra 47 % af varmebehovet i 2010 til 57 % i 2025. Brændselssammensætningen i fjernvarmen i 2025 ændres, således at naturgas (og olie) næsten udfases og erstattes med biogas, biomasse, store varmepumper og øget affaldsvarme.

For 2050 viser beregningerne, at mere end 50 % af opvarmningsbehovet fortsat dækkes af fjernvarme. Brændselssammensætningen i fjernvarmen består af affald og biogas, som samlet dækker mere end 2/3 af behovet, samt biomasse og store varmepumper.

Varmeplan Danmark

I Varmeplan Danmark, som blev udarbejdet af Rambøll m.fl. for Dansk Fjernvarme i 2010, er opstillet to udviklingsscenarier frem til 2050 – et scenarie for "hurtig udvikling" og et scenarie for "moderat udvikling".

For de to scenarier er det antaget, at fjernvarmens udbredelse vil øges fra det nuværende niveau til ca. 70 % i 2050 - i forskellige tempi i de to scenarier. Udviklingen er fremskrevet på basis af en statistisk analyse af perioden 1980-2010 og dækker perioden frem til 2050 opdelt i 5 års intervaller.

I scenariet for hurtig udvikling består brændselssammensætningen i fjernvarmen i 2026 af affald og biomasse som de dominerende energikilder suppleret med store varmepumper, naturgas og andre fossile brændsler samt solvarme og biogas. Frem til 2050 stiger andelen af især store varmepumper og solvarme, mens andelen af fossile brændsler, biomasse og biogas falder. Affaldsbehandlingen stiger fra 2025 til 2050.

Klimakommissionen

Klimakommissionen, som var nedsat af den daværende regering, udkom med sin rapport i 2010, som bygger på en lang række faglige analyser af et fremtidigt energisystem uden fossile brændsler.

I rapporten er opstillet en reference og et fremtidsbillede, og i fremtidsbilledet for 2050 er det antaget, at fjernvarmedækningen øges fra 47 % i dag til 57 %.

Fjernvarmen kommer i fremtidsbilledet for 2050 som overskudsvarme fra biogas, - affalds- og biomassefyrede kraftvarmeværker samt fra store varmepumper, solvarme, geotermi. I de decentrale områder forsynes fjernvarmen primært fra biogas, varmepumper og i sommerhalvåret i et vist omfang fra sol, mens fjernvarmen i de centrale kraftvarmeområder leveres fra biokraftvarme, affald og varmepumper. Desuden anvendes geotermi i en del fjernvarmeområder, hvor resursen er til stede.

1.2 Sammenfatning af studier

Hovedresultaterne i de tre studier er sammenfattet i tabellen nedenfor.

	Fjernvarmens fremtid (grund)	Varmeplan Danmark (hurtig udvikling)	Klimakommissionen (fremtidsforløb)
Fjernvarmeudbredelse (energi) - 2025	57 %	Ca. 60 %	
Fjernvarmeudbredelse (energi) - 2050	Over 50 %	63-70 %	57 %
Fjernvarmeproduktion til opvarmning 2025	120 PJ	126 PJ	125 PJ
Fjernvarmeproduktion til opvarmning 2050	72 PJ	115 PJ	100 PJ

Tabel 1: Opsamling på resultater for forbrugets udvikling fra de tre studier.

Individuel opvarmning udskiftes med varmepumper i alle studier.

Som det ses, er der stor overensstemmelse mellem analysernes antagelser om fjernvarmeforsynings dækningsgrad og størrelse i 2025. Der antages en fjernvarmedækning på 57 – 60 % og en samlet fjernvarmeproduktion til opvarmning på 120 - 126 PJ. Dog er der betydelig forskel mellem Varmeplan Danmarks fremskrivninger af brændselssammensætningen og modelberegningerne i Effektiv fjernvarme. I Varmeplan Danmark spiller biogas ingen rolle i fjernvarmeforsyningen i 2050 (og kun en begrænset rolle i perioden omkring 2020-30), mens Effektiv Fjernvarme kommer frem til en betydelig biogasandel (større end biomasse) i 2050.

Dette skyldes antagelig, at biogas i Varmeplan Danmark kun udnyttes til fjernvarme i perioder med høje elpriser i 2020-2030, og at biogassen i stedet opgraderes og anvendes i biogasnet til forsyning af andre sektorer som industri, kogekunder, trafik mv. I de andre analyser slår dette skift først i gennem 2040.

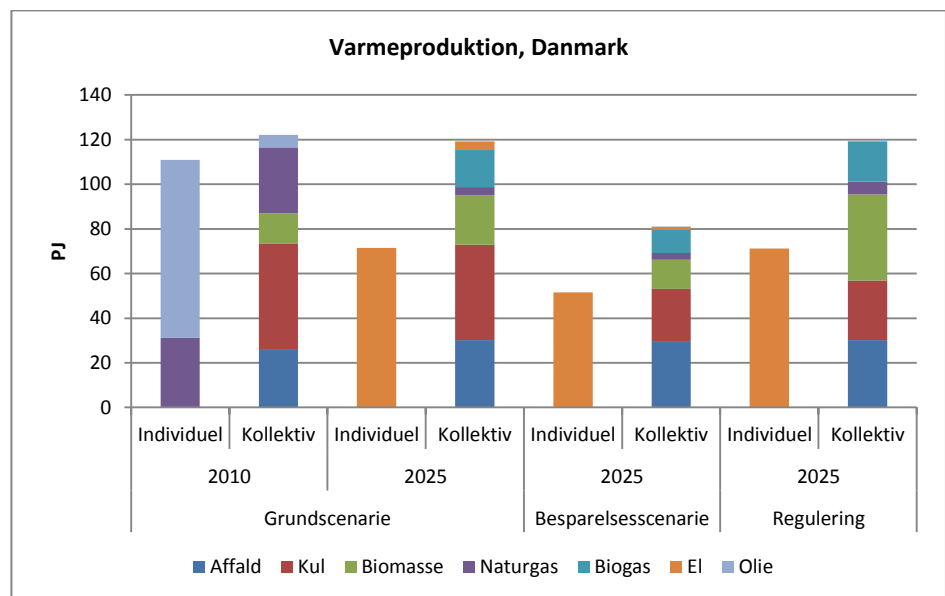
For 2050 er der en vis forskel i fjernvarmedækningen, hvor Varmeplan Danmark antager en dækningsgrad på 63-70 %, mens dækningsgraden er mindre i "Effektiv Fjernvarme" og i Klimakommissionens fremtidsforløb. Der er således regnet med en betydeligt større udbygning i Varmeplan Danmark, men det har været vanskeligt at vurdere den præcise årsag hertil ud fra Varmeplan Danmarks materiale. Umiddelbart ser det dog ud til at hænge sammen med, at der ikke i Varmeplan Danmark er lavet en detaljeret økonomiske optimering af udbygningen, men at man i stedet har indregnet det samlede potentiale i det benyttede varmeetlas.

2 Effektiv fjernvarme i fremtidens energisystem

I projektet er der videreudviklet og anvendt en lineær optimeringsmodel til at analysere samspillet mellem fjernvarmeforsyning på den ene side, og energibesparelser, CO₂ målsætninger, vindkraft og det internationale elmarked på den anden side. Endvidere er der gennemført mere driftsnære case-analyser af fjernvarmesystemerne i henholdsvis Ringkøbing og Hovedstadsområdet, baseret på data fra fjernvarmeselskaberne. Endelig er der på de mange møder med referencegruppen drøftet og analyseret en lang række udfordringer for fjernvarmen på lang sigt, herunder behovet for udviklings- og demonstrationsprojekter.

2.1 Landsscenerier 2025

Et hovedelement i 2025 analysen har været at lade modellen gennemføre økonomisk set optimale investeringer i varmeproduktionsteknologier og i fjernvarmenet under forskellige rammer og forudsætninger om ressourcer, teknologier, udfasning af eksisterende anlæg samt målsætninger om VE. Det antages, at CO₂ reguleres internationalt gennem en CO₂-kvotepris. Regeringens oplæg til den danske VE målsætning på 30 % VE i 2025, er tolket sådan, at knap 50 % af el- og varmeforsyningen i Danmark skal være VE- baseret. Der er indlagt lignende målsætninger for de andre lande som indgår i modellen skaleret i forhold til målene i EU's klimapakke.



Figur 1: Varmeproduktionen i 2010, samt i 2025 i de tre scenarier. Grafen viser produktion og inkluderer dermed tabet i fjernvarmeforsyningen.

Figur 1 viser den samlede varmeproduktion i Danmark i 2010 og i tre scenarier i 2025. Grundscenariet og besparelsscenarioet er beregnet uden tilskud og afgifter. I reguleringsscenarioet er der indlagt tilskud og afgifter i henhold til gældende lovgivning, opdateret efter vedtagelsen af L207 i maj 2009.

I Grundscenariet antages det, at det samlede varmebehov er reduceret med 20 %, og i det meget markante Besparelsscenario, antages varmebehovet at være reduceret med 45 %.

I udgangspunktet (2010) forsynes knap 47 % af varmebehovet med fjernvarme. Dette stiger til ca. 57 % i 2025 i Grund- og Reguleringsscenerierne, og til ca. 55 % i Besparelsscenarioet. I alle modellens fjernvarmeområder vælger modellen at udnytte en del af udvidelsespotentialiet. En stigende del af varmebehovet forsynes med fjernvarme i alle tre scenarier. En del af årsagen hertil er, at affaldsmængderne til forbrænding stiger, samtidig med at varmeforbruget reduceres. Der skal altså flere forbrugere til at udnytte affaldsvarmen. Hertil kommer, at modellen vælger at udnytte en væsentlig del af det danske biogaspotential som grundlast i mange af de fjernvarmeområder, som i dag forsynes med naturgas.

På det individuelle område vælger modellen at udskifte alle varmeproduktionsteknologier med varmepumper. I Reguleringsscenarioet er individuelle pillefyr dog tæt ved at blive rentable på grund af elafgiften.

På det kollektive område er brændselssammensætningen til varmeproduktion i de tre scenarier er meget forskellig: I Grundscenariet udfases naturgas og olie stort set og erstattes af biogas samt mere biomasse og affald. Biogas slår igennem i alle tre scenarier. I Besparelsscenarioet og Reguleringsscenarioet reduceres kulanvendelsen, og kul anvendes kun på eksisterende kraftvarmeværker.

På elsiden vælger modellen at udnytte hele potentialt på 3000 MW landvind, drevet af CO₂ kvoteprisen og VE målsætningen. I reguleringsscenarioet udnyttes endvidere 2000 MW havvind. Danmark har en betydelig eksport i reguleringsscenarioet.

Sammenlignet med reguleringsscenarioet, er grundscenariet i princippet en samfundsøkonomisk optimal måde at nå målsætningerne om VE. Reguleringsscenarioets øgede anvendelse af vind og biomasse baseret på afgiftsfritagelse og tilskud i gældende lovgivning, medfører dermed i økonomisk snæver forstand en urentabel CO₂ reduktion, med de forudsætninger som er anvendt.

2.2 Perspektivscenarie 2050

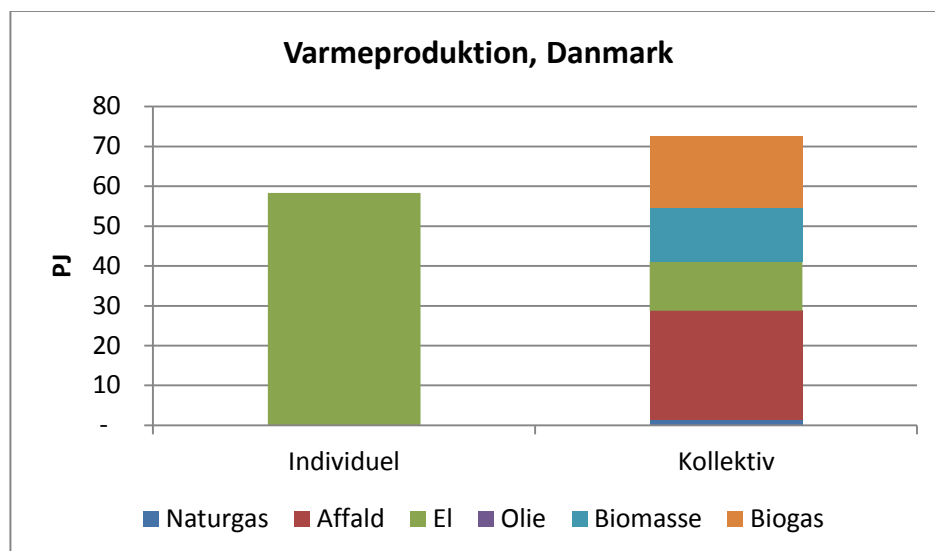
Perspektivscenariet er opstillet med samme forudsætninger som besparelsscenarioet i 2025, bortset fra at VE målsætningen nu er udskiftet med en fælles målsætning om markant CO₂ reduktion i alle de lande der indgår i modellen. Endvidere er alle el- og varmeproduktionsteknologier skrottet, kun netinfrastruktur på el- og varmesiden er tilbage. Endelig er det antaget, at elforbindelserne mellem de forskellige områder er udbygget med 50 %, samt at vandkraften effektmæssigt er udbygget tilsvarende. Sådant en udvikling anses som mulig over de kommende 40 år for at øge muligheden for indpasning af vindkraft. Økonomien i denne infrastrukturudvidelse er ikke vurderet.

TWh/år	Danmark	Finland	Tyskland	Norge	Sverige	Total
Biogas	4	2	18		2	26
Naturgas	0	0	126			127
Atomkraft		40				40
Biomasse og affald	10	18	300		34	462
Vand		19	16	173	97	305
Vind	43		161	19	21	244
Total	57	79	621	192	154	1,103

Tabel 2: Elproduktion i Perspektivscenariet, baseret på modellens investeringsvalg under angivne begrænsninger, samt krav om 90 % reduktion af CO₂ emissionen fra el- og varmesektoren.

Tabel 1 viser elproduktion i perspektivscenariet. Elforbruget i Danmark stiger til 45 TWh, bl.a. på grund af øget elforbrug til opvarmning, især ved individuelle og kollektive varmepumper. 12 TWh eksporteres i normalår til Tyskland og Sverige. Modellen har generelt ikke fået mulighed for at investere i A-kraft og CCS teknologi. Dog er A-kraft beregningsmæssigt tilladt i Finland. Landenes nationale biomasse og biogasressourcer udnyttes fuldt ud, og træpiller importeres i betydeligt omfang.

CO₂ prisen stiger til ca. 900 kr./ton på grund af scenariets CO₂-mål kombineret med udfasningen af svensk og tysk atomkraft. Dette medvirker til at der udbygges massivt med vindkraft. Rammer og ressourcer i udlandet er ikke opgjort i samme detalje som i Danmark. Det er f.eks. sandsynligt, at det store naturgasforbrug i Tyskland ville kunne erstattes med forskellige typer af VE i 2050.



Figur 2. Varmeproduktion i Perspektivscenariet

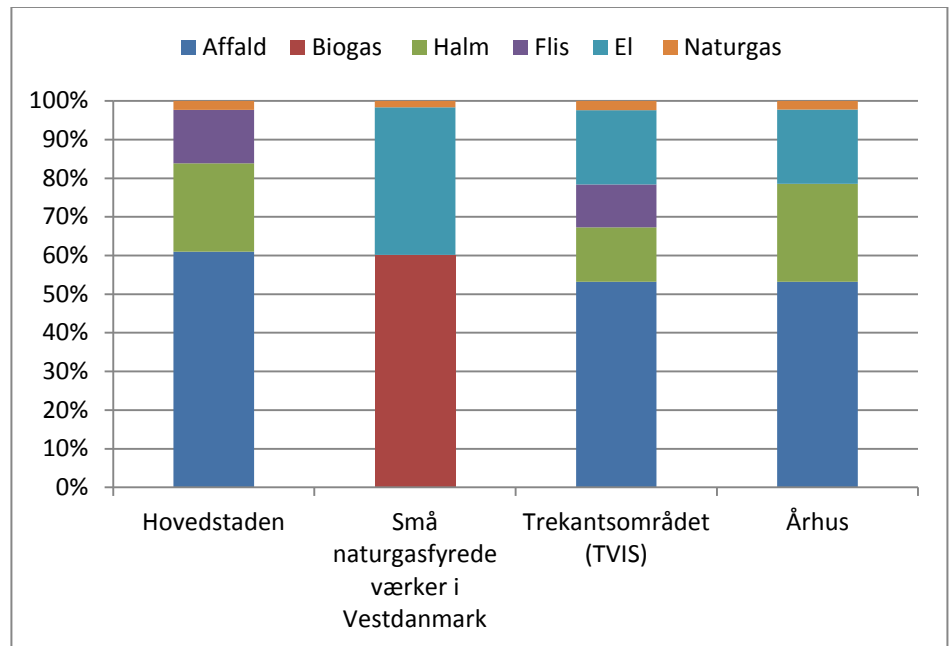
I Perspektivscenariet 2050 dækkes mere end 50 % af opvarmningsbehovet fortsat af fjernvarme, på trods af at modellen i modsætning til 2025 scenariet nu har mulighed for at "nedlægge" fjernvarmeområder, hvis individuel forsyning er mere rentabel. Sammenlignet med Besparelsscenarioet i 2025, dækker fjernvarmen dog ca. 10 % mindre. Det er især kul, der er reduceret mens forsyning med kollektive varmepumper (el) er øget.

Det er fortrinsvis biogas- og affaldsbaseret kraftvarme samt store varmepumper i allerede etablerede fjernvarmesystemer, der kan konkurrere med individuel opvarmning. Biogaspotentialet udnyttes fuldt ud, eftersom biogas beregningsmæssigt "opsuger" CO₂ på grund af det mindre metanudslip.

Varmepumper udkonkurrerer alle andre muligheder på det individuelle område. Den store mængde vindkraft påvirker elprisen i mange timer, og derfor bliver varmepumper rentable både individuelt og til fjernvarme. Også elpatroner indgår i mindre omfang.

Perspektivscenariet viser, at hovedkonklusionen fra 2025 scenariet om at fjernvarmeforsyning i Danmark er en samfundsøkonomisk effektiv varmeforsyning, også på lang sigt med betydelige varmebesparelser og store mængder vindkraft, er en robust konklusion.

I nedenstående figur ses brændselsanvendelsen i udvalgte områder. Det ses, at modellen vælger at lade biogas udgøre en væsentlig del af forsyningen i mindre byer som i dag er naturgasforsynede.



Figur 3: Brændselsfordeling til varmeproduktion i udvalgte områder.

3 Varmeplan Danmark

Varmeplan Danmark 2010 Hovedrapporten er udarbejdet af Rambøll og Aalborg Universitet (Rambøll og Aalborg Universitet, 2010). Arbejdet er en videreudbygning af den første Varmeplan Danmark rapport, som blev udgivet i 2008. Studiet laver en analyse af statistik fra 1980 og frem til 2010, og laver bl.a. derudfra en fremskrivning frem til 2050 med intervaller af 5 år.

Varmeplan Danmark 2008 og 2010 omfatter en detaljeret kortlægning af udvidelsesmulighederne for fjernvarmen baseret på BBR-registret og Geografiske Informations Systemer (GIS). Kortlægningen omfatter identifikation af længder og omkostninger til fjernvarmenet ud til hver enkelt potentiel tilslutning. Der er regnet på at udvide fjernvarmedækningen fra de nuværende 46 % af det eksisterende (2008) varmebehov til hhv.:

- 53 % (gennem øget tilkobling i eksisterende fjernvarmeområder),
- 63 % (gennem yderligere tilkobling af nabo-områder primært forsynet med naturgas) og
- 70 % (gennem yderligere tilkobling af naturgasområder op til 1 km fra eksisterende fjernvarmeområder).

I fremskrivningen er det antaget, at med de rette incitamenter vil andelen af varmebehovet fra fjernvarme stige fra 50 % til 70 % frem til 2050. Dette svarer til at udnytte det nuværende potentiale i byområderne. Landområderne, som står for de resterende 30 % af varmemarkedet, vil primært blive opvarmet af individuelle varmepumper, hvor halvdelen bliver suppleret med brændeovne, solfangere eller træpillekedel fordelt således:

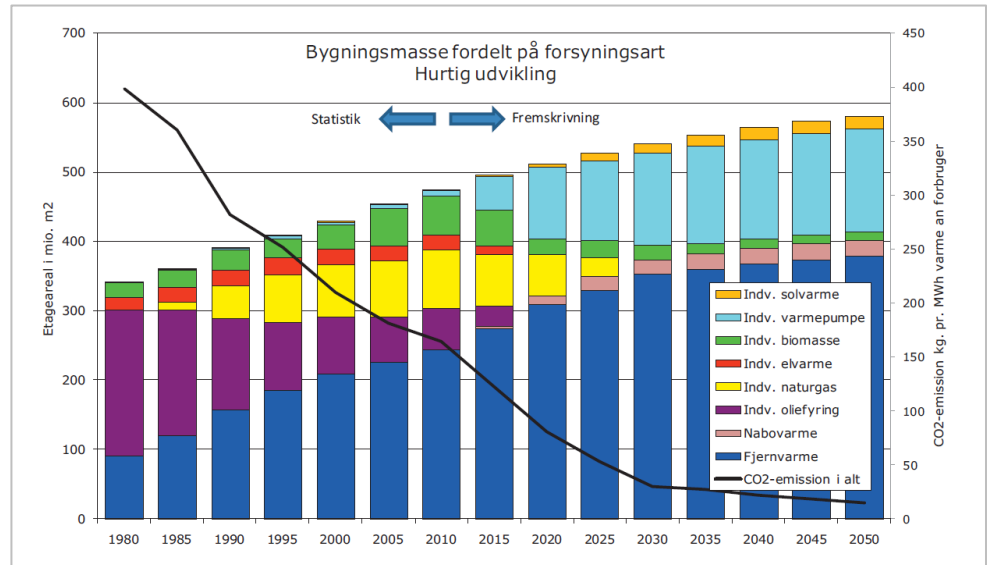
- 5 % til luft/luft varmepumpe (sommerhuse mv.) suppleret med brændeovne
- 5 % til luft/vand varmepumpe
- 10 % til vand/vand varmepumpe
- 5 % vand/vand varmepumpe kombineret med solvarme og stort lager
- 5 % vand/vand varmepumpe kombineret med solvarme, lager og træpillekedel til reserveforsyning i perioder i lange kolde perioder med høje elpriser

I rapporten har de to udviklingsscenarier for at nå frem til dette mål i 2050. Et Hurtigt Udvikling scenarie og et Moderat Udvikling scenarie:

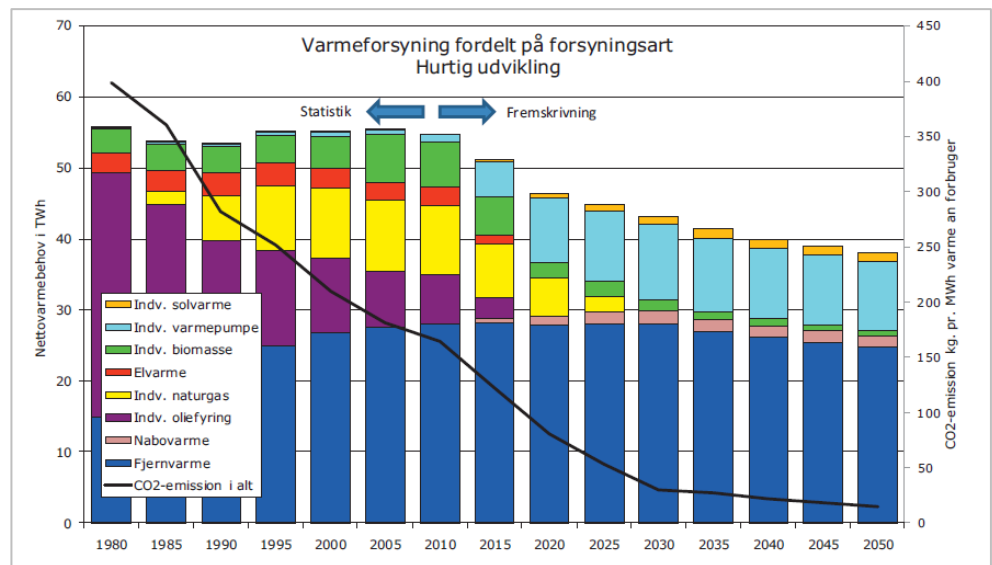
- I **Hurtig Udviklings** sceneriet udfases naturgassen inden 2030, og varmebesparelser fortsætter med en faldende tendens mod 2050, således at rumvarmebehovet i 2050 kun er 50 % af behovet i 2010.

- I **Moderat Udviklings** scenariet forudsættes, at naturgassen udfases i et langsommere tempo, idet der kun udbygges med fjernvarme og varmepumper til hhv. 60 % og 20 % i 2020, ligesom det antages, at slutniveauet for rumvarmebehov i perioden 2030-2050 ligger 25 % lavere end 2010 niveauet.

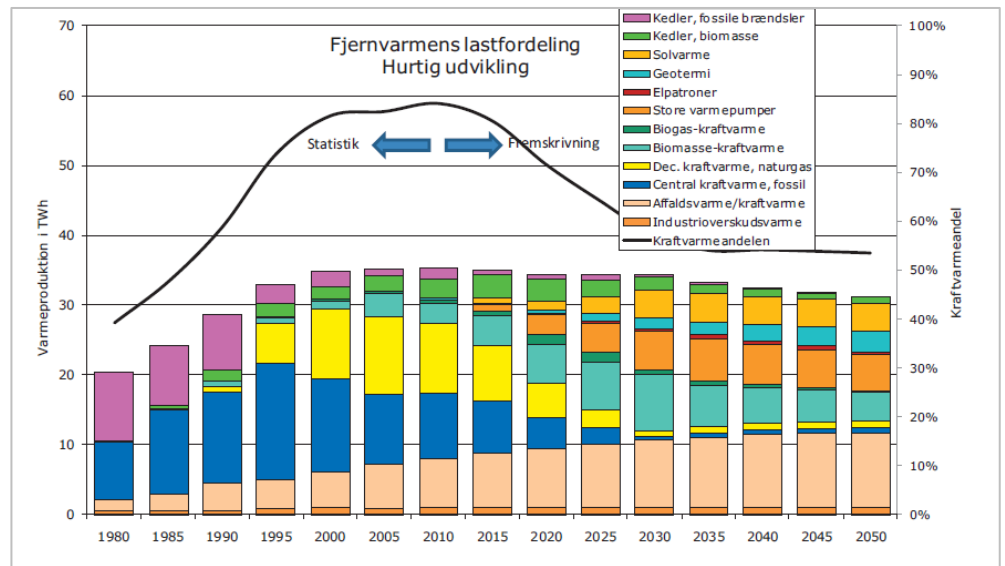
3.1 Hurtig Udvikling scenariet



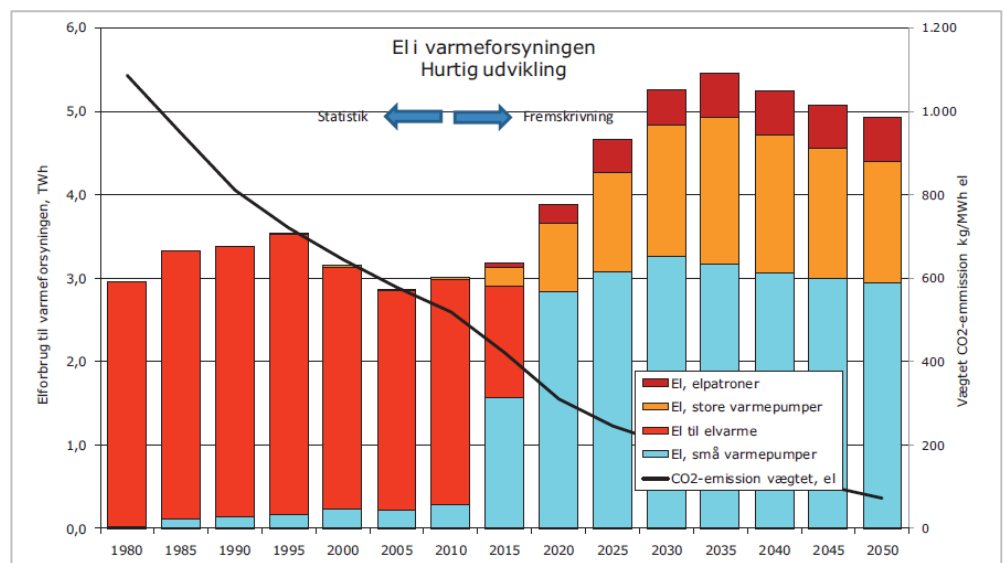
Figur 1: Bygningsmassen (mio. m²) fordelt på opvarmningsformer ved Hurtig Udvikling scenariet. Nabovarme er hvor 2 eller flere ejendomme går sammen om at etablere et fælles anlæg. Fra 2030 er alt fossilt brændstofs brugt til varme udfaset. Kilde: (Rambøll og Aalborg Universitet, 2010)



Figur 2: Varmeforsyning (TWh) fordelt på forsyningsart. Det samlede nettovarmebehov ender i 2050 på omkring 38 TWh. Kilde: (Rambøll og Aalborg Universitet, 2010).



Figur 3: Fjernvarmens lastfordeling inkl. nettab. Andelen fra kræftvarmeværker er faldende, hvorimod andelen fra store solvarmeanlæg, geotermiske anlæg og store varmepumpeanlæg er stigende. Kilde: (Rambøll og Aalborg Universitet, 2010).



Figur 4: Elforbrug til husopvarmning. Fra 2020 er alt direkte elektrisk opvarmning udfaset. Mængden af små og store varmepumper stiger til gengæld meget sammen med det samlede forbrug frem til 2035. Kilde: (Rambøll og Aalborg Universitet, 2010).

Fase 1, eksempler på de første satsningsområder i perioden 2010-2020.

- Spare i gennemsnit 25 % på rumvarmen, svarende til ca. 20 % på net-tovarmebehovet.
- Sænke returtemperaturen i gennemsnit til 40 grader.
- Udbygge med 100 % fjernvarme eller blokvarme til al ny bebyggelse i byerne.
- Udbygge med fjernvarme og nabovarme i små bysamfund til hhv. 65 % og 5 %, således at fjernvarme og nabovarme i alt når op på 70 %.

- Udbygge med individuelle varmepumper op til 25 %.
- Bevare 5 % individuel naturgas.
- Elvarme og olie udfases helt til individuel opvarmning i 2020.
- Benytte biogasmotorer til fjernvarme.
- Udbygge med biomasse til fjernvarme, der stimulerer biomasseproduktionen.
- Udbygge med 4 mio.m² solvarme til fjernvarme.
- Udbygge med elkedler og varmepumper til fjernvarme som supplement til decentral kraftvarme på naturgas som bevares til regulering i elsystemet.
- Udnytte kraftvarmepotentialet fra de resterende kul- og gasfyrede kraftvarmeværker
- Udnytte industriel overskudsvarme.
- Udnytte kraftvarmen fra nye biomassefyrede kraftvarmeværker, så de termiske tab ved køling minimeres hvorved virkningsgraden øges fra ca. 40 % til ca. 90 % på årsbasis.
- Udnytte energien i røggassen fra de biomassefyrede kraftvarmeværker ved røggaskondensering, så virkningsgraden øges yderligere fra ca. 90 % til ca. 105 %.
- Begynde at udbygge med geotermi til større anlæg.

Fase 2, eksempler til at konsolidere og udvikle i perioden 2020-2030.

- Spare yderligere ca. 1 % p.a. på rumvarmen i takt med totalrenovering af boligmassen, således at rumvarmebesparelsen når op på 35 %.
- Sænke returtemperaturen yderligere til ca. 35 grader.
- Naturgassen udfases helt, så individuelle varmepumper når op på 30 %.
- Sammenkoble individuelle varmepumper til nabovarme, hvor det er fordelagtigt.
- Udbygge med varmepumper og individuel solvarme op til 2 mio.m², suppleret med træpillekedler til større forbrugere med afbrydelige varmepumper i landområder.
- Udnytte biogaskraftvarme til fjernvarme i perioder med høje elpriser, idet biogas sammen med naturgas indgår i biogasnet til forsyning af industri, kokekunder, trafik mv.
- Udbygge med sæsonvarmelagre, der opsamler overskudsvarme om sommeren til brug om efteråret.
- Udbygge solvarme til fjernvarme yderligere til i alt 8 mio.m² fordelt på mere end 300 anlæg. Disse anlæg vil i alt fylde et areal svarende til 4x5 km² (eller en halv promille af Danmarks areal), og de vil kunne producere 10 % af fjernvarmen.
- Udbygge med geotermi i kombination med varmepumper og biomasse.

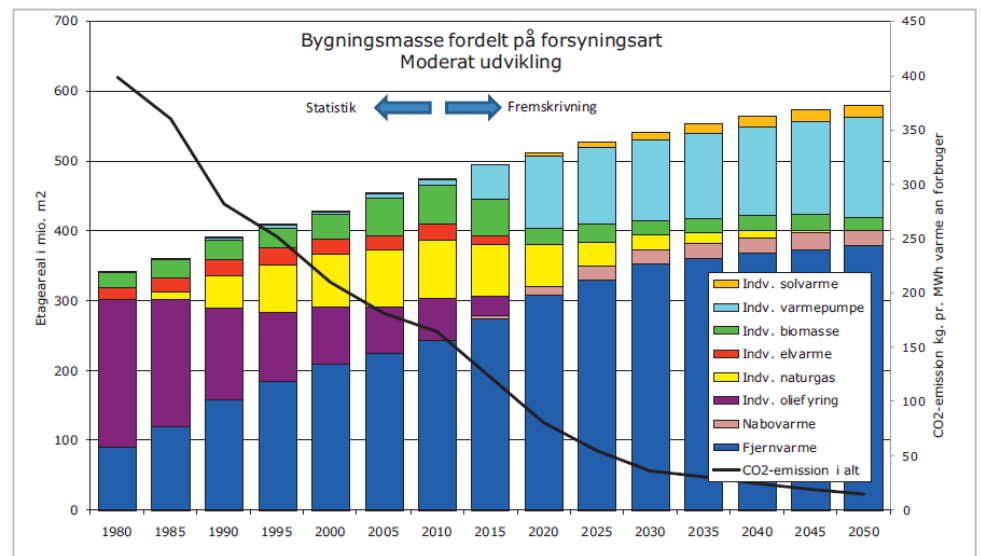
Fase 3, eksempler til at fortsætte med at effektivisere i perioden 2030-2050.

- Varmebesparelser fortsætter med at overstige tab af tilskudsvarme pga. elbesparelser, således, at det samlede varmebehov i 2050 når ned på 50 % af 2010 niveauet. Det svarer til ca. 60 % af nettovarme-

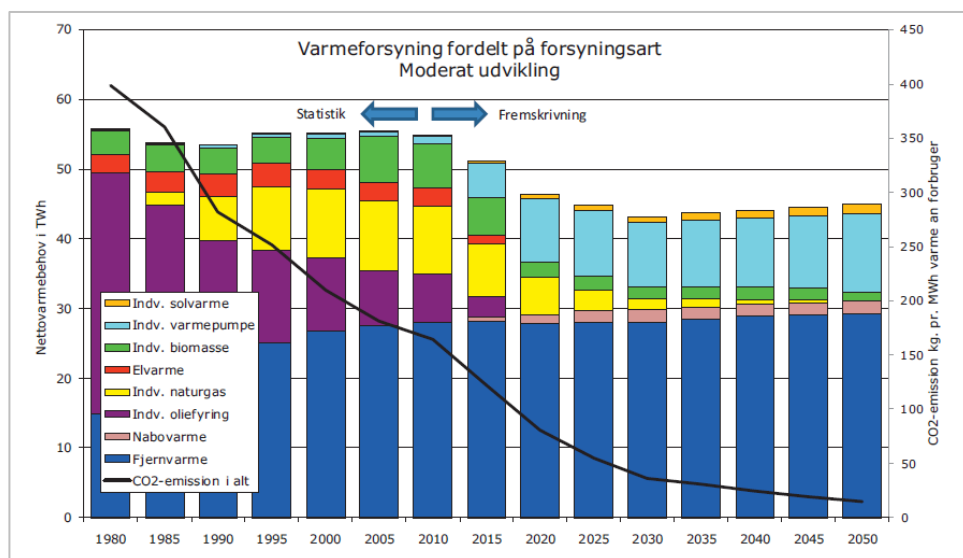
behovet, og sker primært som følge af totalrenoveringer og udskiftninger af gamle bygninger.

- Udfase biomasse som grundlast i fjernvarmeproduktionen (i takt med, at biomassen efterspørges), ved at supplere med flere varmepumper, elkedler, solvarmeanlæg, geotermianlæg og sæsonlagre således, at biomassekedler kun udnyttes til reservekapacitet og spidslast.
- Udnytte affald, som ikke kan genbruges, til affaldsfyret kraftvarme med røggaskondensering og som drivmiddel for geotermisk varme.

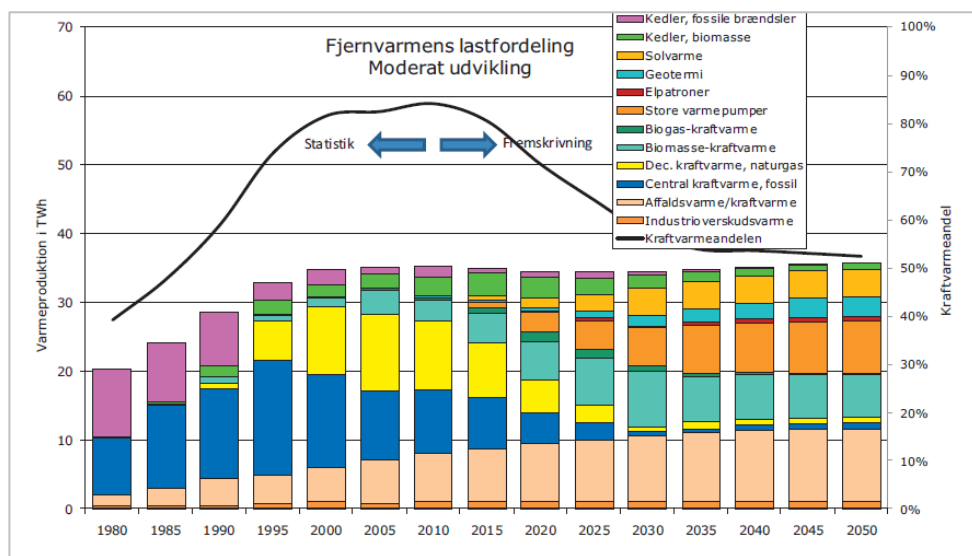
3.2 Moderat Udviklings scenarie



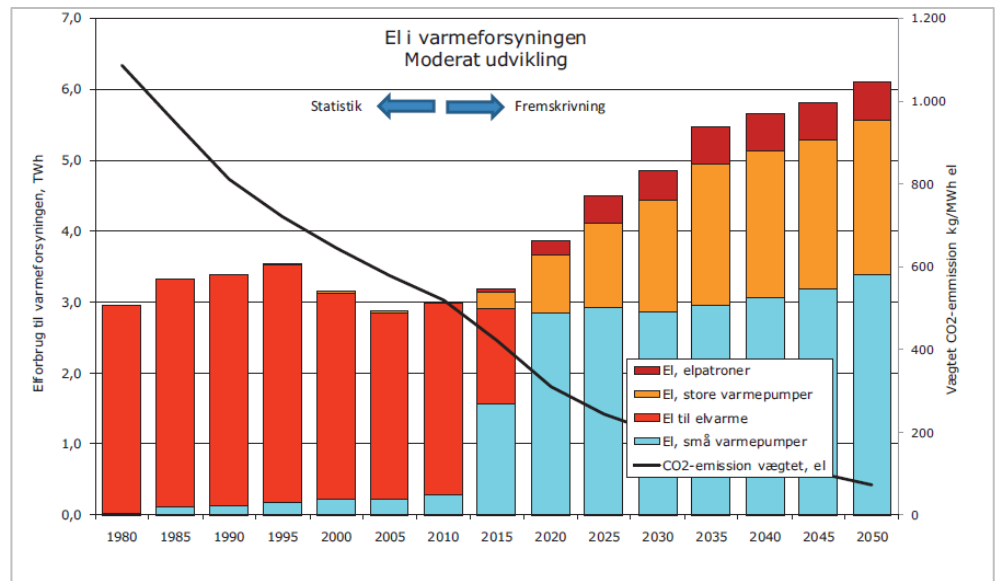
Figur 5: Bygningsmassen (mio. m²) fordelt på opvarmningsformer ved Hurtig Udvikling scenariet. Naturgas udfases langsomt fra til 2050. Kilde: (Rambøll og Aalborg Universitet, 2010)



Figur 6: Varmeforsyning (TWh) fordelt på forsyningsart. Det samlede nettovarmebehov ender i 2050 på omkring 45 TWh, hvilket er 7 TWh højere end Hurtig Udviklings scenariet. Kilde: (Rambøll og Aalborg Universitet, 2010).



Figur 7: Fjernvarmens lastfordeling inkl. nettab. Det samlede fjernvarmebehov er til forskel fra før let stigende, men andelen af kraftvarmeværker er stadig faldende. Kilde: (Rambøll og Aalborg Universitet, 2010).



Figur 8: Elforbrug til husopvarmning. Varmebehovet stiger støt helt frem til 2050 (OBS: vær opmærksom på at skalaen er andelede i forhold til Figur 4). Fra 2020 er alt direkte elektrisk opvarmning udfaset ligesom i det andet scenarie. Kilde: (Rambøll og Aalborg Universitet, 2010).

Fase 1, eksempler på de første satsningsområder i perioden 2010-2020.

- Udbygge med fjernvarme til større bygninger i alt fra 50% op til ca. 60% af markedet, hvor der er god samfundsøkonomi.
- Udbygge med varmepumper i landområder op til 20% af markedet
- Bevare individuel naturgas i resten, idet naturgasområderne forberedes til at blive konverteret til fjernvarme eller varmepumper.

Fase 2, eksempler til at konsolidere og udvikle i perioden 2020-2030.

- Udbygge med fjernvarme og varmepumper, så der resterer 5% af markedet på naturgas.
- Rumvarmebehovet for eksisterende bebyggelse stabiliseres efter 2020 på et niveau 25% lavere end i 2010, svarende til, at nettovarmebehovet er 20% lavere i gennemsnit i forhold til 2010

Fase 3, eksempler til at fortsætte med at effektivisere i perioden 2030-2050.

- Individuel naturgas udfases helt inden 2050.
- Nettovarmebehovet er uændret 20% lavere end i 2010, idet mindsket tilskudsvarme fra et reduceret elforbrug, konvertering af fra el til varmt vand i husholdningerne, modsvarer de rumvarmebesparelser, der opnås ved løbende totalrenovering af den gamle boligmasse.

4 Klimakommissionen

Klimakommissionen kom i september 2010 med flere bud på udviklingen af det danske energisystem frem mod 2050. I dette notat gennemgås Klimakommissionens scenarier med fokus på fjernvarmens rolle heri.

4.1 Klimakommissionens scenarier og energisystemets udvikling

I Klimakommissionens rapport beskrives to gennemregnede forløb med hhv. ambitiøse (A) og uambitiøse (U) klimamålsætninger i omverdenen. Dette har betydning for udvikling af brændsels- og CO₂-priser og giver derfor forskellige teknologi- og brændselsvalg. I den første er biomasseanvendelsen i Danmark endvidere begrænset til egne ressourcer, mens der i det andet regnes med betydelig import af biomasse. Dertil kommer to referenceforløb, hvor Danmark ikke bliver fri for fossile brændsler.

Analyserne fokuserer på Danmark, men Klimakommissionen har også fået gennemregnet de danske scenarier som en del af det samlede, nordeuropæiske elsystem.

Overordnede tendenser for forløbene fremgår af tabellen nedenfor.

	Reference A	Fremtid A	Reference U	Fremtid U
Energieffektivisering	Fortsættelse af hidtidige indsats	Forstærket indsats	Fortsættelse af hidtidige indsats	Forstærket indsats
Elproduktion	Kulkraft med CCS og vindkraft	Storskala vindkraft, biomasse som supplement	Kulkraft og vindkraft	Biomasse og vindkraft
Varmeproduktion	Kraftvarme. Varmepumper	Kraftvarme. Varmepumper, solvarme og geotermi	Kraftvarme. Varmepumper	Varmepumper og kraftvarme.
Transport	Primært benzin og diesel	Hovedsagligt eldrift	Primært benzin og diesel	Biobrændstof og eldrift

Table 3: Hovedkarakteristika ved de 2 reference- og 2 fremtidsbilleder i Klimakommissionens rapport.

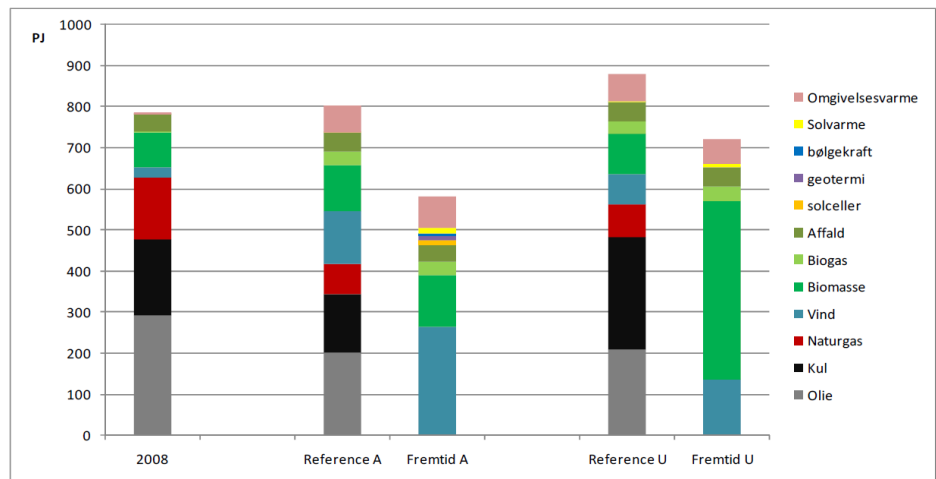
Klimakommissionen har gennemført analyser af udviklingen af energisystemets udvikling frem mod et system uden fossile brændsler i 2050. Overordnet set er der bl.a. følgende konklusioner:

- Energisystemet bliver i meget større grad baseret på el som energibærer. Dette gælder såvel transport (flere elbiler), procesenergi og opvarmning (varmepumper).
- Elsystemet baseres i stigende grad på vindkraft. Dette betyder, at der kommer betydeligt mere fluktuerende elpriser, hvilket stiller nye krav til fleksibilitet i kraftvarmeanlæg og i elforbruget (f.eks. i varmepumper).

For varmforsyningen er der følgende konklusioner:

- Det absolutte energiforbrug til opvarmning reduceres med 55-60 % i fremtidsbilledet for 2050 sammenholdt med en udvikling med fastholdt isoleringsniveau i forhold til i dag. Disse samlede besparelserprocenter dækker både over renovering af den eksisterende bygningsmasse samt effekten at nye effektive bygninger udgør en større og større del af bygningsmassen frem til 2050.
- Det er i fremtidsbilledet for 2050 antaget, at fjernvarmedækningen øges fra 47 % i dag til 57 %.
- Den resterende boligmasse – primært enfamiliehuse – forudsættes forsynet med eldrevne varmepumper samt i mindre grad solvarme og biomasse til brændeovne (bl.a. sanket brænde).
- Fjernvarmen kommer i fremtidsforløbet i 2050 som overskudsvarme fra biogas,- affalds- og biomassefyrede kraftvarmeværker samt fra eldrevne varmepumper, solvarme, geotermi. I de decentrale områder forsynes fjernvarmen primært fra biogas, varmepumper og i sommerhalvåret i et vist omfang fra sol, mens fjernvarmen i de centrale kraftvarmeområder leveres fra biokraftvarme, affald og varmepumper. Desuden anvendes geotermi i en del fjernvarmeområder, hvor resursen er til stede.

Nedenstående figur viser udviklingen og sammensætningen af bruttoenergiforbruget i 2008 og de 4 billeder af energisystemet i 2050. I de to referencebilleder spiller fossile brændsler stadigvæk en betydelig rolle i 2050, men der sker også en udbygning med vind, specielt i Reference A. I fremtidsforløbene sker der et markant skift af energisystemet, primært til vind og biomasse.

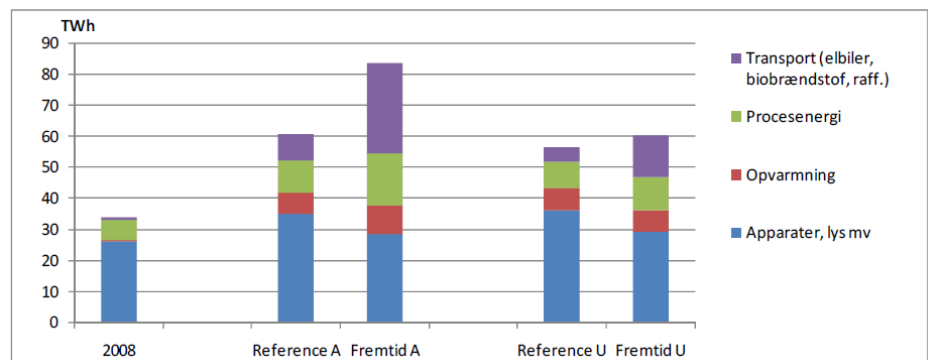


Figur 4: Bruttoenergiforbruget i 2008 og 2050.

4.2 Elsystemets udvikling

Betydelig omstilling af forbruget til el

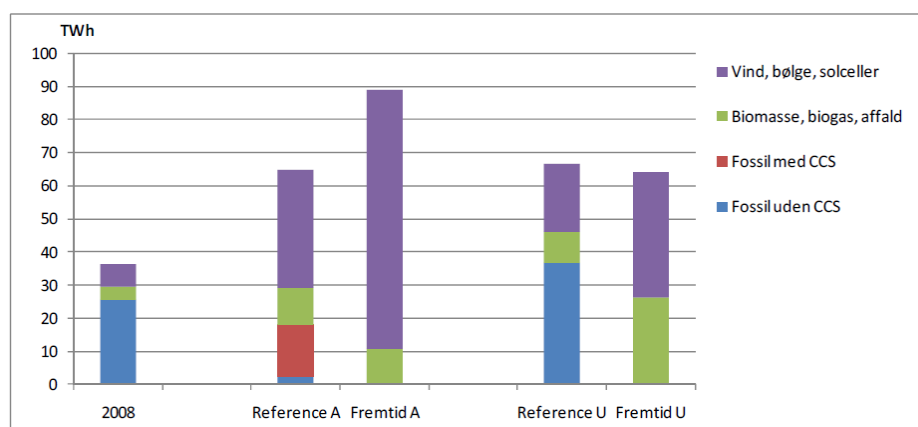
I Klimakommissionens fremtidsforløb sker der en betydelig omlægning af energiforbruget til el fra brændsel. Det fremgår, at der i alle forløbene således sker en betydelig stigning i elforbruget. Figuren nedenfor viser elforbruget i fremtidsforløbene.



Figur 5: Elforbrug fordelt på anvendelsesområder, ekskl. nettab i 2008 og 2050.

Elproduktionen baseres i stigende grad på vind

Nedenstående figur viser elproduktionen i 2008 og i fremtidsforløbene. I alle forløbene sker en betydelig stigning i vindkraftproduktionen.



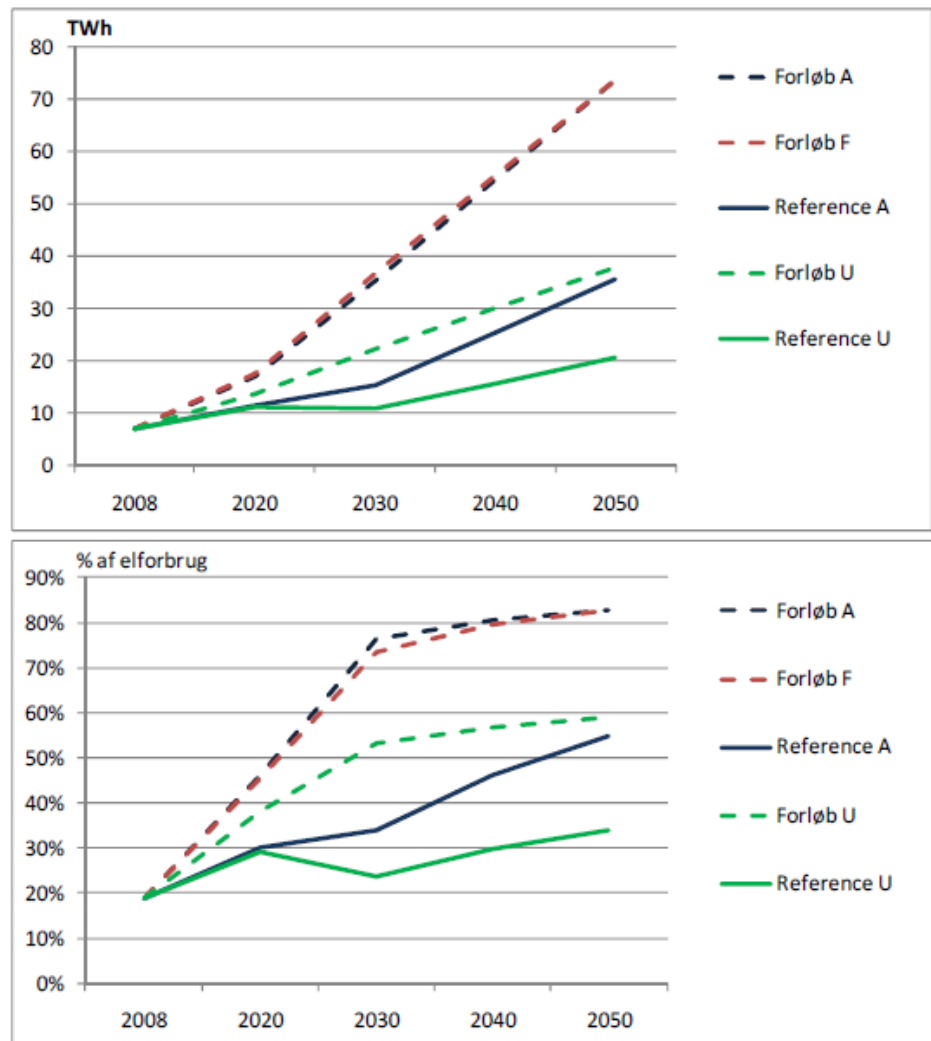
Figur 6: Elproduktion i reference- og fremtidsforløbene i 2050 sammenlignet med i dag.

Tabellen nedenfor angiver vindkraftkapaciteten i 2008 og i forløbene i 2050.

Vindkraft i 2050	Reference A	Fremtid A	Reference U	Fremtid U
Produktion, TWh	36	74	21	38
Havvind (MW)	5.200	14.600	1.900	5.800
Landvind (MW)	4.000	4.000	4.000	4.000

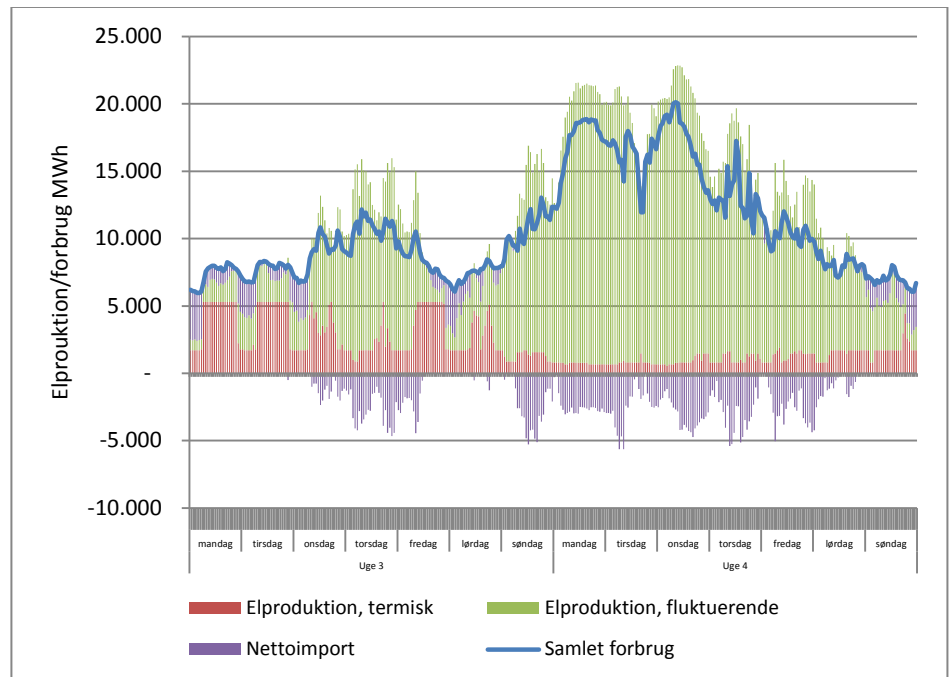
Tabel 4: Vindkraft i forløbene i 2050.

Udviklingen i udbygning med vindkraft fremgår af figuren nedenfor.



Figur 7: Vindkraft i forløbene i perioden til 2050.

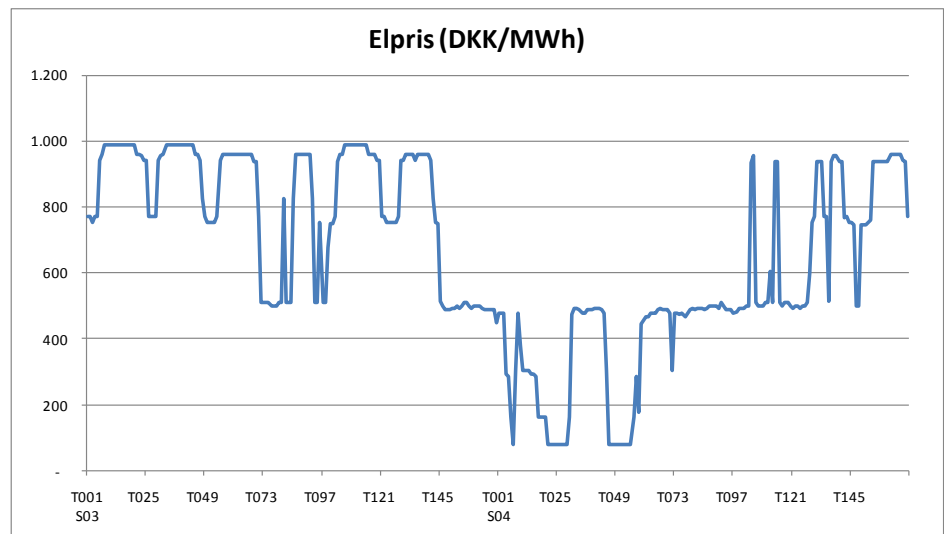
Figuren nedenfor illustrerer, hvordan de store mængder vind håndteres i elsystemet i detalje i det ambitiøse fremtidsbillede for 2050. Her er vist den samlede fluktuerende elproduktion i Danmark, det samlede elforbrug ("klassisk" elforbrug, el i industrien samt el til varmepumper og til transport), nettoimport over forbindelser mod udlandet samt termisk elproduktion i uge 3 og 4 i 2050.



Figur 8. Den samlede fluktuerende elproduktion i Danmark, det samlede elforbrug ("klassisk" elforbrug, el i industrien samt el til varmepumper og til transport), nettoimport over forbindelser mod udlandet samt termisk elproduktion i uge 3 og 4 i 2050.

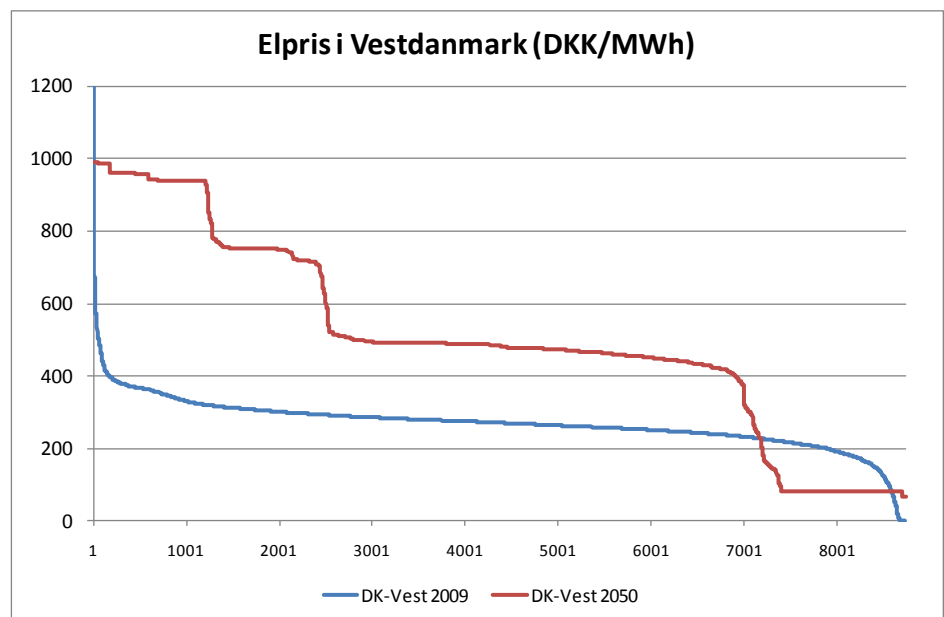
Alt i alt sker indpasningen af den fluktuerende danske elproduktion ved en fleksibel anvendelse af el til transport, i industrien og til opvarmning samt ved samspil med elsystemerne i landene omkring os. Det udnyttes, at der i Norge og Sverige er reguleringsmuligheder i vandkraftsystemerne, og derudover er der også et samspil med hurtigtregulerende kraftværksanlæg i de omgivende lande. Disse anlæg anvender primært naturgas.

En gros elprisen i Vestdanmark fremgår af figuren nedenfor i uge 3 og 4 i 2050 i det ambitiøse fremtidsbillede. Det ses, at prisen varierer betydeligt mere end i dagens elsystem og svinger mellem næsten 0 og 1.000 kr./MWh.



Figur 9. En gros elprisen i Vestdanmark i uge 3 og 4 i 2050.

I figuren nedenfor ses elpriserne i Vestdanmark sammenlignet med 2009.



Figur 10: Varighedskurve for elpriser beregnet med Balmorel for det ambitiøse fremtidsbillede i 2050 samt elpris i 2009 for Vestdanmark.

4.3 Varmeforsyning i det ambitiøse scenario

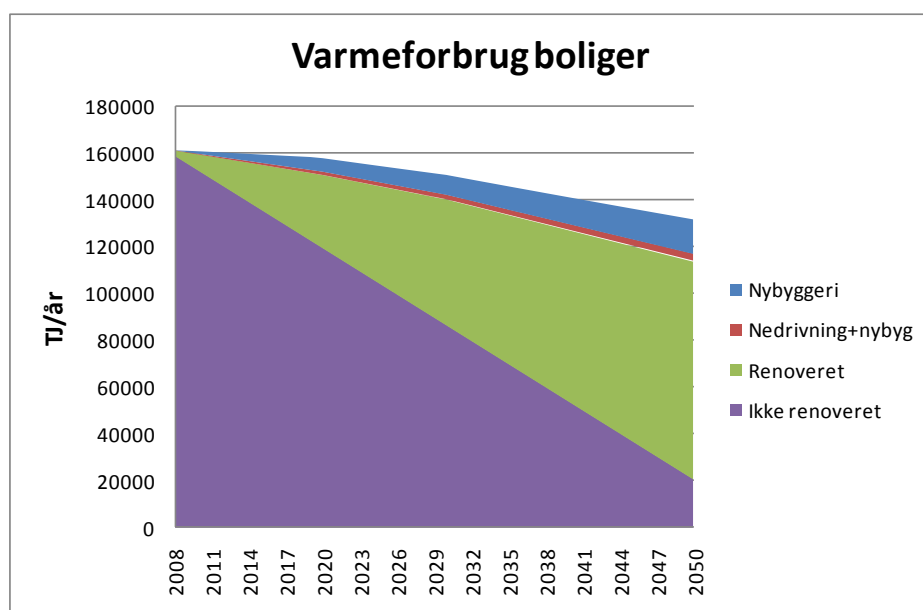
Der er i Klimakommissionens scenarier gennemført samme antagelser om varmeforbrugets udvikling under scenarierne med ambitiøs og uambitiøs klimaindsats i omverdenen. Endvidere har der efter udgivelsen af Klimakommissionens rapport været mest fokus på det ambitiøse forløb, så det er alene dette, der gennemgås her.

Varmebesparelser

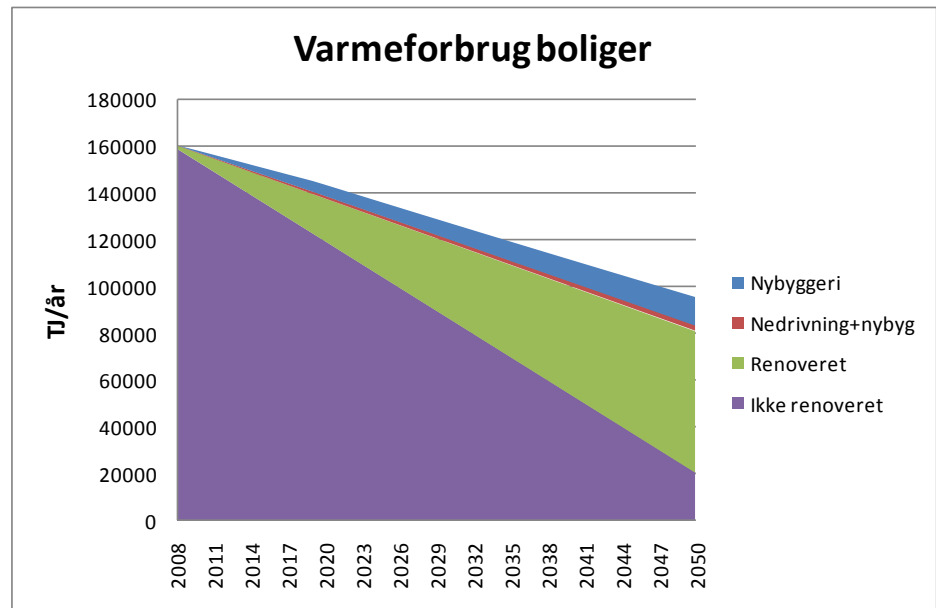
Det samlede endelige energiforbrug til opvarmning udgør i dag godt 200 PJ. I både reference- og fremtidsforløbet er der indregnet betydelige varmebesparelser over tid, dels via skærpede energikrav til nybyggeri dels via energirenovering af eksisterende byggeri.

Det absolutte energiforbrug til opvarmning reduceres med 40-45 % i referencen i 2050 sammenholdt med en udvikling med fastholdt isoleringsniveau i forhold til i dag og med 55-60 % i fremtidsbilledet for 2050. Disse samlede besparelserprocenter dækker både over renovering af den eksisterende bygningsmasse samt effekten at nye effektive bygninger udgør en større og større del af bygningsmassen frem til 2050.

Udviklingen i energiforbrug er herunder vist for boliger i hhv. referenceforløbet og fremtidsforløbet. Der antages samme udvikling i den øvrige bygningsmasse.



Figur 11: Udviklingen i varmekonsumet i boliger i referenceforløbet. Der er antaget en tilsvarende udvikling for øvrige opvarmede bygninger (fx kontorbyggeri).



Figur 12 Udviklingen i varmekonsumet i boliger i fremtidsforløbet. Der er antaget en tilsvarende udvikling for øvrige opvarmede bygninger (fx kontorbyggeri).

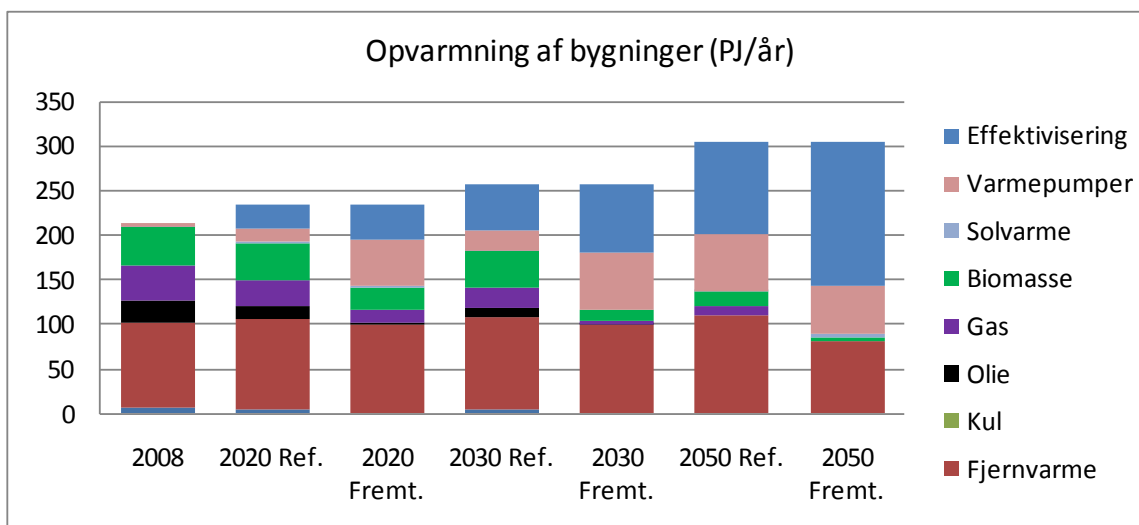
Energiforsyning til opvarmning

Opvarmningsbehovet i boliger og andre bygninger dækkes i dag med fjernvarme (45 pct.), individuel naturgas (18 pct.), olie (12 pct.) og biobrændsler (20 pct.) samt en mindre andel med varmepumper og direkte elvarme (5 pct.).

Langt hovedparten af fjernvarmen produceres i dag som kraftvarme i form af overskudsvarme fra større centrale kraftvarmeværker og affaldskraftvarmeværker samt fra decentrale naturgasfyrede kraftvarmeværker.

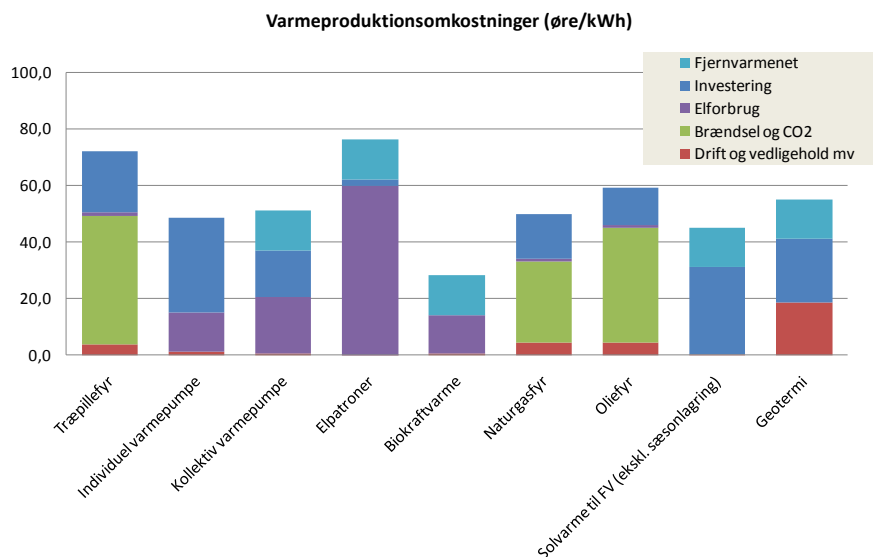
Flere forskningsprojekter har peget på, at det vil være privat- og samfundsøkonomisk attraktivt at udskifte udtjente olie og gasfyr til fjernvarme eller eldrevne varmepumper¹. Dette vil også gælde i referencen. Udskiftningstakten vil bl.a. afhænge af i hvor høj grad, forbrugeren reagerer på prissignalerne.

¹ EFP-forskningsprojektet "Effektiv fjernvarme i fremtidens energisystem" (Ea Energianalyse mf., 2009)¹ og i "Varmeplan Danmark" (Rambøll og Aalborg Universitet, 2008)



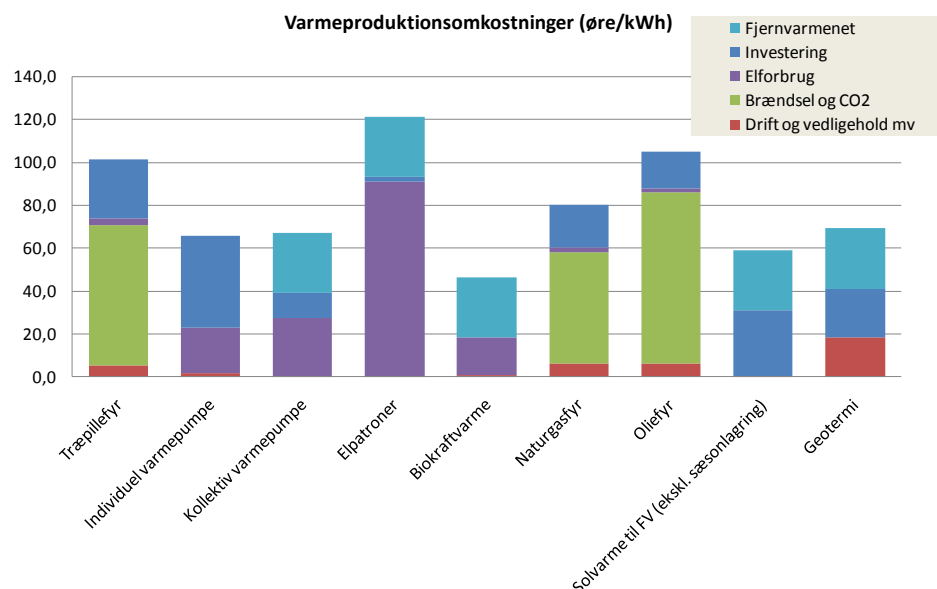
Figur 13: Opvarmning af bygninger fordelt på brændsler i dag, i 2020, 2030 og 2050 i hhv. reference og fremtidsforløb. Det gennemsnitlige (lysegrå) område illustrerer effekten af varmetabsmæssig forbedring af den eksisterende bygningsmasse samt nye effektive bygninger. For varmepumperne er varmeproduktionen angivet (ikke elinputtet som er 3,75 gange mindre).

Konkurrenceforholdet mellem de kollektive og individuelle varmeforsyningsløsninger er illustreret i figurene nedenfor for 2010 (i dag) og 2050 med moderat teknologiudvikling. Resultatet er i sagens natur følsomt overfor de anvendte brændsels- og energipriser.



Figur 14: Samfundsøkonomiske varmeproduktionsomkostninger for kollektive hhv. individuelle forsyningsløsninger i 2010 (5 % rente). Vedr. biokraftvarme: der er tale om overskudsvarme fra elproduktion. Elforbrugsudgiften repræsenterer værket's mistede elsalg, fordi det producerer kraftvarme i stedet for kun el (CV=0,2). Netomkostninger omfatter nye fjernvarmenet. Der er indregnet nettåb på 15 % for de kollektive varmesystemer samt en investeringsomkostning for fjernvarmenet på 600 kr./GJ leveret varme (gns. bolig i dag). Der indgår ikke afgifter i beregningen. Det er antaget at prisen på el til varmepumper og elpatroner er 50 øre/kWh (inkl. elnettarif

på 15 øre/kWh). Der er regnet med en virkningsgrad på 375 % for den individuelle varmepumpe (jord/vand) og 290 % for den kollektive varmepumpe. I geotermianlæggets drift og vedligeholdelsesomkostning indgår omkostninger til drivvarme, idet der er tale om absorptionsanlæg.



Figur 15: Samfundsøkonomiske varmeproduktionsomkostninger for kollektive hhv. individuelle forsyningsløsninger i 2050 (5 % rente) i villa med halveret energiforbrug. Det er forudsat, at prisen på el til varmepumper og elpatroner er 75 øre/kWh (inkl. elnettarif på 15 øre/kWh). Der er i 2050 regnet med en virkningsgrad på 325 % for den kollektive varmepumpe. I øvrigt samme kommentarer som til foregående figur.

På baggrund af ovenstående er det i fremtidsbilledet for 2050 er det antaget, at fjernvarmedækningen øges fra 47 % i dag til 57 %². Den resterende boligmasse – primært enfamiliehuse – forudsættes forsynet med eldrevne varmepumper samt i mindre grad solvarme og biomasse til brændeovne (bl.a. sanket brænde). I referencen antages fjernvarmedækningen øget til 53 % i 2050.

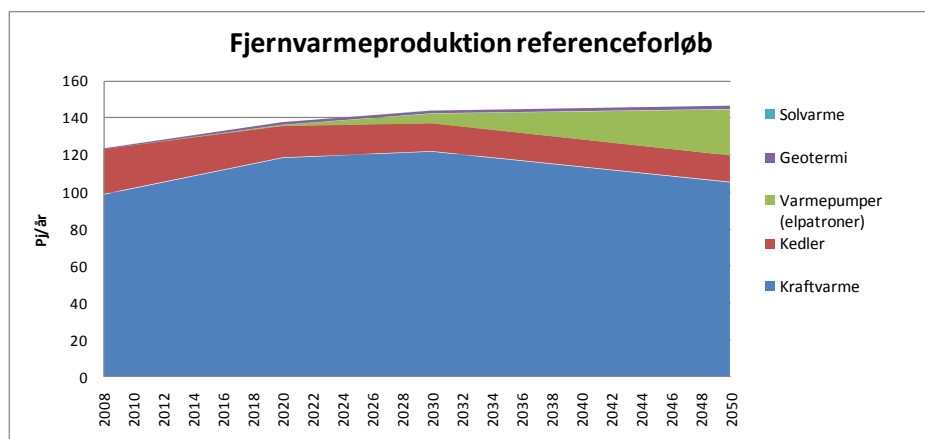
Der er desuden antaget en betydelig udbygning af varmelagrene i fjernvarmesystemet. Analyserne med modelværktøjet Balmorel peger således på, at det af hensyn til fleksibiliteten i energisystemet vil være attraktivt at udvide varmelagrene i fjernvarmesystemet fra ca. 8 timers forbrug i dag til 2 døgn eller mere i fremtidsforløbet i 2050.

Fjernvarmen kommer i fremtidsforløbet i 2050 som overskudsvarme fra biogas,- affalds- og biomassefyrede kraftvarmeverker samt fra eldrevne varmepumper, solvarme, geotermi. I de decentrale områder forsynes fjernvarmen primært fra biogas, varmepumper og i sommerhalvåret i et vist omfang fra

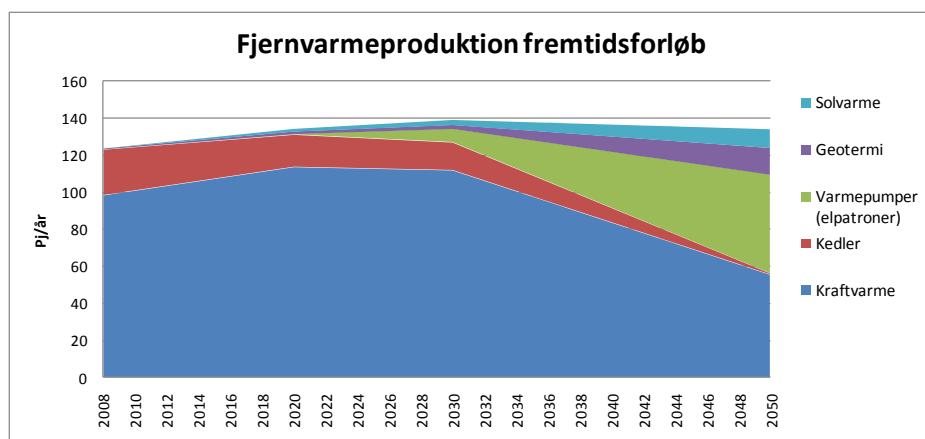
² Målt i forhold til dagens bygnings sammensætning øges dækningen kun til 54 %, men da der regnes med en større stigning i boligarealet til kontorer og forretninger (hvor fjernvarmeforsyningen er højere end til boliger), ender fjernvarmeandelen i 2050 på 57 %.

sol, mens fjernvarmen i de centrale kraftvarmeområder leveres fra biokraftvarme, affald og varmepumper. Desuden anvendes geotermi i en del fjernvarmeområder, hvor resursen er til stede.

De følgende to figurer viser fjernvarmeproduktion fordelt på anlægstyper i hhv. reference og fremtidsforløbet. I figurerne indgår også fjernvarme (hedtvand/damp) anvendt som procesvarme i industrien. Her er forudsat et stigende forbrug, særligt i fremtidsforløbet, hvilket forklarer, hvorfor det samlede fjernvarmeforbrug stiger svagt.



Figur 16: Fjernvarmeproduktion fordelt på anlægstyper i referenceforløbet. I figuren indgår også fjernvarme (hedtvand/damp) anvendt som procesvarme i industrien



Figur 17: Fjernvarmeproduktion fordelt på anlægstyper i fremtidsforløbet. I figuren indgår også fjernvarme (hedtvand/damp) anvendt som procesvarme i industrien. Kraftvarmen leveres fra affalds-, biogas- og biomassekraftvarmeværker.

5 Bibliografi

Rambøll og Aalborg Universitet. (2010). *Varmeplan Danmark 2010*.
København S: Rambøll.