

Forord

Omstilling af det danske el- og varmesystem i en klimavenligt forstand, stiller udfordringer for tekniske løsninger såvel som for den energipolitiske opfattelse af systemet. Projektet undersøger de energipolitiske virkemidler i en historisk kontekst, på nationalt og EU-plan, for at danne forståelse for de energipolitiske rammer der er gældende i dag. Projektet tager fat i potentialerne i vindkraft, biomasse samt energieffektivisering og besparelse, for at kunne argumentere for de samlede tekniske omstillingsmuligheder hen mod et klimavenligt energisystem. Der er på baggrund af dette opstillet en hypotetisk model over de mulige samlede potentialer på baggrund af nuværende sammenhænge af teknologier og ressourcer. Modellen viser, at det på længere sigt er teknisk muligt at omstille el- og varmesektoren nationalt. Den analytiske model sammenholdes med de fysiske og politiske rammer for energisystemet, og derved konkluderes det, at indpasning af vedvarende energi i et system baseret på fossile brændsler ikke er tidssvarende og derfor må der ske en omstilling af hele energisystemet til et vedvarende energisystem. Umiddelbart er det ikke de tekniske barrierer, der hindre en sådan omlægning, men mangel på politisk vilje og højt ambitionsniveau, både nationalt og på EU-niveau

Abstract

Conversion of the Danish power- and district-heating system in a climate friendly sense specifies challenges for technical solutions as well as the political view on the system. This project examines the political means in a historical context, both at a national and EU level, in order to comprehend the present energy political frameworks. Potentials in wind power, biomass and energy efficiency and savings are represented to argue for the overall technical adaptability towards a climate friendly energy system. In the light of this, a hypothetical model is constructed to prove the likely general potential on the basis of current correlations of technologies and resources. The model reveals that in the longer run, it is technically possible to reorganize the power- and district-heating sector on a national scale. This analytic model is held together with the physical and political framework for the energy system. It is concluded that incorporation of renewable energies in a system based on fossil fuels is not suitable and therefore it is needed to change and rethink the system with renewable energy as backbone. There are no significant technological barriers to overcome in order to convert the system, but lack of political will and high level of ambition both at a national and EU level.

Indholdsfortegnelse

Kapitel 1. Indledende	4
1.1. Problemfelt	4
1.2. Problemformulering	5
Kapitel 2. Metodologi	6
2.1. Kapitelgennemgang	6
2.2. Afgrænsning	8
2.3. Overvejelser vedrørende interview	9
2.4. Begrebsafklaring	11
Kapitel 3. Politiske rammer for det danske energisystem	14
3.1 Sikring af forsyningssikkerhed	14
3.2 Diversificering af energiforsyningen	15
3.3 En bæredygtig energiforsyning	15
3.4 En markedsorienteret energipolitik	17
3.5 Opsamling	20
3.6 Målsætningsorienteret energipolitik	21
Kapitel 4. Det nuværende energisystem	24
Kapitel 5. Omstillingspotentialer	32
5.1 Termiske produktionsanlæg og kapacitet	32
5.2. Potentialet i vindenergi	38
5.4. Potentialet i biomasse	44
5.5. Energibesparelser og energieffektivisering	47
Kapitel 6. Model for omstilling af energisystemet	50
6.1 Definition af modellens indsatsområder	50
6.2 Modellens opbygning	51
6.3 Gennemgang af data	53
6.4 Dataanalyse	58
Kapitel 7. Udfordringer og muligheder for omstilling til et klimavenligt dansk energisystem	59
7.1. Omstilling af energisystemet i et nationalt perspektiv	59
7.2. Det danske energisystem i en EU ramme	65
7.3. Hvilket energisystem vil vi have?	69
8. Konklusionen	74
Referencer	76
Oversigt over bilag	78

Figurer og tabeller

Figurer:

Figur 1. Det danske elsystems opbygning.....	24
Figur 2. Tilgang og anvendelse af energi i Danmark i 2006	26
Figur 3. Faktisk- og korrigeret bruttoenergiforbrug	29
Figur 4. Elproduktion fordelt efter anvendt brændsel	30
Figur 5. Elkapacitet.....	31
Figur 6. Kraftvarmeandel af el- og fjernvarmeproduktion.....	30
Figur 7. Udviklingen i totalvirkningsgraden på de centrale kraftvarmeværker.....	36
Figur 8. Den samlede elkapacitet fordelt på produktionstyper.....	37
Figur 9. Kraftværksblokkenes aldersfordeling.....	38
Figur 10. Vindkraft kapacitet i Danmark frem til 2011.....	39
Figur 11. Biomasse andel af energiforbruget, 2006	47
Figur 12. Potentialer på kort og mellemlangt sigt i model.....	54
Figur 13. Potentialer på langt sigt i model.	56

Tabeller:

Tabel 1. Fordelingen af brændsler på termiske produktionsanlæg.....	33
Tabel 2. Over nuværende havmølleparker.....	41
Tabel 3. Ressourcer af biomasse til energiformål i Danmark, 2006.....	46
Tabel 4. Potentialer for energibesparelser i forhold til energiforbrug i 2003, eksklusiv transport.....	49

Kapitel 1. Indledende

1.1. Problemfelt

Der kan ikke længere sås tvivl om, hvorvidt den globale opvarmning skyldes menneskelig aktivitet. Igennem de sidste hundrede år er atmosfærens indhold af CO₂ forøget drastisk som resultat af det stadigt stigende forbrug af fossile brændsler, og effekten af disse ændringer er allerede tydelige. Elleve ud af de tolv seneste år har været på listen over de tolv varmeste år der er registreret siden man først begyndte at registrere den globale temperaturtilbage i 1850 (IPPC, 2007), og hvert år bringer nye rekorder for ekstreme vejrforhold. Det bliver derfor mere og mere presserende at sænke den globale udledning af CO₂ i atmosfæren, hvis de fremtidige temperaturstigninger skal holdes under den økologiske smertegrænse. Det kræver at udnyttelsen af fossile brændsler allerede i dag reduceres, og at der tænkes i løsninger, der på sigt helt kan erstatte brugen af fossile brændsler. Dette vil kræve store ændringer i næsten alle dele af samfundet og en omlægning af alle energiintensive sektorer. En sektor der oftest fokuseres på er el- og varmesektoren, herefter omtalt som energisystem¹. Samtidig med at have et stort fossilt brændselsforbrug er det en sektormed store omstillingspotentialer (NAP II, 2007). De politiske initiativer til reduktion af CO₂-udledningen er ligeledes oftest centreret omkring denne sektor.

Der er i de seneste år opstillet forskellige nationale mål med det sigte at reducere CO₂-udledningen fra energisektoren. Senest blev der i januar 2008 fremlagt en ny energiaftale med tilslutning fra alle de politiske partier i folketinget på nær Enhedslisten. Den politiske debat omkring de forskellige nationale mål ender oftest i udsagn omkring, hvor ambitiøs dansk energipolitik nu er blevet, og det kan være svært at gennemskue, hvad dette postulat dækker over.

Denne rapport udsprang derfor af en undren over, hvor meget vedvarende energi det egentligt er muligt at have i det danske energisystem, og hvorvidt det teknisk kan lade sig gøre at skabe et klimavenligt energisystem, der er helt fri af fossile brændsler.

Hvis der laves en umiddelbar bedømmelse ud fra den nuværende politiske virkelighed, ser det ud som om, at en komplet udfasning af fossile brændsler ligger meget langt ude i fremtiden. De politiske rammer der definerer udviklingen i energisystemet, virker ikke til at fordre en udfasning på kort sigt, men det kan både skyldes, at de tekniske omstillingspotentialer ikke er til stede i stort nok omfang, eller det kan skyldes, at de politiske visioner simpelthen ikke rækker langt nok. Det kan derfor være interessant at undersøge de tekniske omstillingspotentialer, for derigennem at være i stand til at aflæde de politiske argumenter for hvad der er muligt i fremtiden.

¹ Se begrebsafklaring for definition af hvordan begrebet indgår i denne rapport.

Der er allerede lavet flere scenarier over udviklingen i det danske energisystem med det sigte at afdække sammensætningen af det fremtidige energisystem. Fælles for dem er, at de alle inddrager økonomiske faktorer såsom olie-, kul- og kvotepriser, da disse faktorer har stor betydning for systemets faktiske udvikling. I forhold til denne rapport er det mindre interessant at afdække den sandsynlige udvikling af systemet. Mere interessant er det, at undersøge hvad der faktisk kan lade sig gøre, hvis målet for energisystemet overordnet er, at det skal have så minimal en effekt på klimaet som muligt. Samt hvilke barrierer der er for at realisere et sådant energisystem.

1.2. Problemformulering

”Hvilke udfordringer og muligheder er der for at skabe et klimavenligt dansk energisystem?”

Energisystem dækker over den samlede el- og varmeproduktion i Danmark i forhold til at dække den indenlandske efterspørgsel. Et klimavenligt energisystem skal i denne sammenhæng forstås, som et system der ikke påvirker klimaet negativt, hvilket sættes lig med en komplet udfasning af fossile brændsler.

1.2.1 Arbejdsspørgsmål

- Hvordan er de politiske rammer for det danske energisystem, og hvordan har de ændret sig over tid?
- Hvordan ser der nuværende danske energisystem ud?
- Hvilke tekniske omstillingspotentialer er der til stede i Danmark i dag?
- Kan disse potentialer skabe et klimavenligt energisystem?

Kapitel 2. Metodologi

Kapitlet indeholder fire dele; kapitelgennemgang, afgrænsning, overvejelser vedrørende interview og begrebsafklaring.

2.1. Kapitelgennemgang

Kapitel 3. Politiske rammer

Formålet med dette kapitel er, at opridse hvilke krav der er til energisystemet og hvilke politiske reduktionsmål der har betydning for sammensætningen i det fremtidige energisystem. I og med at det er de politiske beslutninger, der definerer rammerne for energisystemet, er det nødvendigt indledningsvis at få disse afklaret.

Kapitlets funktion i forhold til resten af opgaven er, at danne udgangspunkt for den senere diskussion omkring udfordringer på det politiske niveau for at skabe et klimavenligt energisystem.

Det der afdækkes i kapitlet er de politiske rammer for det danske energisystem. Der vil herunder være en gennemgang af den historiske energipolitiske udvikling, for at tydeliggøre hvordan det energipolitiske fokus har ændret sig over tid og hvilke krav til systemet og reguleringsmetoder der har været. Derudover vil der være en gennemgang af nuværende krav til det danske energisystem. Både i forhold til de vigtigste internationale målsætninger og nationalt opstillede mål.

Kapitel 4. Det nuværende energisystem

Dette kapitel vil indeholde en gennemgang af, hvordan energisystemet er sammensat i dag. Kapitlet skal give en forståelse for kompleksiteten og sammenhængende i det danske energisystem i forhold til at forstå relationen mellem produktion, distribution og endeligt forbrug, hvilke aktører der er i spil samt deres funktion i det samlede system. Herudover vil der være en kort karakteristik af de væsentligste parametre i forhold til Energibalancen, Udviklingen i energiforbruget, elproduktionen, elkapaciteten, samspillet mellem el og varme, samhandel med energi i forhold til udlandet, Eel-overløb og udviklingen i CO₂ emissioner.

Kapitlet danner grundlag for de senere kapitler om tekniske omstillingspotentialer, da det bidrager med specifikt data samt en grundlæggende forståelse.

Kapitel 5. Omstillingspotentialer

Dette kapitel skal give et overblik over hvilke indsatsområder og potentialer der er i forhold til en omstilling af energisystemet. Data fra kapitlet vil blive benyttet i Kapitel 6.

Derudover vil dele af kapitlet blive inddraget i analysen i kapitel 7 i diskussionen af omstilling af energisystemet. Formålet med kapitlet er, at klarlægge de tekniske muligheder for større udnyttelse af vedvarende energiteknologier i energisystemet, samt tegne et billede af de udfordringer der er i at integrere en større andel af vedvarende energi i systemet og muligheder for effektiviseringer og besparelser.

Det første indsatsområde er kraftværker i Danmark i forhold til kapacitet, virkningsgrad og fordeling af brændselstyper, samt omstillingsmulighederne i forhold til andre brændselstyper. Derefter følger en gennemgang af potentialerne i forhold til øgede andele af hhv. vind og biomasse, der i dag anses som de vigtigste vedvarende energi teknologier for at afløse brugen af fossile brændsler. I forbindelse med gennemgangen af vindpotentialet vil udfordringerne for integration af vind i energisystemet blive gennemgået. Slutteligt fokuseres der på potentialerne i energibesparelser.

Analysen af ressourcepotentialer i de vedvarende energiteknologier, der primært fokuseres på i Danmark, vil udelukkende være fokuseret på vind og biomasse. Det er på nuværende tidspunkt de teknologier, der er mest udviklede og som bruges i produktionen i dag. Der eksisterer mange andre vedvarende energiteknologier, der kan få betydning på længere sigt, men da de stadig udelukkende er i brug i lille skala eller på forsøgsbasis, kommer de formentlig ikke til at gøre sig gældende i Danmark på kort sigt. Øvrige teknologier vil derfor udelukkende blive inddraget i analysen i kapitel 7.

Kapitel 6. Model for omstilling af energisystemet

I dette kapitel opstilles der en overordnet analysemodel for omstilling af energisystemet, i forhold til de omstillingspotentialer der er beskrevet i kapitel 5. Modellen skal udelukkende give en oversigt over de rå principper i omstillingen og tager derfor ikke højde for de tekniske begrænsninger der kan forekomme ved ændringer i systemet, samt økonomiske og/eller politiske barrierer. Der er fokus på tre indsatsområder: Maksimal udnyttelse af vedvarende energi, rationel energiudnyttelse (primært med fokus på omstilling af varmeproduktionen) og energibesparelser samt samspillet mellem de tre. De specifikke beregninger til modellen er vedlagt som bilag. Kapitlet vil derfor udelukkende indeholde en gennemgang af beregningsmetode, de vigtigste resultater fra udregningerne og en analyse af resultaterne til brug i det efterfølgende kapitel.

Modellen har til formål, at give et overordnet billede af de tekniske omstillingsmuligheder til brug for identifikation og diskussion af barrierer og udfordringer, for at skabe et klimavenligt dansk energisystem.

Kapitel 7. Udfordringer og muligheder for omstilling til et klimavenligt dansk energisystem

Kapitlet indeholder en overordnet analyse til besvarelse af problemformuleringen. Analysen er bygget op omkring information fra de foregående kapitler samt interview med udvalgte politikere (energiordførere fra henholdsvis Enhedslisten, Socialdemokraterne, Konservative og Venstre) og andre energipolitiske aktører (Dansk Energi og EA Energianalyse)². Analysen er splittet op i tre niveauer: Omstilling af energisystemet i et nationalt perspektiv, det danske energisystem i en EU ramme og hvilket energisystem vil vi have?

Afsnittet ”Omstilling af energisystemet i et nationalt perspektiv”, bygger videre på resultaterne fra kapitel 6 og er centreret omkring en diskussion om udfordringer ved omstilling af systemet fra et lukket nationalt perspektiv. Det efterfølgende afsnit ”Det danske energisystem i en EU ramme” er en diskussion af det danske energisystem som en del af et større europæisk energisystem. Dette skaber nogle udfordringer af stor betydning i forhold til omstilling af det danske energisystem. Derudover vil der blive fokuseret på eventuelle konflikter imellem virkemidler på det danske og internationale niveau. Sidste del af diskussionen vil primært være centreret omkring energiforståelser, mål og ambitioner for det fremtidige energisystem.

2.2. Afgrænsning

Projektet beskæftiger sig med det danske energisystem defineret som produktionen af el og varme. Begrebet energisystem kan defineres bredere, så det også dækker over udvinding, raffinering, transportsektoren og forbrug, men disse dele inddrages slet ikke eller kun i mindre grad i opgaven. Udvinning og raffinering bliver slet ikke berørt, transportsektoren bliver kun inddraget i analysen i kapitel 7 i forbindelse med diskussion om oplagring af energi i elbiler, og forbrug bliver kun berørt i forhold til energibesparelser i energiforbruget. Derudover er der ingen egentlig diskussion af denne afgrænsning og definering af energisystem i rapporten.

Begrebet klimavenlig bruges i rapporten som det endelige mål for energisystemet. Klimavenlig skal forstås som et system, der ikke har nogen negativ effekt på klimaet. I praksis betyder det et system, der sættes lig med komplet udfasning af fossile brændsler. Der er udviklet flere teknologier, der har til hensigt at gøre de fossile brændsler mindre klimaskadelige såsom CCS³, men de vil ikke blive berørt i rapporten.

Derudover har vi valgt at nedtone økonomiens betydning i forhold til mulige energisystemer i fremtiden. Vi er bekendte med at økonomi spiller en stor rolle for det

² Overvejelser omkring udvælgelse af interviewpersoner samt interviewmetode vil blive gennemgået senere i kapitlet.

³ Carbon capture and storage. På dansk: CO₂ opsamling og lagring.

endelige valg af energisystem, men det er i forhold til vores rapport mindre interessant, da vores fokus er på tekniske omstillingsmuligheder.

Vi har valgt helt at afgrænse os fra potentialet i import af biomasse, selvom denne kan komme til at spille en betydelig rolle i fremtiden. Grunden hertil er, at det vil være for komplekst at opgøre det samlede importpotentiale, da det er betinget af for mange forskellige faktorer.

En stor del af rapporten omhandler omstillingspotentialer og herunder vedvarende energi-, energibesparelses- og indpasningsteknologier, men der arbejdes udelukkende med nuværende viden og teknologier. Der kommer ingen diskussion af potentialet i nye teknologier samt mulighederne for teknologiudvikling og forskning. Det ville være nærliggende også at inddrage potentialet i udviklingen af nye teknologier, men det ville både være et omfattende felt at beskæftige sig med, samtidigt med at der ville være tale om teknologier, der ikke umiddelbart er realiserbare. Andre vedvarende energiteknologier end vindenergi og biomasse inddrages kun i beregningerne i kapitel 6, i de tilfælde hvor de er i brug i dag, og derfor allerede dækker en del af den danske energiproduktion. Det gælder for solenergi og geotermi⁴. Potentialet i disse teknologier vil ikke blive diskuteret yderligere.

Vi har endvidere i en vis grad afgrænset os fra de politiske forhold omkring uddeling af gratiskvoter i Danmark, samt handel med kvoter, JI- og CDM-kreditter for at leve op til de nationale reduktionsmål. Kvotesystemet har betydning i forhold til ændringer af produktion og forbrug i de kvotebelagte virksomheder, da man med kvotesystemet kan vælge at opkøbe kvoter i stedet for at ændre på forholdene. Denne problematik har vi valgt ikke at beskæftige os med, da vi stiler mod et energisystem, der er helt fri fra fossile brændsler, og i den forbindelse vil køb af kvoter ikke være nødvendigt.

Derudover har vi afgrænset os fra store dele af den lovgivning, der bliver vedtaget i EU, og som kan spille ind på dansk energipolitik, da dette felt vil være for omfattende at afdække.

2.3. Overvejelser vedrørende interview

I kapitel 7 bliver der inddraget relevante aktører i forhold til, deres vinkler på udfordringer og muligheder for at skabe et mere klimavenligt energisystem. Der er udført to længere interview med Jens Madsen og Anders Kofoed-Wiuff, samt fire kortere interview med udvalgte politikere. De første to interview bidrager bl.a. med tekniske vinkler samt overordnede analyser af systemets udvikling, hvorimod politiker-interviewene i højere grad bruges til at belyse det politiske niveau.

⁴ De opgøres under brændsler i Energistatistik 2006, og indgår derfor i beregningerne til kapitel 6.

2.3.1 Interviewpersoner

Jens Madsen er afdelingschef i afdelingen for energibesparelser i Dansk Energi. Dansk Energi er erhvervs- og interesseorganisation for energiselskaber i Danmark og repræsenterer både produktionsselskaberne, net- og eltransmissionsselskaberne og elhandelsselskaberne. Dansk Energi er derfor en relevant aktør i forhold til den fremtidige udvikling af energisystemet.

Anders Kofoed-Wiuff arbejder for EA Energianalyse, der er en konsulent- og forskningsvirksomhed inden for energiplanlægning og energianalyse. EA energianalyse har blandt andet udviklet energiscenarier for Energistyrelsen.

Udvalgte politikere: Politikernes relevans afspejles i, at det er dem der kommer til at skabe rammerne og derved fundamentet, for den retning energisystemet skal bevæges sig hen imod. Det er udelukkende den energipolitiske ordfører for de enkelte partier, der er blevet kontaktet, da det er dem, der har størst relevans i forhold til problemstillingen i rapporten. I udvælgelsen af interviewpersoner har det været vigtigt, både at inddrage personer der er en del af den siddende regering og derved har størst indflydelse på de vedtagne politikker, og personer der står i opposition til regeringen. I den for nyligt indgåede energiaftale var Enhedslisten det eneste parti der valgte at stå udenfor aftalen, og det er derfor interessant at inddrage deres visioner for energisystemet, da de kan afvige en del fra de øvrige politiske visioner. I alt er fire politikere inddraget i rapporten:

- **Mette Gjerskov**, Energi- og Klimaordfører for Socialdemokraterne
- **Per Clausen**, bl.a. ordfører for Miljø- og Energipolitik for Enhedslisten
- **Per Ørum Jørgensen**, Klima- og Energiordfører for Konservative
- **Lars Chr. Lilleholt**, Energiordfører for Venstre

2.3.2 Interviewmetode

I forhold til interviewene med Anders Kofoed-Wiuff og Jens Madsen benyttedes en semistruktureret tilgang, hvor de i høj grad selv fik lov til at definere hvad de ville komme ind på. I forhold til interviewene med politikerne lavede projektgruppen mere ensartede interviewguides, i det deres individuelle vinkler på de sammen emner var relevante for at kunne identificere eventuelle forskelle. Alle interviewene blev transskriberet bortset fra interviewet med Anders Kofoed-Wiuff, hvor der efterfølgende blev skrevet et referat. Interviewene er vedlagt på cd'en som bilag A-F.

2.4. Begrebsafklaring⁵

Direkte energiindhold	Den mængde energi, som en energivare indeholder. Det direkte energiindhold opgøres på grundlag af brændværdi pr. vægt- eller rumenhed for de forskellige energivarer og som den leverede energi for el, fjernvarme og bygas.
Effektvariationer	Den effekt en vindmølle afgiver, varierer p.g.a forskellige vindhastigheder og møllens overføringskarakteristik.
Eloverløb	Forekommer når elproduktionen er større end forbruget. Dette ses især i vintermånederne hvor efterspørgselen på fjernvarme er størst. Kraftvarmeværkerne producerer el og sammen med vindmøllernes produktion, forekommer eloverløb. Eloverløbet bliver typisk eksporteret til nabolandene.
Endeligt energiforbrug	Endeligt energiforbrug udtrykker energiforbruget leveret til slutbrugerne, dvs. private og offentlige erhverv samt husholdninger. Formålene med energianvendelsen er fremstilling af varer og tjenester, rumopvarmning, belysning og andet apparatforbrug samt transport. Hertil kommer forbrug til ikke energiformål, dvs. smøring, rensning og bitumen (asfalt) til asfaltering. Energiforbrug i forbindelse med udvinding af energi, raffinering og konvertering er ikke inkluderet i endeligt energiforbrug.
Energimængde	Energimængden som vindmøllen producerer pr. time ved fuld belastning er 10 MWh (megawatttimer) eller 36.000 MJ (1 Wh=3.600 J).
Energisystem	Energisystemet kan deles op i tre sektorer: Energisektoren, konverteringssektoren og det endelige forbrug (Energistatistik 2006;35). Denne opdeling bruges ikke i opgaven hvor begrebet udelukkende bruges som overordnet betegnelse for el- og varmesystemet.
Faktiske energiforbrug	Angiver det registrerede forbrug for hvert år.
Fjernvarme	Betegnelsen dækker over varme fra det kollektive net og kan både være produceret på kraftvarmeværker og rene varmeværker.
Forsyningssikkerhed	Der findes ikke en klar definition af forsyningssikkerhed, men kan eksplicit defineres som: ”sandsynligheden for at der er el (energi) til rådighed for forbrugerne”. Heri indgår at formindske sårbarheden for afbrydelser og øge tilgængeligheden for lokale og importerede ressourcer til rimelige priser. Prisen bliver dannet under markedsvilkår og dens rimelighed kan diskuteres. Det er kun tvungne afbrydelser, der indgår i manglende forsyningssikkerhed (Energistyrelsen, 2005a; De Økonomiske Råd, 2008). Forsyningssikkerheden måles som en procentdel af årets minutter, hvor der er tilgængelighed for strøm. Da landene i EU er forbundet i et netværk, er forsyningssikkerhed i højere grad blevet en overnational udfordring. I mangelsituationer bliver den efterspurgte el handlet over landegrænser f.eks. ved kraftværkshavarier.
Kapacitet	Kapacitet eller effekt er den rate, som et produktionsanlæg har, hvormed der produceres energi og har enheden Watt (W) som er Joule/sek. (J/s). En vindmølle med en kapacitet på 10 MW

⁵ De fleste definitioner er baseret på Energistatistik 2006;49-51

	kan producere 10 MJ/s ved maksimal vindudnyttelse.
Klimakorrektion	Udeklimaet varierer fra år til år, og derfor afhænger energiforbruget til opvarmningsformål af dette. Denne variation i klimaet opgøres i graddagetallet, som opgøres af Dansk Meteorologisk Institut. Antallet af graddage er summen af dage, hvor middel udelufttemperatur er under 17 °C ganget med forskellen mellem de 17°C og døgnets middeltemperatur. Derfor er det klimakorrigerede energiforbrug til opvarmningsformål, det forbrug der ville være, hvis året havde været et normalår. Graddagetallet for normalåret er fastlagt som et glidende gennemsnit af graddagene i de seneste 20 år. Dog er noget af brændselsforbruget til opvarmning uafhængigt af udeklimaet. Eksempelvis opvarmning af vand og varmetab fra installationer og fjernvarmeledninger m.v. Andelen varierer fra branche til branche og fra brændsel til brændsel. I hovedregelen er det antaget, at brændselsforbruget til opvarmning er 65% i husholdninger, handel og service samt 50% i fremstillings erhverv er graddageafhængigt.
Klimavenlig	Klimavenlig forstås i rapporten som et energisystem der ikke har nogen negativ påvirkning på klimaet, hvilket sættes lig med en komplet udfasning af fossile brændsler.
Kondensproduktions af el	Ved kondensproduktion af el på centrale værker forstås en produktionsform, hvor overskudsvarmen fra elproduktionen bortkøles. I Danmark foregår denne bortkøling typisk ved udledning af varmen til havet og sker typisk om sommeren, når varmebehovet er småt og el efterspørgslen er stor.
Korrigeret bruttoenergiforbrug;	Beregnet ud fra det faktiske energiforbrug hvor der er korrigeret for brændselsforbrug ved udenrigshandel med el. Derudover er der taget forbehold for temperaturudsving udover et vejrmæssigt normalt år. Ved eksport vil bruttoenergiforbruget være mindre end det faktiske energiforbrug, og omvendt ved import.
Mankoen	Er forskellen mellem den reelle drivhusgasudledning og den udledning som Danmark har forpligtet sig til i EU/Kyoto. Den blev i 2003 vurderet til at være ca. 25 mio. ton CO ₂ -ækvivalenter i 2012 (Finansministeriet, 2003;11).
Minikraftvarme	Mindre kraftvarmeanlæg til varmforsyning og elforsyning af typisk institutioner og skoler mv. Over-/underskudsproduktion af el udveksles med det offentlige net (Energihåndbogen, 2002;223)
Mikrokraftvarme	Små kraftvarmeanheder til dækning af en husstands varme- og elbehov. Over-/underskudsproduktionen af el udveksles med det offentlige net (Energihåndbogen, 2002;223)
Nettoenergiforbrug	Energiforbrug efter tab ved konvertering, dette vil typisk være lavere end det endelige energiforbrug eftersom der ikke bliver taget forbehold for tab i systemet.
Nettoenergiproduktion	Den producerede energimængde efter energitab i et anlæg.
Slutforbrug	Dækker over forbruget hos kunden. Det værende den mængde elektriske energi forbrugeren trækker ud af stikkontakterne eller den mængde fjernvarme forbrugere får tilført. Fyringsolie og naturgas til individuel opvarmning eller industriprocesser er også inkluderet. Se endeligt energiforbrug.
Totalvirkningsgrad	Gennemsnit af den samlede virkningsgrad for el og

	varmeproduktionen for et givent år. Den totale virkningsgrad falder, når varmeproduktionen på kraftvarmeværkerne overstiger efterspørgslen.
Vedvarende energi (VE)	Energi udvundet fra vedvarende kilder, der ikke bidrager med CO ₂ i det globale kulstofregnskab. Eksempelvis biomasse, som anses for CO ₂ -neutralt, da kulstof cirkulerer i det nuværende kulstofkredsløb.
Virkningsgrad	Virkningsgrad er effektiviteten af et anlæg og definerer andelen af den energi der bliver konverteret fra en tilstand til en anden (f.eks. varme til el).
Virkemidler	Begrebet virkemidler bruges i rapporten som en bred betegnelse for økonomiske og lovgivningsmæssige virkemidler og der går ikke i dybden med alle former for virkemidler. Der findes forskellige former for virkemidler i forhold til ændringer af energisystemet, som kan kategoriseres i fem forskellige grupper: Økonomiske virkemidler (afgifter, tilskud, etc.), normative virkemidler (lovgivning, normer, etc.), informative virkemidler (kampagner, energimærkning, synliggørelse af forbrug), frivillige aftaler, samt forskning og udvikling (Energistyrelsen, 2004a;32).

Kapitel 3. Politiske rammer for det danske energisystem

Dette kapitel har til formål at undersøge dynamikken i de politiske rammer for det danske energisystem. Hovedtrækkene i udviklingen i dansk energipolitik vil blive gennemgået, knyttet op på en række energiplaner fra 1970'erne og frem til i dag, hvilket har til formål, at skabe grundlag for at kunne vurdere de udfordringer de politiske rammebetingelser giver for udviklingen i det danske energisystem. Gennemgangen vil have fokus på nogle bestemte temaer: *dansk energipolitiks relation til international politik* (primært EU), *reguleringsformen* (forholdet mellem statslig styring og marked), forholdet mellem det der kan karakteriseres som hovedelementerne i energipolitikken: *forsyningsikkerhed – økonomi – miljø* og endelig prioriteringen af den *vedvarende energi*. Derudover vil udviklingen i forhold til hvad formål og fokus har været i energipolitikken igennem årene, blive afdækket.

For at give et bedre overblik kan der skelnes mellem fem væsentlige skift i udviklingen i dansk energiplanlægning, alle karakteriseret ved en eller flere energiplaner:

- *1970'erne: Sikring af forsyningsikkerhed* (Dansk energipolitik 1976)
- *1980'erne: Diversificering af energiforsyningen* (Energi 81 (1981))
- *1990'erne: Bæredygtig energiforsyning* (Energi 2000 / Energi 21 (1990/1996))
- *2001-2006: Markedsorienteret energipolitik* (Energistrategi 2025 (2005))
- *2007-2008: Målsætningsorienteret energipolitik* (En visionær dansk energipolitik/Energiaftalen/ EU's klima- og energipakke (2007/2008))

Efter gennemgangen af de fire første trin der leder op til i dag, vil der være en opsamling, hvor der opsummeres på de fire førnævnte temaer. Derefter vil det femte trin blive gennemgået og analyseret i lyset af den forudgående udvikling, for på den måde at kunne vurdere de udfordringer de politiske rammer giver for udviklingen i det danske energisystem.

3.1 Sikring af forsyningsikkerhed

Dansk energiplanlægning blev reelt grundlagt med oliekrisen i 1970'erne, hvor denne afslørede, at Danmarks økonomi var meget sårbar overfor udsving i leverancer og prisen på energi. Det danske energiforbrug blev på det tidspunkt dækket af 90 % olie, og oliekrisen viste hvor afhængig Danmark var af energi, fra lande der stod uden for den politiske indflydelsessfære (Dalegaard, mfl. 2005;50, De Økonomiske Råd, 2008;159). Tidligere havde energiselskaberne selv kunne bestemme hvilke brændsler de ville anvende, men med oliekrisen kom Danmarks første energiplan, Dansk energipolitik

1976, der havde til formål at sikre forsyningssikkerheden ved at sprede energiforbruget over forskellige energikilder. Energiplanen satte samtidig fokus på energibesparelser, der skulle realiseres gennem bl.a. skat på el, olieprodukter og gas, samt ved tilskud til isolering og til udnyttelse af overskudsvarmen ved el-produktion (kraft-varme) (Dalegaard mfl., 2005;50).

3.2 Diversificering af energiforsyningen

I 1981 kom den næste energiplan, Energi 81, der som den foregående havde et overvejende fokus på forsyningssikkerheden, men som også i lettere udstrækning inddrog samfunds- og miljømæssige hensyn i energiplanlægningen. Under hensyn til forsyningssikkerheden skulle energien produceres til den lavest mulige pris, og samtidig blev statslig styring, i form af skatter og afgifter, i højere udstrækning anvendt til at begrænse brugen af olie og kul, imens der blev etableret tilskuds- og støtteordninger for at fremme den vedvarende energi (Energiministeriet, 1981;32).

For at sikre den danske energiforsyning skulle der sættes på flere forskellige energikilder, primært kul, naturgas og vedvarende energi som erstatning for olien, og importen af energi skulle begrænses ved at udbygge olie- og gasfelterne i Nordsøen. Naturgas blev indført som brændsel i Danmark, og op gennem 1980'erne blev der anlagt et landslækkende netværk af naturgas. Samtidig planlagdes en bedre udnyttelse af overskudsvarmen fra el-produktionen på kraftværkerne gennem en udbygning af fjernvarmenettet (Dalegaard, 2005;51). Den vedvarende energi blev først og fremmest tiltænkt en særlig rolle, i områder der ikke kunne omfattes af den kollektive varmforsyning (Energiministeriet, 1981;17-18).

Energiplanen havde første og fremmest et nationalt fokus. Forsyningssikkerheden blev drøftet i EF og det nyligt oprettede IEA (Internationale Energi Agentur), og her blev det forsøgt samlet at komme i dialog med olieproducerende lande for på den måde at sikre forsyningen. Dette var dog resultatløst ud fra en energi- og forsyningsmæssig vinkel. Det internationale samarbejde på energiområdet bestod derfor bl.a. i at oprette olielagre og nødberedskab ved forsyningssvigt (Energiministeriet, 1981;27-28).

3.3 En bæredygtig energiforsyning

Op gennem 1980'erne kom der mere fokus på energisektorens miljøproblemer, men det var først med Bruntland rapporten i 1987, at miljøet for alvor kom på dagsordenen (Dalegaard mfl., 2005;51). ”Energi 2000 – handlingsplan for en bæredygtig udvikling” fra 1990 betød et markant skift i den danske energiplanlægning, idet miljø og bæredygtighed nu fik en central placering i planlægningen. Planen ændrede forholdet mellem de tre hovedelementer i energiplanlægningen: forsyningssikkerhed, økonomi og

miljø, således at disse blev mere sidestillede (De Økonomiske Råd, 2008;161). Samtidig fik klimaproblematikken også en central placering i erkendelse af at: ”*energi-sektorens bidrag til de globale miljøproblemer knytter sig specielt til udledningen af CO₂ fra forbrændingen af fossile brændsler*” (Energiministeriet, 1990;7).

Med det øgede fokus på miljø og klima i energiplanlægningen kom også fastsættelsen af mere specifikke målsætninger, som dermed muliggjorde en konkret evaluering af indsatsen. Der blev for første gang sat et kvantitativt mål for den danske udledning af CO₂, idet Energi 2000 indeholdt en målsætning om en 20 % reduktion af CO₂ tillige med en 15 % reduktion i energiforbruget i 2005 i forhold til 1988 niveau (Energiministeriet, 1990;13). Det var visionen at understøtte en langsigtet udvikling af et robust men samtidigt fleksibelt energisystem, der skulle være let at omstille og være åbent overfor nye miljøkrav og teknologier. For at nå målsætningen om en CO₂-reduktion skulle der i højere grad gøres brug af skatter og afgifter, tilslutningen til kollektiv naturgas og fjernvarme skulle øges, og kraftvarme produktionen udbygges. Den vedvarende energi skulle styrkes - både fordi det kunne være med til at begrænse anvendelsen af fossile brændsler, og fordi de miljøvenlige teknologier i sig selv blev betragtet som et lovende eksportområde for Danmark (Energiministeriet, 1990).

I 1993 år blev der indgået en aftale om biomasse, der betød, at der kom konkrete målsætninger for den mængde af biomasse, der skulle anvendes i el-produktionen. Aftalen betød, at biomasse til energiformål blev øget fra 50 PJ til 75 PJ om året, og biomasse ville dermed udgøre knap 10 % af det samlede brændselsforbrug i år 2000 (Miljø- og Energiministeriet, 1996).

I 1995 konkluderede IPCC at de industrialiserede lande, for at undgå voldsomme klimaændringer, var nød til at reducere deres CO₂-udledning med 50 % i 2030 i forhold til 1990 niveau, og Energi 21 fra 1996 tog afsæt i denne anbefaling (Miljø- og Energiministeriet, 1996). Målet for reduktionen af CO₂ blev fastholdt, og der blev lagt op til, at vedvarende energi og naturgas langsomt skulle fortrænge olie og gas. Den vedvarende energi skulle udbygges, og det forventedes at den ville udgøre 12-14 % af bruttoenergiforbruget i 2005 og 35 % i 2030 (Miljø- og Energiministeriet, 1996). På både kort og lang sigt ansås biomasse og derefter vind som de væsentligste vedvarende energikilder, men også andre energiteknologier som eks. solceller forventedes at kunne spille en rolle på længere sigt.

I EU var liberaliseringen af det indre energimarked så småt begyndt, og fra Danmarks vinkel var det væsentligt at sikre sig, at miljøet og den vedvarende energi forsat blev prioriteret i energiforsyningen. Samtidig havde Danmark som mål, at arbejde for at der forsat kunne føres en national energipolitik (Miljø- og Energiministeriet, 1996).

3.4 En markedsorienteret energipolitik

Fra midten af 1990'erne skete der nogle væsentlige ændringer både nationalt og internationalt, som fik afgørende betydningen for udviklingen på energiområdet og for den danske energiplanlægning. Specielt vedtagelsen af Kyoto-protokollen, EU's aftale om fælles reduktionsforpligtigelser (herunder vedtagelsen af EU's kvotehandelssystem), de stigende brændselspriser, og liberaliseringen af energimarkederne har været med til at sætte rammerne for det danske energisystem (Teknologirådet, 2007;9, De Økonomiske Råd, 2008;143).

3.4.1 Danmarks klimaforpligtelser

På internationalt niveau forpligtede Danmark sig i forhold til Kyoto-protokollen (1997)⁶ og EU's byrdefordelingsaftale til at reducere den nationale drivhusudledning med 21 % i perioden 2008-2012 i forhold til 1990-niveau (NAP II, 2007). For at give de såkaldte Annex B-lande til protokollen (herunder Danmark) et større spillerum og mulighed for at skabe mere omkostningseffektive drivhusgasreduktioner etableredes tre fleksible mekanismer: International handel med CO₂-kvoter (udledningstilladelser), Joint Implementation (JI) og Clean Development Mechanism (CDM)). Som udgangspunkt var det staterne, der kunne handle indbyrdes med kvoter og kreditter, men der var også mulighed for, at der kunne skabes et marked for kvotehandel mellem selskaber og personer. I 2002 gav EU's miljøministre deres tilslutning til EU's direktiv om kvotehandel, hvilket betød at der mellem 2005 og 2012 skulle etableres et system, hvor udvalgte virksomheder fik tildelt udledningsrettigheder, der kunne handles (Finansministeriet mfl., 2003;12-13). Den overordnede tanke med kvotesystemet var, at det i højere grad var markedet, der skulle regulere reduktionen af drivhusgasser for at sikre en mere omkostningseffektiv indsats.

3.4.2 Liberalisering af el-markedet

I samme periode og frem til i dag er der på EU's foranledning gradvist sket en større liberalisering af det europæiske el-marked. I 1996 kom El-direktivet⁷, der havde til formål at liberalisere el-markedet gennem en gradvis overgang til fri konkurrence for derved at opnå en forbedring af energisektorens effektivitet og konkurrenceevne. El-direktivet blev implementeret i dansk lovgivning i 1999, hvormed det statslige monopol blev brudt. Produktion og handel med elektricitet blev nu underlagt konkurrence, og el-nettet samt driften af dette skulle være offentligt prisreguleret. Samtidig kunne el-infrastrukturen benyttes af alle brugere af el-systemet⁸. EU har herefter løbende fulgt op

⁶ Kyoto-protokollen blev vedtaget i 1997, ratificeres af Danmark i 2002 og trådte endelig i kraft og var dermed juridisk gældende fra 16-2-2005 (<http://ens.dk/sw61260.asp> d.11-5-2008).

⁷ <http://www.ens.dk/sw21302.asp>, d. 11-5-2008

⁸ <http://www.ens.dk/sw14994.asp>, d. 11-5-2008

med nye direktiver og forordninger, da man har konstateret, at der forsat mangler fri konkurrence på det indre marked.

Liberaliseringen af det danske el-marked har betydet et brud med hvile-i-sig-selv-princippet⁹ og dermed med tidligere traditioner inden for energiplanlægning. Nu er det markedet frem for staten der er styrende, og dermed kommer ansvaret for udviklingen af energisektoren i højere grad til at ligge på el-producenterne. Dette skift synes at give problemer i forhold til at sikre en helhedsorienteret og langsigtet energiplanlægning, da el-producenternes handlinger og investeringer formodes at være præget af mere kortsigtede virksomhedsøkonomiske overvejelser. Hvis der primært er fokus på at producere energien billigst muligt, så er der tillige fare for, at der kun satses på umiddelbart rentable energiteknologier. Dermed vil der ikke blive fokuseret på udviklingen af andre alternativer førend den billigste ressource til produktion af energi er opbrugt.

3.4.3 Energi- og klimastrategierne

Det er med udgangspunkt i ovenstående beskrivelse af de ændrede rammer, at udviklingen de næste år frem skal forstås. I 2001 fik Danmark en ny regering og denne fremlagde i 2003 ”En omkostningseffektiv klimastrategi” og i 2005 ”Energistrategi 2025”, der begge kendetegner et afgørende skift i dansk energipolitik til sammenligning med tidligere energiplaner. Omdrejningspunktet for begge strategier var de liberaliserede energimarkeder og markedsbaserede instrumenter, og energisektorens bidrag til en lavere miljø- og klimapåvirkning forventedes opnået gennem markedsbaserede virkemidler, der skulle sikre en mere omkostningseffektiv indsats (Transport- og Energiministeriet, 2005a& Finansministeriet mfl., 2003).

I Klimastrategien fra 2003 kom regeringen med sit bud på hvordan Danmark skulle leve op til drivhusgasreduktionen på 21 % i 2012 i forhold til 1990 niveau. Strategien byggede på en opgørelse over de forventede reduktionspotentialer og omkostninger ved forskellige reduktionstiltag frem til 2012, og konkluderede på den baggrund at der skulle satses specielt på virkemidler som fleksible mekanismer og køb af internationale kvoter/kreditter for at lukke Danmarks manko¹⁰ på en omkostningseffektiv måde (Finansministeriet mfl. 2003;12,22) Med andre ord blev der foretaget en opvejning af, om det kunne betale sig at lave indenlandske reduktionstiltag, eller om Danmark hellere skulle satse på udenlandske muligheder. Dette må i høj grad siges at være et springende punkt i dansk energipolitik, da den tidligere energiplan, Energi 2000, var baseret på at

⁹ Hvile-i-sig-selv princippet betyder, at indtægter og udgifter skal balanceres.

¹⁰ Mankoen er forskellen mellem den reelle drivhusgasudledning og den udledning som Danmark har forpligtet sig til i EU/Kyoto. Den blev i 2003 vurderet til at være ca. 25 mio. ton CO₂-ækvivalenter i 2012 (Finansministeriet mfl., 2003;11).

reduktionerne skulle foretages inden for landets grænser. Samlet kan det konstateres, at Klimastrategien lagde op til at markedet skulle være styrende for hvordan og i hvilke lande Danmark skulle opfylde sine reduktionsforpligtigelser. Samme prioritering går igen i den Nationale Allokerings Plan for perioden 2008-2012, der indeholder en konkret opgørelse over hvordan Danmark samlet vil leve op til sine reduktionsforpligtigelser for perioden. Her ses det at mellem 25-27 % af mankoen vil blive dækket ved hjælp af JI- og CDM-kreditter (NAP II, 2007;7), hvilket er besluttet ud fra en økonomisk vurdering af hvor det vil være billigst at reducere udledningen.

I kølvandet på Klimastrategien kom Energistrategi 2025 (2005), der fremhævede både forsyningssikkerheden, internationale miljø- og klimaforpligtigelser og hensynet til økonomien som mål for energiplanlægningen, men i modsætning til Energi 21 blev der ikke opstillet nogen specifikke målsætninger for eks. andelen af vedvarende energi eller for energibesparelser, da udviklingen på disse områder skulle styres af markedet og den fri konkurrence (Transport- og Energiministeriet, 2005a). Fokus i strategien var omkostningseffektivitet i de anvendte virkemidler og fri konkurrence på velfungerende markeder, og især EU's kvotesystem ansås som en effektiv metode til at skabe fleksibilitet i klimaindsatsen. De politiske virkemidler udgjortes primært af kvoter, afgifter og tillæg til elprisen. (Transport- og Energiministeriet, 2005a;7).

I forbindelse med energistrategien blev der udarbejdet en fremskrivning der viste at over 36 % af elforsyningen ville være baseret på vedvarende energikilder i 2025, hvis oliepriserne udviklede sig som forventet. Frem til 2015 forventedes ikke en udbygning af vindkraften i Danmark, da der på daværende tidspunkt ansås at være en samlet overkapacitet. Andelen af biomasse i energiforsyningen ville kun kunne øges i det omfang markedsforholdene ændrede sig, så det ville blive økonomisk rentabelt at udvide brugen (Transport- og Energiministeriet, 2005a;8-9 & 57). Med andre ord ville udbygningen af den vedvarende energi være afhængig af udviklingen i olieprisen og i CO₂-kvotepriserne på det europæiske kvotemarked. Denne tilgang betød, at der i samme periode skete et drastisk fald i en ellers hastigt stigende udbygning af den vedvarende energi, og at der generelt blev skåret ned på miljø- og energiområdet (Energistatistik 2006).

Overordnet set havde den danske energipolitik bevæget sig fra en statslig styring, hvor der blev opstillet rammer og målsætninger for energiproduktionen til en markedsorientering, hvor markedet opfattedes som målet for udviklingen af energisektoren, da det forventedes at kunne give lavere energipriser, styrke konkurrenceevne mv.

3.5 Opsamling

Nedenfor vil vi kort samle op på ovenstående gennemgang i forhold de til tidligere nævnte fokusområder.

Forholdet mellem de tre hovedelementer i energipolitikken har udviklet sig fra primært at være koncentreret omkring forsyningssikkerhed og økonomi til op gennem 1990'erne at give mere plads til miljø og klima. I slutningen af 1990'erne var de tre elementer således sidestillede i energipolitikken, men med tiltrædelsen af den nye regering i 2001 blev økonomien til det primære fokus efterfulgt af forsyningssikkerheden.

Samme skift ses i princippet også i *prioriteringen af den vedvarende energi*. Som udgangspunkt havde olien den afgørende betydning i den danske energiforsyning, men fra 1980'erne blev der reelt satses på at fremme den vedvarende energi. Først og fremmest ud fra et forsyningsmæssigt perspektiv, men i løbet af 1990'erne også ud fra et miljø- og eksportmæssigt perspektiv. Efter 2001 gik udbygningen af den vedvarende energi i stå, og den øgede markedsorientering, herunder liberaliseringen af energimarkederne, betød at udbygningen kom til at afhænge af oliepriser og de fremtidige CO₂- kvotepriser. Fortrængningsomkostningerne for udbygning med vedvarende energi i Danmark var for høje ud fra et markedsøkonomisk synspunkt, og der blev lagt op til at Danmark skulle satse på de fleksible mekanismer for at leve op til klimaforpligtelserne.

Reguleringsformen ændrede sig altså i 2001 fra en mere målsætningsorienteret tænkning mod mere markedsstyring. Hvor der traditionelt blev opstillet rammer og målsætninger for energiforsyningen og reguleret gennem skatter og afgifter, så betød skiftet at bl.a. el- og varmforsyningen skulle reguleres gennem handel med udledningstilladelser i form af kvoter og kreditter. Tanken var at reduktionerne skulle finde sted der hvor de bedst kunne betale sig, i EU såvel som internationalt.

I forhold til *dansk energipolitik's relation til international politik*, så skete der altså i starten af det nye årtusinde et væsentligst skift, idet der blev gået fra at fokusere på nationale reduktioner af drivhusgasudledningen, som det var tilfældet i 1990'erne, til at fokusere på internationale reduktionstiltag via de fleksible mekanismer. Udviklingen har betydet at dansk energipolitik, ikke længere udelukkende er et nationalt anliggende, da de overordnede rammer for den danske energipolitik nu fastlægges af forpligtelserne i Kyoto-protokollen og EU-samarbejdet (herunder liberaliseringen af el-markedet og oprettelsen af EU's kvotehandelssystem).

3.6 Målsætningsorienteret energipolitik

Ovenstående gennemgang af udviklingen i dansk energipolitik havde til formål, at vise hvordan forskellige aspekter af energipolitikken har udviklet sig, således at det er lettere at forstå, hvad det er for nogle ændringer, der finder sted i dag. Inden for det sidste år er der kommet henholdsvis ”En Visionær Dansk energipolitik for 2025” (2007) samt Energiaftalen for årene 2008-2011 (2008), der tilsammen har udstukket retningslinierne for det fremtidige danske energisystem. Endnu en gang er der tale om et skift i dansk energipolitik om end mere tvetydigt. Strategien ”En Visionær Dansk Energipolitik for 2025” indledes således:

”Det er regeringens vision, at Danmark på langt sigt helt skal frigøre sig fra fossile brændsler – kul, olie og naturgas. I stedet skal vi anvende vedvarende energi” (Regeringen, 2007;1).

I forhold til den tidligere strategi Energi 2025 er der tale om et markant skift, da fokus dermed på ny rettes mod en omstilling af den indenlandske energiforsyning. Målsætningen om udfasning af fossile brændsler introduceres for første gang siden 1990’erne, men der er tale om en flydende målsætning om ”på lang sigt”. Selvom strategien flere steder omtaler klimaproblemerne som et fokusområde, så er det tydeligt, at det forsat er sikring af den økonomiske vækst, der er den væsentligste bekymring. De høje oliepriser og afhængigheden af usikre energileverancer truer den økonomiske vækst og betyder at forsyningsikkerheden igen bliver et dominerende element i energipolitikken i Danmark.

”Vi skal sikre, at Danmark også fremover hører til blandt de rigeste lande i verden. Energipolitikken skal yde et væsentligt bidrag hertil. Erhvervslivets konkurrenceevne og dermed beskæftigelsen og eksporten er afhængig af sikre energileverancer til konkurrencedygtige priser” (Regeringen, 2007;2).

Den vedvarende energi skal ifølge strategien opprioriteres, udbygges og udvikles og uønskede barrierer skal fjernes. I modsætning til Energi 2025 der overlod denne udvikling til markedet, så fremsætter ”En Visionær Dansk Energipolitik” konkrete kvantitative målsætning for andelen af vedvarende energi i 2025, samt de virkemidler hvormed det skal nås. Dette er et generelt træk ved hele strategien, at den i modsætning til den forrige opsætter konkrete målsætninger for 2025 både i forhold til andelen af vedvarende energi, energibesparelser og for reduktionen af fossile brændsler (Regeringen, 2007).

I strategien er der både markedsorienterede tiltag og virkemidler, samt mere statsligt styrede tiltag i form af konkrete målsætninger og krav til energisystemet. Der fremlægges således en blanding af en markeds- og en målsætningstænkning:

”Initiativerne skal kombinere politisk regulering og markedsmekanismer, så vi sikrer, at investeringerne sker, hvor vi får mest mulig energi og miljø for pengene.” (Regeringen, 2007;2)

Energiaftalen for årene 2008-2011 der blev fremlagt i starten af 2008 lægger sig i samme spor som strategien ”En visionær dansk energipolitik”, men er mere konkret og omfattende. I modsætning til strategien der pointerede at et tæt internationalt samarbejde, specielt i EU-regi, var vigtig for dansk energipolitik, så fremhæver energiaftalen, at EU-samarbejdet og de beslutninger der træffes der har direkte indflydelse på dansk energipolitik. Aftalen indledes således med en tilkendegivelse af at dansk energipolitik, og de målsætninger der arbejdes med, ligger i direkte forlængelse af de beslutninger, der er truffet/træffes i EU:

”Energipolitikken er i stigende grad et europæisk anliggende, hvor udbygning medvedvarende energi, CO2-reduktionsmål og mål for energieffektivisering samt rammerne for organisering af energisektoren og for udvikling af energiteknologi lægges fast i regi af fællesskabet” (Energiaftalen, 2008).

Det betyder også at udviklingen af det danske energisystem frem mod 2020 vil blive påvirket af udfaldet af EU’s klima- og energipakke (fremlagt 23. januar 2008) og byrdefordelingsaftalen mellem EU’s medlemslande. I 2007 blev det besluttet at EU’s samlede udledning af drivhusgasser skal reduceres med 20 % inden 2020 i forhold til 1990 niveau, og som et led i det skal bl.a. andelen af vedvarende energi øges til 20 %, og der skal ske en 20 % reduktion af det samlede energiforbrug (Energinet.dk, 2007;10). På nuværende tidspunkt forhandles der om de forskellige byrdefordelinger i EU, men meget tyder på at Danmark bl.a. skal leve op til en målsætning om 30 % vedvarende energi af det samlede energiforbrug i 2020¹¹. Energiaftalen arbejder således både med målsætninger på kort sigt frem til 2011 og på lidt længere sigt frem til 2020 med henblik på at kunne leve op til de af EU fastsatte mål.

De to primære målsætninger er: på kort sigt at den vedvarende energi skal udgøre 20 % af bruttoenergiforbruget i 2011 og på langt sigt at Danmark samlet skal mindske sin afhængighed af fossile brændsler, kul, olie og gas (Energiaftalen, 2008).

I aftalen indføres der en række konkrete virkemidler, og det understreges, at udvikling skal ske lineært, hvilket vil sige, at der skal ske en løbende evaluering af de igangsatte initiativer, således at disse kan justere, hvis udviklingen ikke går som forventet. De virkemidler der er fastsat i energiaftalen, er en bred vifte af støtte og tilskudsordninger, afgifter, afgiftsfritagelser, erstatningsordninger, påbud, forbud og flere midler til forskning og udvikling.

For kort at opsummere, så er der med ”En Visionær Dansk Energipolitik” og specielt med vedtagelsen af Energiaftalen sket et skred i forhold til den meget

¹¹ www.ens.dk/sw63812.asp, d. 20-5-2008.

markedsorienterede energipolitik, der har været ført siden regeringsskiftet i 2001. Allerede i ”En Visionær Dansk Energipolitik” blev der arbejdet med fastlagte mål, og denne måde at arbejde energipolitisk er i energiaftalen udviklet til en decideret målsætningstænkning, der også omfatter yderligere initiativer, hvis de igangsatte virkemidler ikke kan sikre at målene opfyldes. Denne udvikling må siges at være et skift væk fra forestillingen om, at markedet selv kan styre udbygningen af den vedvarende energi. Over mod en mere normativ tænkning, hvor der fra politisk side fastsættes konkrete virkemidler til opfyldelse af politisk fastlagte mål.

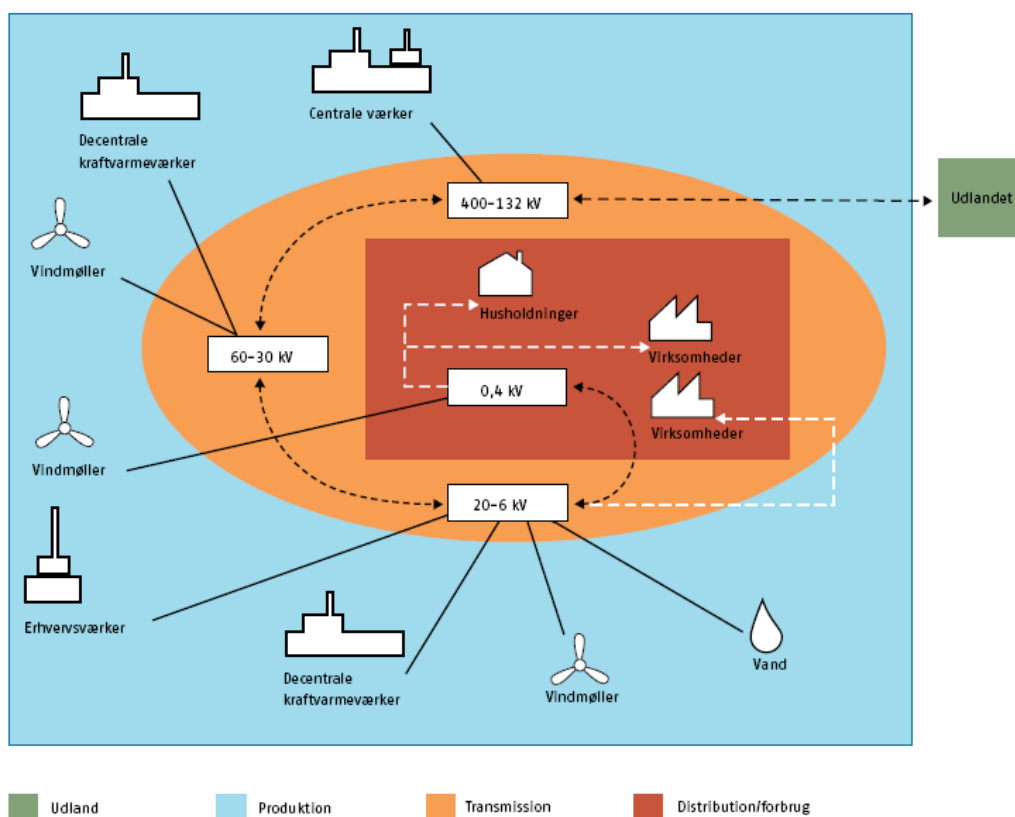
Spørgsmålet er derfor om denne drejning kun finder sted i Danmark, eller om den også kan findes på EU plan? Under alle omstændigheder synes den øgede målsætningstænkning at skabe en form for reguleringssammenstød, da kvotemarkedet er bygget op omkring en markedstænkning. Det er derfor interessant hvilke udfordringer den udvikling kan give for dansk energipolitik. Det vil blive diskuteret nærmere i kapitel 7.

Kapitel 4. Det nuværende energisystem

Kapitlet har til formål at give en forståelse af det nuværende danske energisystem og vil indeholde en gennemgang af de vigtigste faktorer i energisystemet. Indledende vil der blive fokuseret på sammensætningen af elsystemet og de vigtigste aktører, og derefter på energibalancen, elkapacitet, udviklingen i el- og varmeproduktion og forbrug mm.

4.1 Sammensætning af elsystemet

Det danske elsystem er en dynamisk og kompleks størrelse, hvis hovedformål er at levere el fra producenterne til slutbrugerne rettidigt. Eftersom der i dag ikke er integreret rentable måder at lagre elektricitet på i systemet, skal produktionen være lig forbruget i samme øjeblik for at undgå overbelastning i systemet. Dette kræver en stor fleksibilitet i produktionen og infrastrukturen (transmissionsnettet), i det belastningen afhænger af forbruget af el. Den forholdsvis store vindmøllekapacitet stiller krav til fleksibiliteten i systemet, og i dag sikres denne via handel med nabolandene. Når vinden er gunstig og der produceres mere el end der forbruges indenlandsk, eksporteres elektriciteten til nabolandene, og omvendt når vindforholdene er mindre fordelagtige.



Figur 1. Det danske elsystems opbygning (Dansk Elforsynings statistik 2006;76).
Ovenstående

Figur 1. Det danske elsystems opbygning (Dansk Elforsynings statistik 2006;76). optegner de fysiske elementer i elsystemet, og hvordan de hænger sammen indbyrdes. Vigtige forhold som geografisk placering og størrelse af produktionskapacitet gør sig gældende for det samlede elsystem samt elnettets mulighed for at transportere energi.

Førhen var elsystemet opbygget efter forsyningsbehovet i lokalområdet, hvilket ikke længere er aktuelt, da elsystemet nu fungerer i en større sammenhæng med omkringliggende forsyningsområder og udveksling med udlandet. I det danske elsystem er omkring 40 % af produktionskapaciteten tilsluttet på 60 kV spændingsniveau eller lavere, hvilket typisk udgør de decentrale kraftvarmeværker og vindmøller. Elproduktionen herfra er tidsmæssigt bundet til, hvornår behovet for varme opstår, og hvornår vinden blæser. Den stigende bundne elproduktion bevirker, at den del af forbruget der dækkes af produktionen på de centrale værker og ved import formindskes. Omvendt øges behovet for regulering og eksport af el, når den tidsmæssige bundne produktion overstiger elforbruget. Det gør at transmissionssystemet, udlandsforbindelserne og de centrale værker nu har omfattende opgaver med at regulere det samlede elsystem (Dansk Elforsynings statistik, 2006;77).

Herunder listes de overordnede aktører og tekniske installationer, der danner rammen for den danske elforsyning.

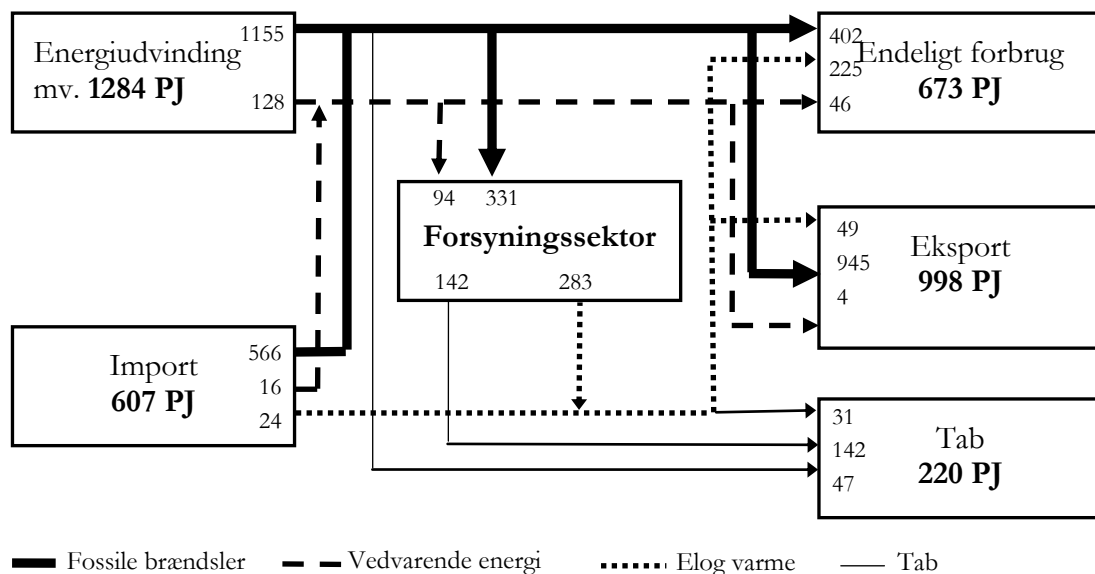
Transmissionsnettet	Transmissionsnettet er det fælles overordnet elforsyningsnet, der har til opgave at transportere el fra producenterne til distributionsnettet samt til og fra udlandet. Det overordnede transmissionsnet ejes og vedligeholdes af Energinet.dk, hvor de regionale transmissionsnet er ejet af virksomheder.
Distributionsnettet	På det lokale niveau er distributionsnettet det kollektive elforsyningsnet, der gør det muligt at levere el til slutforbrugeren. Distributionsnettet forbinder derved forbrugerne med transmissionsnettet.
Netvirksomhederne	Netvirksomhederne opererer på det lokale niveau og ejer, udbygger og vedligeholder distributionsnettet.
Elhandelsselskaberne	Elhandelsselskaberne køber elektricitet fra elspotmarkedet på Nord Pool, hvor systemprisen bliver udregnet hver time på baggrund af udbud og efterspørgsel. Systemprisen er en kunstig pris, og forudsætter at der ikke er flaskehalse i transmissionsnettet ¹² . Hvis flaskehalse opstår beregnes særskilte områdepriser, der faktisk kan overføres ved flaskehalsene. Spotpriserne varierer afhængig af årstid m.m. (Dansk Elforsyning Statistik, 2006;27).
Forsyningspligtige virksomheder	Forsyningspligtige virksomheder er elhandelskaber der har pligt til at forsyne de forbrugere, der ikke aktivt har valgt en leverandør. De kontrolleres af Energistilsynet og skal tilbyde elektricitet til den pågældende markedspris. Energistilsynet fører ydermere tilsyn med priser og betingelser for de kollektive elforsyningsvirksomheder og de forsyningspligtige

¹² Flaskehalse opstår hvis kapaciteten i transmissionsnettets knudepunkter overstiges (Dansk Elforsyning Statistik, 2006;27).

	virksomheder.
Energistyrelsen	Energistyrelsen er den offentlige instans der udsteder regler, bevillinger og godkender transmissions- og produktionsanlæg ¹³ . Derudover er Energistyrelsen ansvarlig for opgaver knyttet til produktion og forsyning, herunder effektivisering og nationale CO ₂ mål ¹⁴ .
Den systemansvarlige virksomhed (Energinet.dk)	Den systemansvarlige virksomhed er Energinet.dk som også er ejer af transmissionsnettet. Energinet.dk blev stiftet ved fusion med Eltra, Elkraft System, Elkraft Transmission og Gastra i 2005. Da elektriciteten på nuværende tidspunkt ikke kan lagres, er Energinet.dk ansvarlig for at forbrug og forsyning har samme størrelse, samtidig med, at der opbygges et elsystem der kan håndtere svingninger imellem forbrug og forsyning. Samtidig skal Energinet.dk sikre en pålidelig og effektiv elforsyning på det overordnede niveau og opfylde offentlige forpligtelser. Derudover skal Energinet.dk sikre udbygning af infrastrukturen på el (Dansk Elforsyning Statistik, 2006;43).

4.2 Energifalancen

Energiforbruget er i de seneste 25 år kun steget lidt, hvor der i samme periode næsten er sket en fordobling i BNP. Sagt med andre ord er energiintensiteten faldet (De Økonomiske råd, 2008;167).



Figur 2. Tilgang og anvendelse af energi i Danmark i 2006 (De Økonomiske Råd, 2008;170)

I 2006 var Danmarks endelige energiforbrug 673 PJ. Energiproduktion og import udgjorde 1891 PJ hvor ca. 32 % kom fra importen. Omkring halvdelen af energiinputtet går til eksport og består primært af råolie og naturgas fra Nordsøen. El og fjernvarme

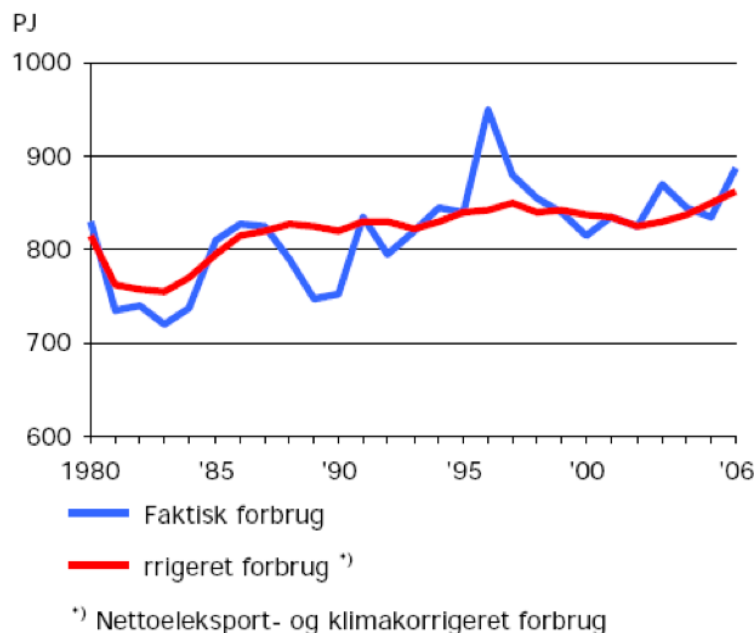
¹³ <http://www.ens.dk/sw14704.asp>, d. 15-5-08

¹⁴ <http://www.ens.dk/sw11490.asp>, d. 16-5-08

står for omkring en tredjedel af det danske energiforbrug, hvor godt halvdelen er el. Størstedelen af el og fjernvarme bliver produceret på baggrund af importeret kul (45 %), og naturgas og vedvarende energi dækker omkring 27 % hver. Ved vedvarende energi er brug af biomasse og affald størst, og vindenergi står kun for en tredjedel. Dertil er der et tab på 220 PJ, der bl.a. dækker over energitab i produktionen, samt distributionsstab af el og varme.

4.3 Udviklingen i energiforbrug

Nedenstående figur viser udviklingen i energiforbruget fra 1980-2006. Det faktiske forbrug angiver det registrerede forbrug for hvert enkelt år. Det korrigerede bruttoenergiforbrug er beregnet på baggrund af det faktiske forbrug, hvor der er korrigeret for brændselsforbrug ved udenrigshandel med el og klimaudsving i forhold til et vejrmæssigt normalt år.



Figur 3. Faktisk- og korrigeret bruttoenergiforbrug (Energistatistik, 2006;16)

I 2006 var det faktiske energiforbrug 887 PJ. Udsvingene i det faktiske forbrug, i forhold til det korrigerede forbrug, viser blandt andet balancen mellem import og eksport af el. En stor nettoimport af el er grunden til at der ses et stort udsving i 1990, hvorimod der var en nettoeksport i 2006. Dette år var et tørtår, med nedbør under i normalen, der hæmmede elproduktionen fra vandkraft i Norge og Sverige, ydermere var vindkraften i Danmark lav, grundet dårlige vindforhold. Dette bevirkede at de danske kraftvarmeværker øgede deres drift og dermed brændselsforbrug, for at kunne dække det indenlandske forbrug, samt at eksportere el til Norge og Sverige. Det korrigerede bruttoenergiforbrug var i 2006 på 863 PJ. Vedvarende energiandelen af det korrigerede

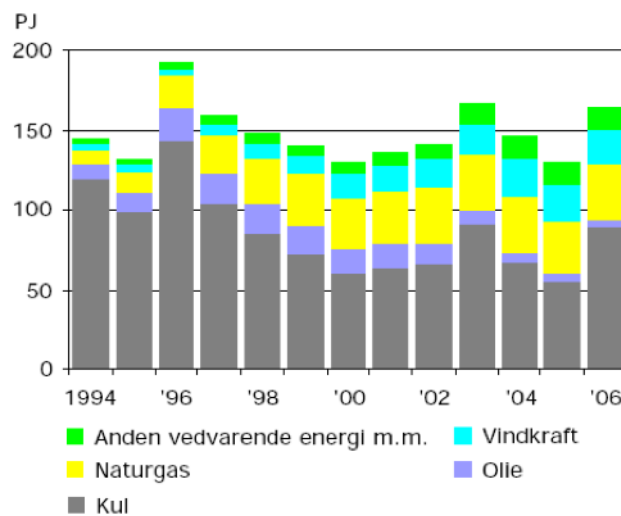
bruttoenergiforbrug var 15,6% i 2006. Produktionen af el baseret på vedvarende energisvarede i 2006 til 26,5% af den indenlandske elforsyning.

Produktionen af vedvarende energi er i 2006 opgjort til 119,4 PJ¹⁵(Energistatistik 2006). I forhold til vedvarende energi er det primært vind og biomasse der gør sig gældende, hvilket gør at der i rapporten primært fokuseres på disse.

4.4 Elproduktion

I Danmark er der på nuværende tidspunkt omkring 6.000 elproduktionsanlæg. De kan opdeles i centrale værker, decentale anlæg og vindmøller. Centrale værker anvender primært kul som brændsel men også biomasse i mindre omfang. Decentrale værker anvender typisk naturgas, affald, biogas og biomasse. Vindmøller producerer kun el, hvorimod de centrale og decentrale værker udnytter overskudsvarmen fra elproduktionen, ved at producere fjernvarme.

Da elproduktionen er en kommerciel aktivitet, er det afgørende at det er økonomisk forsvarligt, når der produceres elektricitet på et værk. Grundet konkurrencen på markedet vil producenterne søge at effektivisere produktionen såomkostningerne minimeres. Der skal med tiden investeres i ny kapacitet pga. kraftværkers levetid og denne investering bæres alene af investorerne, derfor er prisen på el afgørende for om det kan betale sig at investere.



Figur 4. Elproduktion fordelt efter anvendt brændsel

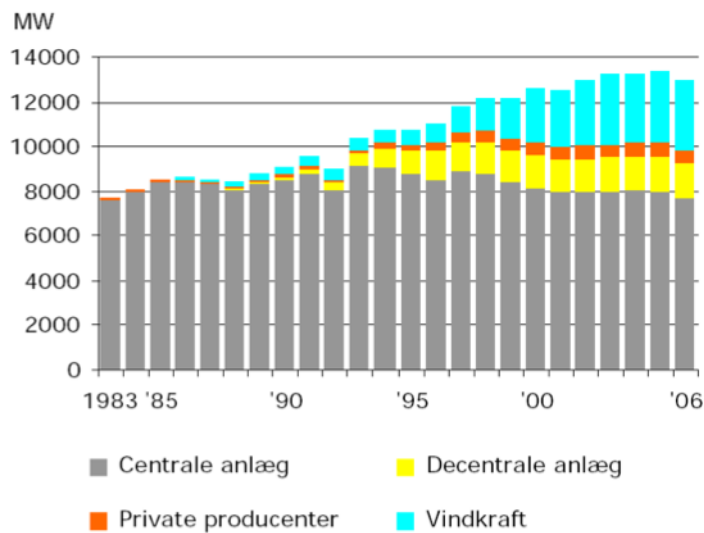
Som det ses på ovenstående figur har kul som brændsel haft den største andel af elproduktionen i samtlige år. I 2006 var produktionen 164,6 PJ svarende til ca. 26 % mere end året før. Kulforbruget steg med 59 % i 2006 i forhold til året før, og produktionen fra kullet var ca. 89 PJ. De øgede priser på el og lave priser på kul og

¹⁵ Det samlede forbrug af vedvarende energi (produktion plus nettoimport) var dog på 132,0 PJ (Energistatistik 2006; 2007).

CO₂-kvoter var årsag til den forøgede el-eksport (Energistatistik, 2006;9). Produktion af el på baggrund af naturgas som brændsel lå på 33,9 PJ, vedvarende energiproduktion var 34,7 PJ, hvoraf vindkraft stod for det største bidrag. Olie som brændsel blev anvendt i mindre grad, og stod for 5,8 PJ i 2006.

4.5 Elkapacitet

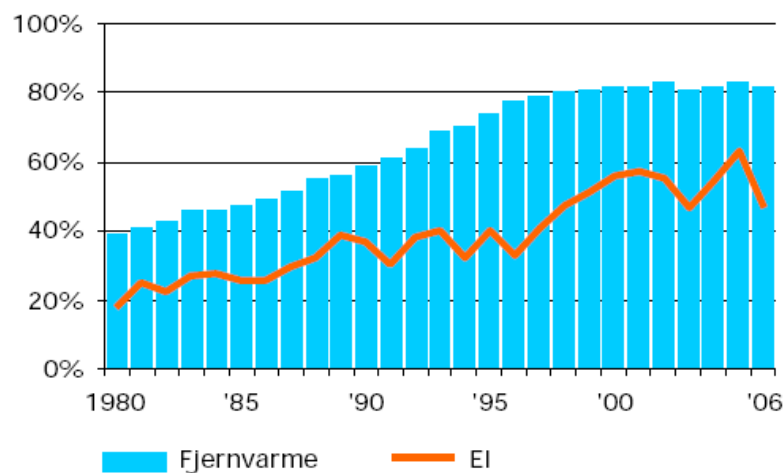
Elkapacitet er udtryk for, hvor meget energi der maksimalt kan produceres pr. tidsenhed og bliver opgjort i Megawatt (MW). Den producerede energimængde bliver for det meste opgjort i MWh eller Joule. Den samlede elkapacitet er igennem tiden vokset betydeligt, samtidigt med at vindkraftkapacitet får en større rolle i forsyningen. 24,1 % af den samlede elkapacitet i 2006 (13.015 MW) bestod af vindkraft (Energistatistik 2006;11). I de senere år har den samlede kapacitet og vindkraftkapaciteten næsten været uændret, men i 2006 skete der et fald, primært pga. udfasning af kulkraftværker der kun producerer el. Andelen af vindkraftkapacitet er i 2006 forøget med 495 % sammenlignet med 1994, og kapaciteten fra decentrale anlæg er forøget med 101 %.



Figur 5. Elkapacitet (Energistatistik, 2006)

4.6 El og varme

Ved termiske kraftvarmeværker er energiudnyttelsen optimeret, når de udnytter overskudsvarmen til at fremstille fjernvarme. Fjernvarme bliver produceret på store centrale og decentrale kraftvarmeanlæg, på fjernvarmeværker og hos private producenter. Kun en lille del af fjernvarmeproduktionen finder sted på værker, der kun producerer varme. Figuren nedenfor viser samspillet mellem el- og fjernvarmeproduktionen. Søjlerne viser fjernvarmeproduktion i forhold til elproduktionen, og linjen viser udviklingen i elproduktionen i forhold til fjernvarmeproduktion. I 2006 blev ca. 82 % af fjernvarmen produceret sammen med el. Denne andel var i 1990 kun på 59 %. Produktion af fjernvarme var i 2006 på 129,4 PJ, hvilket er en stigning på 40 % i forhold til 1990 (Energistatistik 2006, 2007;11)



Figur 6. Kraftvarmeandel af el- og fjernvarmeproduktion

4.7 Handel med udlandet

Danmark er afhængig af de omkringliggende landes energiproduktion, da der er perioder med energimangel¹⁶, hvor der importeres energi for at undgå forsyningssvigt. Nedadgående kapacitetsbalancer pga. udfasning af termiske kraftværker og etablering af vindkraft, øger behovet for at øge samarbejdet til naboområder. Handlen med el forgår på den nordiske fælles el-børs, Nord Pool, hvor producenter og el-handelselskaber kan indlevere købs- og salgsbud, således at prisen bliver justeret på timebasis på baggrund af udbud og efterspørgsel.

¹⁶ Eksempelvis i perioder hvor der ikke er vind nok til at producere el med vindmøller.

4.8 CO₂-emissioner

De faktiske CO₂-emissioner¹⁷ er beregnet ud fra det faktiske energiforbrug. Tilsvarende er de korrigerede CO₂-emissioner udregnet på baggrund af det korrigerede bruttoenergiforbrug. De faktiske CO₂-emissioner var i 2006 på 57,4 mio. tons, hvoraf 27,6 mio. tons blev udledt fra konverteringssektoren (el-, fjernvarme- og bygasproduktion). Det endelige forbrug (transport, produktionserhverv, handel- og service og husholdning) stod for 27,3 mio. tons. De korrigerede CO₂-emissioner er siden 1990 faldet med 13,6 % i 2006. Konverteringssektoren viser en nedgang i udledningen med ca. 30 % over samme periode og havde i 2006 en udledning på 22,4 mio. tons.

Siden 1990 har der været et markant skift i energiforbrugets fordeling på brændsler. Naturgas og vedvarende energi er øget, på bekostning af kulforbruget. Selvom bruttoenergiforbruget siden 1990 er steget med 5,3 %, har brændselskiftet medført en nedgang i CO₂-emissionerne, da afbrænding af kul har den største CO₂-emissionsfaktor af de fossile brændsler (Energistatistik 2006;34).

¹⁷ De faktiske udledninger er de udledninger, der reelt er i Danmark, selvom formålet med dem har været el til udlandet

Kapitel 5. Omstillingspotentialer

Den største udfordring for det fremtidige energisystem er, at mindske afhængigheden af de fossile brændsler og dermed begrænse CO₂-udledningen. Intentionen med kapitlet er derfor samlet set, at give et overblik over hvilke indsatsområder og potentialer der kan fokuseres på i forhold til en omstilling af energisystemet. Resultaterne fra kapitlet vil blive benyttet i Kapitel 6. Potentialerne vil blive opgjort i henholdsvis det realiserbare på kort- mellemlang sigt og det teoretiske maksimale potentiale på længere sigt. Derudover vil dele af kapitlet blive inddraget i analysen i kapitel 7 i diskussionen af omstilling af energisystemet.

Det første indsatsområde er kraftvarmeværker i Danmark i forhold til kapacitet, virkningsgrad og fordeling af brændselstyper, samt omstillingsmulighederne i forhold til andre brændselstyper. Derefter følger en gennemgang af potentialerne i forhold til øgede andele af hhv. vind og biomasse, der i dag anses som de vigtigste vedvarende energiteknologier for at afløse brugen af fossile brændsler. I forbindelse med gennemgangen af vindpotentialet vil udfordringerne for integration af vind i energisystemet blive gennemgået. Slutteligt fokuseres der på potentialerne i energibesparelser.

5.1 Termiske produktionsanlæg og kapacitet

Danmark er gennem de sidste 20-30 år gået fra central, til en større grad af decentral energiforsyning af el og varme. Størstedelen af el og varme produceres på de 16 centrale kraftvarmeværker og de omkring 800 decentrale værker (Schougaard, B. 2007). Begrebet termisk produktion dækker over brugen af brændsel til fremstilling af el og varme ved forbrænding. Termisk produktion udnytter varmen, der bliver frigjort fra brændslet via forbrænding, og opvarmervand til fjernvarmeformål eller til at drive en damp turbine til elproduktion. Kraftvarme er således den kombinerede produktion af el og varme.

Forskellen på centrale og decentrale kraftvarmeværker er, at de centrale værker som udgangspunkt kun var elværker. De decentrale værker var oprindeligt kun varmeværker. Selvom mange af de decentrale anlæg er nyopførte, er deres hovedformål at producere varme.

Alle de centrale anlæg i Danmark ligger ud til havet. Dette skyldes udelukkende logistiske årsager som at kunne forsyne værkerne med brændsel ad søvejen, idet det er det nemmeste og mest økonomiske. En anden ligeså væsentlig faktor i forhold til placeringen er, at værkerne i sommersæsonen producerer el ved kondensproduktion. Det sker, så de centrale værker kan komme af med overskudsvarmen via køling i havet, da fjernvarme forbruget om sommeren er stærk reduceret sammenlignet med vintersæsonen.

5.1.1 Brændselstyper

Brændselforbruget på centrale og decentrale anlæg kan opdeles i fossile brændsler som kul, olie og gas, og affald samt biobrændsler (Biomasse og biogas).

Hovedbrændsel	Antal værker	Installeret el-effekt	Brændselsforbrug
	stk	MW	PJ
Kul	17	5356	185
Naturgas	489	2695	73
Olie	55	886	14
Affald	23	315	34
Halm	8	190	
Biogas	148	78	26
Træflis og træaffald	9	49	
I alt	749	9569	333

Tabel 1. Fordelingen af brændsler på termiske produktionsanlæg (Energinet.dk, 2008;18)

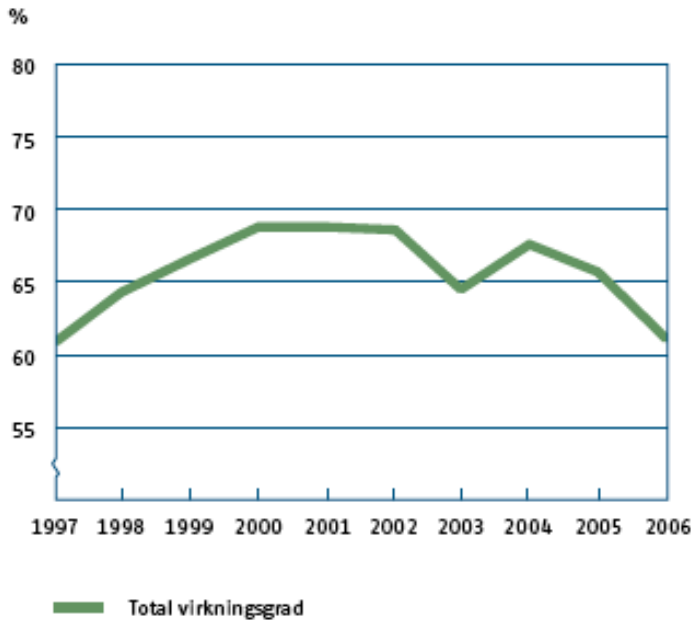
Det ses af ovenstående tabel, at den største installeret eleffekt dækkes af kul som brændsel, hvilket afspejler at det er de store centrale værker, der anvender kul som primærbrændsel i stort omfang. Tabellen er et udtryk for værkernes hovedbrændsel, idet flere værker anvender supplerende støttebrændsler. Eksempelvis er olie det foretrukne støttebrændsel på kulfyrede anlæg, men den totale installerede effekt er angivet under hovedbrændslet. Det fremgår at de fleste værker, navnlig de decentrale, anvender naturgas som hovedbrændsel (Energinet.dk, 2008;18). Biobrændsler udgør i dag ikke en stor andel i forhold til den installerede effekt, da det typisk er mindre decentrale anlæg der udelukkende benytter biobrændsler.

5.1.2 Totalvirkningsgrad

Virkningsgraden er et vigtigt redskab for at vurdere et givent anlægs udnyttelse af energien i brændselsforbruget. Ved konvertering af energi sker der altid et tab af energi. Om konverteringen sker i en glødetrædspære, der omdanner elektrisk energi til lys og varme, eller i et kraftvarmeværk der omdanner energiindholdet i brændslet til elektricitet og fjernvarme, er i og for sig lige gyldigt. Begge eksempler taber energi i form af varme. Ved at kende virkningsgraden kan dette tab af energi bestemmes. Det tiltræbes derfor, at få en så høj virkningsgrad som mulig, for at minimere energitabet, da der derved skabes en så omkostningseffektiv og miljøvenlig produktion som muligt.

Der beregnes for hvert enkelt værk ud fra energiproducenttellingen en værdi for forholdet mellem bruttoelproduktion og bruttovarmeproduktionen, samt en totalvirkningsgrad. Totalvirkningsgraden kan bedst beskrives som bruttoelproduktion plus bruttovarmeproduktion til fjernvarme delt med det samlede brændselsforbrug. I det

danske elsystem var den samlede elvirkningsgrad for termisk elproduktion 32,3 % i 2007, mens den systemmæssige gennemsnitlige totalvirkningsgrad var 65,4% (Energinet.dk (Miljørapport) 2008;18).

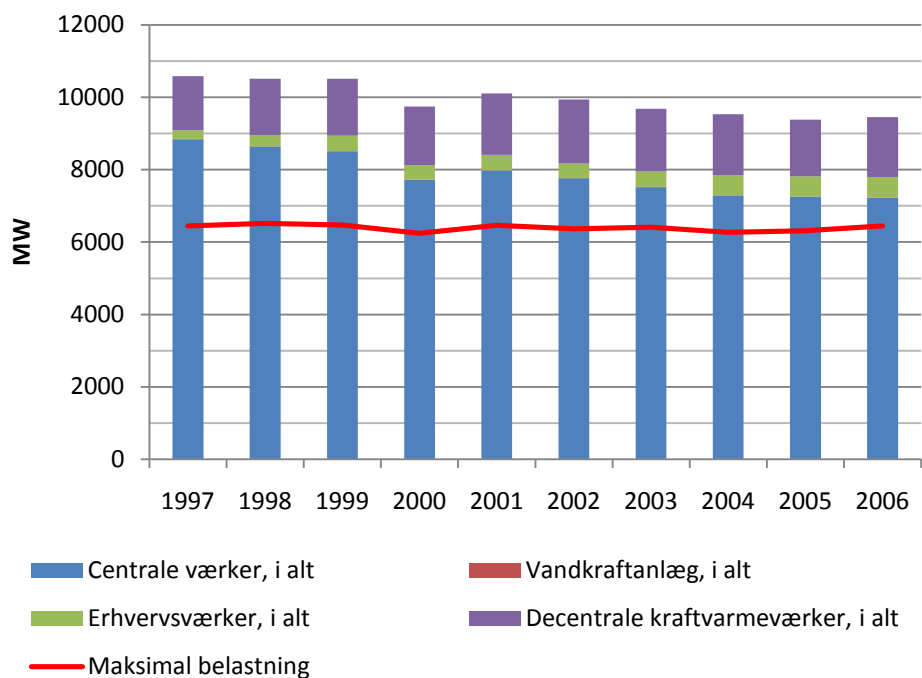


Figur 7. Udviklingen i totalvirkningsgraden på de centrale kraftvarmeværker (Dansk Elforsynings statistik, 2006;44).

Det anes at kurven er svagt stigende i starten, hvilket kan skyldes den forsknings- og udviklingsindsats, der bliver gjort for at øge virkningsgraden, samt at flere ældre kraftværksblokke drift mindskes. I 2003 og 2006 lå virkningsgraden relativt lavt, da der i begge år var en stor eleksport og høj elproduktion ved kondensproduktion på de centrale værker. Derved udnyttedes overskudsvarme ikke og den totalvirkningsgrad mindskes derfor (Dansk elforsynings statistik 2006;44).

5.1.3 Kapacitet

I dag er den samlede installerede el kapacitet på omkring 13.015 MW, hvor de centrale kraftvarmeværker står for den største andel på 7157 MW, hertil kommer decentrale anlæg med 2370 MW og det resterende tilskrives vindmøller.



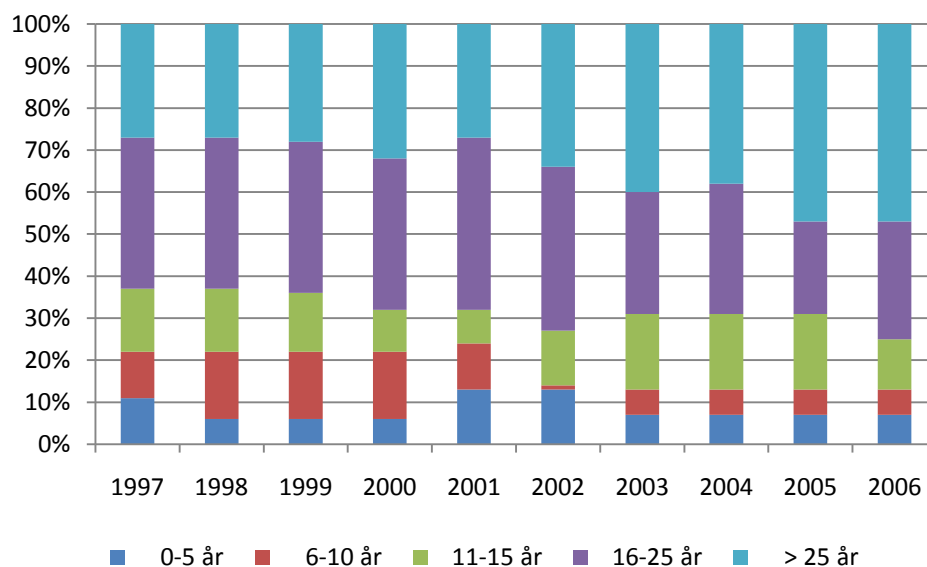
Figur 8. Den samlede elkapacitet fordelt på produktionstyper, eksklusiv vindmøller, sammenholdt med maksimalbelastningen¹⁸.

I ovenstående figur ses Danmarks samlede kapacitet sammenholdt med maksimalbelastningen, også kaldet spidslasten. Vindmøllernes kapacitet er ikke medtaget, idet produktionen fra vindkraft er forholdsvis uforudseelig. Det bemærkes at der er et tydeligt fald i de centrale værkers kapacitetsandel, samt at maksimalbelastningen ikke ændrer sig nævneværdigt gennem udviklingen. Maksimalbelastning sker på det tidspunkt af døgnet, hvor der forbruges mest el. Belastningen er højere i dagtimerne end nattetimerne, da den nøje følger befolkningens aktiviteter og derfor blandt andet spidser når aftensmaden skal tilberedes. I øvrigt er den sæsonbetonet og er højere om vinteren end om sommeren. For at sætte maksimalbelastningen i relief kan det nævnes at minimumsbelastningen, som sker i nattetimerne, er omtrent halvt så stor som maksimalbelastningen. Figuren viser, at der i årrækken 1997-2006 er sket en betydelig reduktion i overskudskapacitet, eller med rette ord, reservekapacitet. Denne reduktion skyldes flere forskellige forhold: Liberaliseringen af elmarkedet, har betydet at producenterne i større grad selv skal forestå investering i udbygning af kapaciteten i samråd med den systemansvarlige, Energinet.dk. Betingelserne for handelen mellem nabolandene har ændret sig, navnlig samhandlingsmuligheder med Norge og Sverige er blevet gunstigere med oprettelse af den nordiske elbørs, Nord Pool. Og den samlede vindmøllekapacitet er steget.

I forhold til den øgede andel af vindmølle kapacitet i Danmark, spiller det nordiske energisystem godt sammen på nuværende tidspunkt. Der eksporteres el, når det blæser i

¹⁸ http://www.danskenergi.dk/~media/Energi_i_tal/Tidsserier_slutaar_2006%20xls.ashx d. 22-4-08

Danmark, hvilket drosler el produktion baseret på vandkraft i Norge ned. Omvendt bliver der lukket op for vandturbinerne igen, når vindmøllerne i Danmark har en lav produktion og derved importeres el, for at dække forbruget (Anders Kofoed, Ea Energianalyse, Bilag E).



Figur 9. Kraftværksblokkernes aldersfordeling, opgjort i procent af installeret effekt (centrale værker)¹⁹.

Ovenstående figur viser de centrale værkers aldersfordelingen målt på installeret effekt. Det ses at andelen af ældre kraftværksblokke på over 25 år, er øget de seneste år. I 2001 steg andelen af nye kraftværksblokke, da den nye multibrændselsblok Avedøre 2 blev sat i drift. Der bliver i hovedregelen produceret mest på de nyeste anlæg og de udgør derved en del af grundlasten, grundet miljømæssige og økonomiske årsager. De ældre centrale kraftværksblokke udgørmellem- og spidslast, der sættes i drift, når behovet opstår (Dansk Elforsynings statistik 2006).

5.1.4 Omstilling til biomasse

Den globale trend for udviklingen for kraftvarmeanlæg baseret på biomasse viser, at størstedelen af anlæggene er placeret i områder, hvor en stor biomasseressource forefindes. Derved er anlæggene konstrueret med henblik på at udnytte de lokale ressourcer effektivt.

Den danske strategi for udviklingen afviger noget i forhold til det globale mønster, idet det indebærer inddragelse af forskellige biobrændsler, samt at anlægsstørrelserne gør transport af biomasse over betydelige afstande en til en nødvendighed (Sørensen, 2003;20). Siden slutningen af 1980'erne er andelen af biobrændselsanlæg med

¹⁹ http://www.danskenergi.dk/~media/Energi_i_tal/Tidsserier_slutaar_2006%20xls.ashx d. 22-4-08

elproduktion steget støt og totalvirkningsgraden har ligeledes gennemgået en stigning på 10 %. Det er væsentligt, at elvirkningsgraden også er steget, da den CO₂-neutrale elproduktion dermed fortrænger den fossile produktion.

5.1.5 Tekniske udfordringer

De tekniske udfordringer der ligger i at omstille til kraftvarme baseret på biobrændsler, er at udvikle miljømæssigt forsvarlige fyringsanlæg til kombineret produktion af el og varme med brug af halm, flis og skovaffald og affald. Endvidere har udfordringen været samfyring af biomasse med kul og naturgas samt at opnå størst mulig udnyttelse af energiindholdet i brændslet og bedst tænkelige udnyttelse af restprodukterne. Anvendelse af biomasse i termiske anlæg til varme og elproduktion er typisk forbundet med at opnå den størst mulige elvirkningsgrad. Dette fordrer specifikke krav til materialer, da temperatur og tryk skal være så høj som muligt. Det bevirker at udviklingen trækker over i retning af store anlæg. Modsat er der ønske om at nyttiggøre varmeproduktionen på fjernvarmemarkedet i mindre byer, hvilket forudsætter udvikling af teknologier til decentral produktion (Sørensen 2003;23).

Specielt ved kraftvarmeformål giver anvendelsen af biomasse store tekniske udfordringer. Grundet brændslets uhomogene og varierende beskaffenhed, stilles der krav til håndterings- og indfødningsystemer. Ydermere har biobrændsler et stort indhold af klor og alkalier, hvilket giver uønsket belægningsdannelse og korrosion i fyringskedelen, på grund af høj tryk og temperatur.

Biomasse kan opdeles i to hovedtyper ud fra en forbrændingsmæssig synsvinkel:

- Træagtige biobrændsler, som i dag ikke er nogen væsentlige problemer forbundet med udnyttelsen
- Græsagtige biobrændsler og husholdningsaffald, hvor der er uløste problemer relateret til brændslets indhold af alkalier, klor og tungmetaller. Restprodukterne er ligeså problematisk at anvende, da de typisk indeholder for store værdier af tungmetaller, således at det ikke kan anvendes til gødskning.

Det er derfor ikke tilfældigt, at træ som anvendt biobrændsel er kommet længst inden for biomasseområdet. Eftersom halm er det vanskeligste biobrændsel at benytte, har dansk forskning og udvikling været koncentreret om teknologier til halmfyring på området de senere år (Sørensen 2003;24).

I de kommende 5-10 år vil opførelsen af nye kraftvarmeværker højst sandsynligt finde sted i forbindelse ved uskiftning og renovering af udtjente anlæg med dårlig totalvirkningsgrad og utidssvarende miljøegenskaber.

Omstilling til biomassefyret kraftvarme vil på kort sigt være hæmmet, på grund af at fjernvarmekapaciteten allerede for en ganske stor dels vedkommende er optaget af nyere anlæg med en betydelig restlevetid. På længere sigt vil der for decentrale og centrale værker være et potentiale i etablering af nye anlæg, efterhånden som de eksisterende små værker og store kraftværksblokke bliver udfaset (Sørensen 2003;25).

5.2. Potentialet i vindenergi

Indledende vil der være en gennemgang af den nuværende udnyttelse af vindenergi. Efterfølgende vil der dels blive belyst det realiserbare potentiale i udbygningen af vindkapaciteten, og dels blive fremhævet den teoretiske maksimale udnyttelse af vindressourcerne.

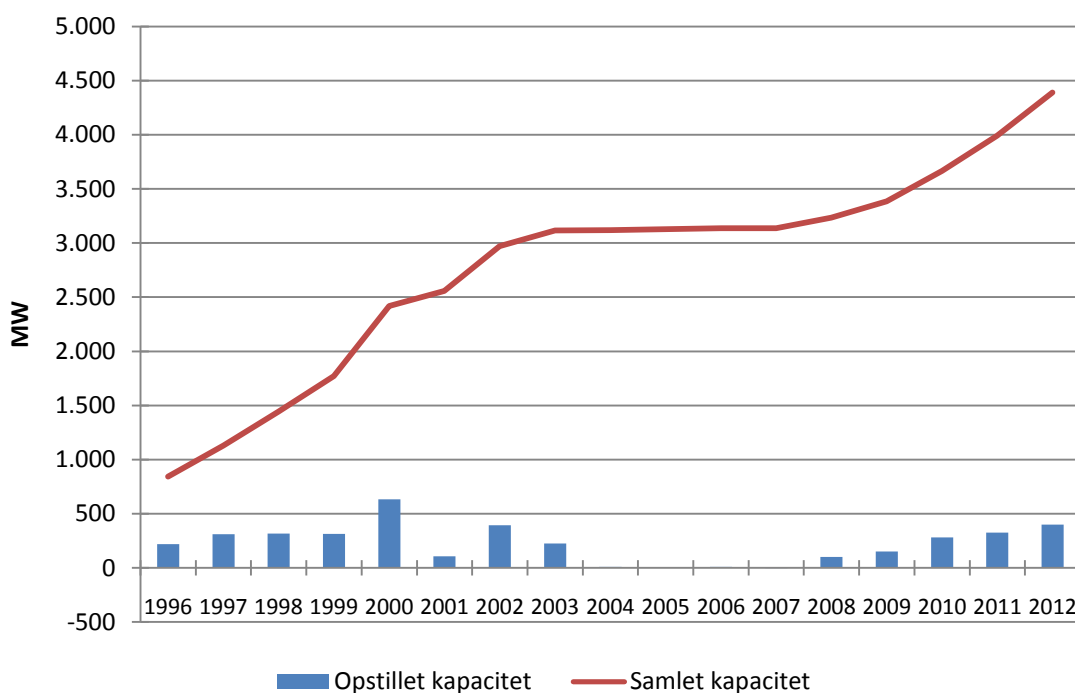
5.2.1 Udvikling af vindenergien

Fra midten af 90'erne tog udbygningen med vindmøller på land virkeligt fart, og den samlede produktion fra møllerne er fra 1996 og til 2006 næsten femdoblet, så den udgør over 15 % af det samlede elforbrug²⁰. Fra 2004 gik opstillingen af nye møller dog næsten i stå, så der fra 2004 og til 2006 kun er blevet opstillet 48,8 MW ny kapacitet²¹. For igen at sætte skub i udviklingen blev der med den nye energiaftale af februar 2008 ændret på tilskuddet til vindmøller, to havvindmølleparker (offshore parker) blev udbudt, og der blev indført en skrotningsordning for gamle møller (Energiaftalen, 2008). I alt forventes aftalen at resultere i en udbygning på 550 MW frem til 2012. Derudover vil to nye offshore parker blive tilsluttet nettet i perioden, og den såkaldte udskiftningsordning vil ligeledes resultere i yderligere kapacitet. Samlet forventes der derfor at blive opstillet 1.300 MW ny kapacitet i Danmark frem til 2012, hvilket betyder at kapaciteten vil være på 4437 MW, og vil kunne dække 28 % af det samlede danske elforbrug²².

²⁰ [http://www.windpower.org/media\(1944,1030\)/tal_bag_graferne.xls](http://www.windpower.org/media(1944,1030)/tal_bag_graferne.xls) d. 3-5-08

²¹ <http://www.windpower.org/composite-1153.htm> d. 3-5-08

²² <http://www.windpower.org/da/stats/shareofconsumption.htm> d. 3-5-08



Figur 10. Vindkraft kapacitet i Danmark frem til 2011²³.

5.2.2 Potentialet i udbygning på land

Når der tales om potentiale for yderligere udbygning med vindmøller, er det ikke mængden af vind, der er den begrænsende faktor, da vindenergi potentialet er langt større, end hvad vi teknisk er i stand til at udnytte. Det samlede potentiale er i stedet afhængigt af beslutninger og afvejninger i forhold til miljø, økonomi og tekniske begrænsninger. Der er store udfordringer i teknisk at indpasse en stigende andel af vindenergi i det samlede energisystem, og det vil derfor i sidste ende være mulighederne for indpasning samt økonomien i dette, der sætter rammen for det samlede potentiale²⁴.

I 2006 udgjorde vindmøller på land 87 % af den samlede vindmøllekapacitet i Danmark, svarende til 2713 MW²⁵, ud af en samlet kapacitet på 3137 MW. ”De bedste nye pladser for udnyttelse af vindkraft på land er ved at være opbrugt, og en fremtidig udbygning i Danmark forventes at ske på havet” (Energistyrelsen, 2005b;29). Der er mange problemer knyttet til opstilling af vindmøller på land, som kan undgås ved i stedet at opstille havvindmøller. Det vurderes derfor at det største potentiale for fremtidig udbygning ligger i havvindmøller. Der er selvfølgelig stadig potentiale i at udskifte

²³ Baseret på tallene bag graferne fra <http://www.windpower.org/da/stats.htm>. De 350 MW kapacitet fra skrotningsordningen er skønmæssigt fordelt over perioden 2008-12.

²⁴ <http://nordvind.org/documents/Potentialet%20for%20vindkraft%20I%20Norden%20-%20Peter%20Hjuler%20Jensen.pdf> d. 3-5-08

²⁵ <http://www.windpower.org/da/stats.htm> d. 3-05-08

mindre eller ineffektive møller på land med nye større møller, og kapaciteten på land forventes derfor stadig at stige i fremtiden. I forhold til Energinet.dk's fremskrivninger af den forventede udbygning vurderes det at kapaciteten for vindmøller på land i 2025 vil være omkring 4.000 MW (Energinet.dk, 2007;11). Da størstedelen af potentialet for yderligere udbygning derfor må findes i form af havmøller, er det denne del der vil blive fokuseret på i opgaven.

5.2.3 Potentialet i udbygning til havs

Udbygning med vindmøller til havs er et forholdsvist nyt fænomen. Det første danske testanlæg med møller til havs blev opstillet i 1991 ved Vindeby, af firmaet Elkraft og havde en samlet kapacitet på 5 MW. I 1995 fulgte Elsam efter og etablerede en havmøllepark ved Tunø Knob med en kapacitet der ligeledes var på 5 MW (Energistyrelsen, 2007;13). Sidenhen er antallet og kapaciteten af havmøller i de danske farvande steget kraftigt så der i dag er over 200 møller til havs med en kapacitet på over 400 MW²⁶.

Den første samlede vurdering af potentialet i udbygning til havs, blev lavet af Arbejdsgruppen for havmøller i 1997 i form af "Havmølle-handlingsplan for de danske farvande". Forudsætningerne for vurderingen har sidenhen ændret sig en smule, men planen kan stadig bruges til at give et billede af det eksisterende potentiale og til at forklare den efterfølgende udvikling indenfor havmølleparker i Danmark.

Den teoretiske vindressource i planen er opgjort til ca. 15.000 MW inklusiv allerede etablerede anlæg. Der arbejdes i planen med en standard mølle på 1,5 MW, som udelukkende kan placeres på op til 15 meters vanddybde. I dag er det muligt at udbygge på større vanddybder og med større møller, hvilket øger det samlede potentiale. Omvendt er der behov for justeringer i forhold til sejlads- og naturbeskyttelsesinteresser, hvilket kan betyde at potentialet er mindre end vurderet i planen (Energistyrelsen, 2005c;113).

Generelt foretrækkes det at udbygning til havs sker i store og koncentrerede parker, der så vidt muligt placeres langt fra land eller under hensyn til kystlandskabet. Det vil sige at kystlandskabet så vidt muligt helt friholdes i en zone på syv til ti kilometer fra land. Denne prioritering skyldes hensynet til landskabelige- og naturinteresser. Indenfor disse rammer, er det stadig muligt, at udpege tilstrækkeligt med egnede havområder uden at det går ud over natur og miljø (Arbejdsgruppen for havmøller, 1997;24).

I planen blev der udvalgt fire hovedområder samt et par supplerende områder, hvor der ikke vurderes at være for store modstridende interesser på spil. I de fire hovedområder er der teoretisk set plads til møller med en samlet kapacitet på 7-8000 MW (Arbejdsgruppen for havmøller, 1997;12).

²⁶ <http://www.windpower.org/composite-1171.htm> d. 3-5-08

I 2007 udkom rapporten ”Fremtidens havmølleplaceringer – 2025” skrevet af Udvalget for fremtidens havmølleplaceringer. Denne rapport gør status for udviklingen af havmølleparker og vurderer mulighederne for yderligere udbygning.

Navn	Tilslutning	Møllekapacitet	Total kapacitet	Anslået årlig produktion	Operatør
Vindeby, Falster	1991	11 stk. 450 kW	5 MW	Ca. 10 GWh	DONG Energy
Tunø Knob, Odder	1995	10 stk. 500 kW	5 MW	Ca. 15 GWh	DONG Energy
Middelgrunden	2001	20 stk. 2 MW	40 MW	Ca. 95 GWh	DONG Energi og Middelgrundens vindmøllelaug
Horns Rev 1	2002	80 stk. 2 MW	160 MW	Ca. 600 GWh	Vattenfall og DONG Energy
Samsø	2003	10 stk. 2,3 MW	23 MW	Ca. 80 GWh	Samsø Kommune og Samsø Vinmøllelaug
Rønland, Harboøre	2003	4 stk. 2 MW og 4 stk. 2,3 MW	17 MW	Ca. 70 GWh	Private andelsejere
Frederikshavn	2003	2 stk. 2,3 MW og 1 stk. 3 MW	8 MW	Ca. 20 GWh	DONG Energy og MBD & AU
Nysted/Rødsand 1	2003	72 stk. 2,3 MW	165 MW	Ca. 600 GWh	DONG Energy og EON

Tabel 2. Over nuværende havmølleparker (Energistyrelsen, 2007;29-30)

Sammenholdes den faktiske udvikling med de anbefalinger der blev fremført i rapporten fra 1997 er det tydeligt at der ikke er blevet opført ligeså meget kapacitet som ønsket. Forklaringen herpå er primært politisk.

På baggrund af anbefalingerne fra Havmøllehandlingsplanen samt Energi 21 blev de danske elværker i 1998 pålagt at etablere fem demonstrationsanlæg i stor skala med en samlet kapacitet på 750 MW. De to første af disse anlæg blev godkendt i 2001. Det drejede sig om Horns Rev der blev etableret i 2002 og Rødsand/Nysted der blev etableret i 2003 (Energistyrelsen, 2007;14). De tre sidste administrative pålæg, svarende til i alt 450 MW, valgte regeringen at ophæve i 2002 i forlængelse af liberaliseringen af elmarkedet. Regeringen ønskede i stedet at udbygningen skulle baseres på markedsorienterede vilkår. I den efterfølgende periode blev der opført møller på middelgrunden, Rønland, Frederikshavn og Samsø svarende til en samlet kapacitet på 87,8 MW (Energistyrelsen, 2007;15). Som et resultat af den energipolitiske aftale af marts 2004 blev der udbudt 2 nye havmølleparker på 200 MW hver ved hhv. Horns Rev og Rødsand. Parkerne forventes at være klar til idriftsættelse i henholdsvis 2009 og 2010 (Energistyrelsen, 2007;18-21).

For yderligere udbygning er der i rapporten ”Fremtidens havmølleplaceringer – 2025” blevet kortlagt et antal områder til havs der potentielt vil kunne rumme havmøller svarende til 4600 MW. Lægges dette tal sammen med den eksisterende kapacitet og den forventede udbygning frem mod 2012, opnås et samlet potentiale på omkring 9500 MW. Det teoretiske potentiale for maksimal vindressource udnyttelse blev tidligere opgjort til 15.000 MW, hvilket dog først vil være realiserbart på længere sigt.

5.2.4 Udfordringer for integration af vindenergi i energisystemet

De to største udfordringer ved udbygning med vindenergi ligger i kravene til fleksibilitet i den øvrige energiproduktion, og i udligning af vindmøllernes naturlige effektvariationer. I Danmark produceres der både el og varme på størstedelen af de store kraftvarmeværker. Det betyder, at virkningsgraden på værkerne er meget højere end på rent elproducerende kraftværker, men det skaber også nogle begrænsninger i forhold til integration af en større andel vindenergi i den samlede produktion. Det skyldes at elproduktion ved kraftvarme er bundet op på varmeproduktionen, og derfor ikke kan justeres frit i forhold til elproduktionen fra vind:

”En massiv udbygning med vindkraft på havet kombineret med en stigende kraftvarmedækning betyder, at elproduktionen fra vindmøller sammen med den varmebundne elproduktion vil give anledning til en betydelig større periodevis ubalance mellem produktion og forbrug, end tilfældet er i dag” (Arbejdsgruppen for havmøller, 1997;19).

På nuværende tidspunkt opstår overproduktionen af strøm (eloverløb) primært i korte perioder om vinteren, hvor varmebehovet er størst, men hvis der udbygges med mere vind, uden at der forekommer anden regulering af transmissionsnettet, vil problemet med eloverløb forøges betydeligt.

Problemet med effektvariationer fra vindmøllerne kræver ligeledes fleksibilitet i den øvrige elproduktion. Af hensyn til driftssikkerheden er det nødvendigt at resten af elsystemet tilpasses, så det vil være i stand til at regulere disse effektvariationer, og udfordringen i dette øges med andelen af vindenergi i den samlede produktion.

Der findes flere metoder til at løse disse udfordringer:

- Flytning af elproduktions- eller elforbrugstidspunktet. Dette kan gøres gennem lagring af strømmen, for eksempel igennem et vandkraftsamspil med det norske energisystem, gennem varmelagring, eller gennem oprettelse af en dynamisk vandbaseret tarif som erstatning for den nuværende tidstarif.
- Omlægning af energiforbruget til anden forsyning.

- Ændringer i driften på øvrige anlæg eller anlægstilpasninger på eksisterende og nye kraftværker. Kraftværkernes funktion vil i fremtiden ændres fra grund- og mellemlastproduktion til spidslastproduktion og til regulerkraft og eksport. Kravene til fremtidens termiske anlæg vil derfor være hurtigt regulerende enheder med relativt få drifttimer om året (Energinet.dk, 2007;13).
- Besparelser i bygningsopvarmning, så andelen af bunden elproduktion på kraftværkerne mindskes
- Øget udlandshandel med lande hvis energisystem er anderledes bygget op
- Udbygning med ny infrastruktur
(Arbejdsgruppen for havmøller, 1997;19)

Der findes i dag flere konkrete virkemidler til at imødekomme de fremtidige udfordringer. Disse virkemidler kan deles op i underkategorier indenfor produktion, transmission og forbrug. Det vil være nødvendigt, for at imødekomme den fremtidige udfordring, at den samlede indsats består af en kombination af virkemidler indenfor hver af disse kategorier (Energinet.dk, 2007;14& 18).

Elproduktionssiden

- Reguleringen af produktionen fra vindmøller. Nedregulering af produktionen i korte perioder med meget vind, for at reducerer belastningen af nettet og skabe balance i systemet.
- Geografisk spredning af havmølleparkerne for at aflaste transmissionsnettet og mindske behovet for regulering.
- Mobilisering af reserver, reguleringsressourcer og nye typer anlæg: De nye typer afd. anlæg skal have gode reguleringssegenskaber såsom lave standby og startomkostninger, korte starttider, lav minimumsproduktion og høj op- og nedreguleringsgradient (Energinet.dk, 2007;14).

Eltransmissionssiden

- Flytning af nettilslutningspunktet for havmølleparkerne, for at mindske indføddningen af effekt og derigennem aflaste virkningen på eltransmissionsnettet.
- Forøgelse af overføringskapaciteten i nettet, for eksempel ved opgradering af eksisterende luftledninger til højtemperaturledere. En sådan opgradering af det eksisterende net er et alternativ til netudbygninger.
- Forstærkning og udbygning af det eksisterende net (Energinet.dk, 2007;15-16)

Elforbrugssiden

- Omsætning af el til varme gennem elpatroner og varmepumper. Er en fordel i perioder hvor den bundne elproduktion overstiger forbruget. Både varmepumper og elpatroner kan ligeledes anvendes som reserver i elmarkedet og til systemtjenester.
- Prisleksibelt forbrug via elbiler eller hybridbiler: Har stort potentiale i samspil med storskala udbygning med vindenergi, da det både kan skabe balance- og reservemæssige fordele samtidigt med at skabe miljøfordele.
- Andet prisfleksibelt forbrug, blandt andet via digitaliserede elmålere og timeregistrering af forbruget. Potentialet for dette er opgjort til cirka 8 % af den samlede spidslast i elsystemet.
- Ellagring såsom brint, storage og batterier(Energinet.dk, 2007;16-17).

I forhold til en videre udvikling af transmissionsnettet og energisystemet til at inkorporere mere vindenergi, er det vigtigt at tage højde for det tidsmæssige aspekt. Når transmissionsnettet udbygges er der flere samfundsøkonomiske faktorer og landskabelige interesser der skal tages højde for. Tidligere erfaringer viser at det tager mellem 5-10 år før et større transmissionsanlægsprojekt er klar til idriftsættelse fra beslutningen om projektet tages. Det er derfor nødvendigt med langsigtede lokaliseringsplaner for udbygning af fremtidige havmølleparker (Energistyrelsen, 2007;50).

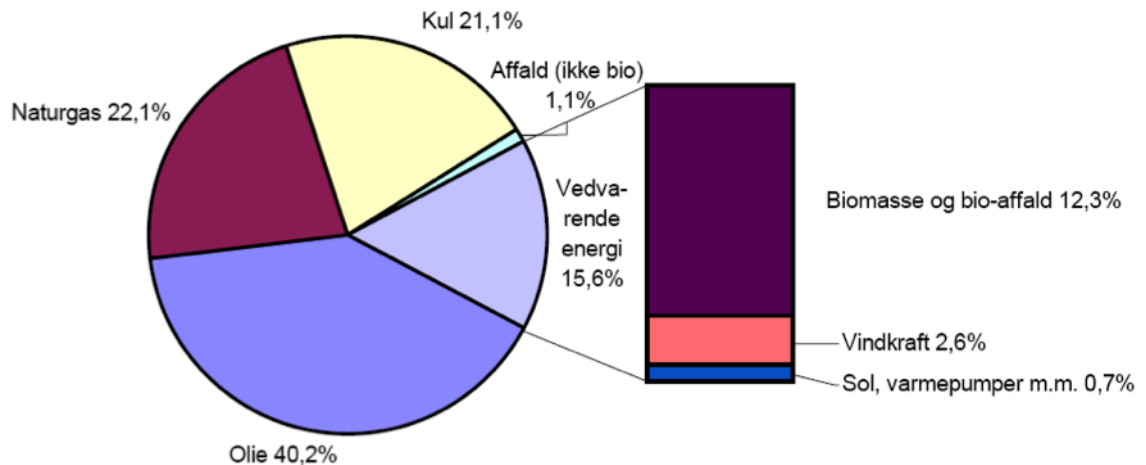
5.4. Potentialet i biomasse

Dette afsnit skitserer omfanget af den nuværende brug af dansk biomasse, samt det maksimale potentiale under nutidige forhold der kan være i biomasse. I den sammenhæng vil henholdsvis det realiserbare potentiale og det teoretiske maksimale potentiale blive vurderet.

5.4.1 Den nuværende udnyttelse af biomasse

I forhold til den vedvarende energier er til stede i det danske energisystem i dag, udgør biomasse langt den største andel (Fødevareministeriet, 2008). Der er flere fordele ved udnyttelse af biomasse i forhold til andre typer af vedvarende energi. Dels er der ikke problemer med naturlige effektvariationer, som gør sig gældende i forhold til vindenergi, og dels er brugen af biomasse ikke kun begrænset til produktion af el, men også varme. En tredje fordel er at biomassen ofte er et restprodukt i produktionen af fødevarer (f.eks. halm i kornproduktionen og affald).

Energistyrelsen angiver, at de eksisterende biomasseressourcer i Danmark i 2006 var på ca. 165 PJ, hvilket skal ses i forhold til udnyttelsen af dansk biomasse til energi på 87,3 PJ (Fødevareministeriet, 2008). Det korrigerede danske bruttoenergiforbrug var i 2006 på 863 PJ, hvor biomassen udgjorde ca. 12 % af dette energiforbrug, hvilket fremgår affigur 8(Jørgensen, 2008;3 & 15).



Figur 11. Biomasse andel af energiforbruget, 2006 (Fødevareministeriet, 2008)

5.4.2 Biomasse i el- og varme produktionen eller som biobrændstof?

I juni 2005 vurderede Regeringen (i Energistrategi 2025), at samfundsøkonomisk kunne biomasseudnyttelse til energi endnu ikke betale sig, selvom miljømæssige fordele indregnedes. Denne opfattelse har i dag i høj grad ændret sig, især i forhold til at imødekomme Danmarks overholdelse af Kyoto-forpligtelserne og i forlængelse heraf EU's mål om reduktion af CO₂. Dette ændrede fokus kan også forklares med, at en række biomasse teknologier kan blive konkurrencedygtig, i takt med de voldsomt stigende oliepriser der har været tendensen de sidste år (Fødevareministeriet, 2008).

Biomasse er på det seneste blevet en prioritet i EU's mål om reduktion af CO₂-udslippet. Fokus har her i høj grad været på biomasse som en erstatning for fossile brændsler i transportsektoren. Målet er, at biomasse som drivmiddel (biobrændstoffer) i 2010 skal udgøre 5,75 % (EU-rapport, 2008). Danmark har i høj grad haft fokus på biomasse til produktion af el og varme, frem for biomasseudnyttelse i transportsektoren. Blandt andet blev de danske el-producenter pålagt årligt at indfyre 1,4 mio. tons biomasse, i forbindelse med biomassehandlingsplanen (Fødevareministeriet, 2008). Anvendelsen af biobrændstoffer i Danmark havde før Energiaftalen i februar 2008 været fastsat til 0,1 %, pga. opfattelsen af, at biomasse hellere skulle udnyttes til produktion af el og varme. I Energiaftalen er der nu blevet fastsat mål, der skal imødegå EU's krav om 5,75 % biobrændstoffer i transportsektoren (Energiaftalen, 2008;4).

Den seneste tids omtale omkring fødevarerkrise på verdensplan har gjort, at fødevarerikkerheden i stigende grad vil blive prioriteret højt. Dette resulterer i, at biomasse måske alligevel ikke kommer til at være en af de bærende løsninger som erstatning for olie til transport på EU plan. Alligevel vil der i en dansk kontekst stadig være mulighed for øget potentiale i biomasse, i forhold til brug af bioaffald, biogas og halm i energisystemet.

5.4.3 Biomasse potentialet i Danmark

Som det fremgår af Tabel 3 bliver ressourcerne træ og affald udnyttet i stort omfang, mens der ligger et stort uudnyttet biomassepotentiale i halm. Der ligger også et stort potentiale i husdyrgødning i form af biogas, hvoraf under 5 % i dag udnyttes til energi. Endelig nævnes det også, at en potentiel mulighed er at udnytte akvatisk biomasse (havalger og lignende) (Fødevarerministeriet, 2008). Akvatisk biomasse er ikke noget der endnu benyttes, men kan måske ses som værende en del af beregninger af potentialet i biomasse på langt sigt (2050). På kort sigt er det primært træ, affald og halm, der er væsentligt.

PJ	Dansk potentiale	Forbrug af danske ressourcer	Import
- Halm	55	18,6	0
- Træ	40	33,7	16,1
- Biomasse til biogas	40	3,9	0
- Bionedbrydeligt affald	30	31,0	0
I alt	ca. 165	87,3	16,1

Tabel 3. Ressourcer af biomasse til energiformål i Danmark, 2006²⁷

I Fødevarerministeriets rapport ”Jorden – en knap ressource” fra 2008 refereres der til et optimistisk scenarie, hvor det i forhold til landbrugssektoren vil være muligt, at øge den nuværende udnyttelse af dansk biomasse 4-5 gange. Det antages at kunne øge omfanget fra ca. 27 PJ til ca. 121 PJ. Scenariet indbefatter bl.a., at de ca. 15 % af kornproduktionen der bliver eksporteret hvert år²⁸ laves om til energiafgrøder (Fødevarerministeriet, 2008). Dette vil, set i lyset af den ovennævnte udvikling i fødevarer manglen, økonomisk ikke være realistisk, da det ikke vil være muligt at konkurrere med de stigende kornpriser grundet fødevarer krisen. I den realistiske vurdering af potentialet i biomasse vil denne del derfor ikke blive taget i betragtning, hvorved den landbrugsmæssige biomasse vil være mindre (78,4 PJ). I vurderingen af det

²⁷ <http://www.ens.dk/sw17120.asp> d. 17-4-08.

²⁸ Eksporten har traditionelt ligget mellem 10 og 20 %, hvorved de i scenariet bruger de 15 % som en form for gennemsnit (Jørgensen, 2008).

maksimale potentiale i biomasse, vil det fulde potentiale i landbrugssektoren inddrages (121 PJ).

Energistyrelsen vurderer at med den nuværende udnyttelse på godt 25 PJ af dansk træflis, er potentialet stort set udnyttet (Fødevareministeriet, 2008). Biogas fra husdyrgødning og affald benyttes allerede, da der allerede er en række decentrale værker spredt ud over landet, men det vil kræves en støtte udbredelse og udbygning af anlæg for at få det fulde udbytte. Dette åbnes der måske op for i Energiaftalen, idet alle nye og eksisterende biogasanlæg ifølge aftalen nu vil få en fast elafregningspris (74,5 øre/kWh), (Fødevareministeriet, 2008;3) hvorved denne tilskudsordning måske vil kunne skabe et incitament til øget fokus på brug af biogas.

I forhold til den nuværende udnyttelse af den danske biomasse på 87,3 PJ, hvor bionedbrydeligt affald og træ mere eller mindre er maksimalt udnyttet, udgør landbrugssektoren i dag ca. 27 PJ. Biomasse i landbrugssektoren vil potentielt kunne øges fra 27 PJ til 78,4 PJ, hvorved det samlede realiserbare potentiale i biomasse vil kunne øges til 138,7 PJ. Hvis der ses på det fulde potentiale iflg. scenariet, hvor der ses stort på eksporten af korn, ville der være ekstra 43 PJ at hente. Det samlede teoretiske maksimale potentiale vil i så fald være 181,7 PJ.

5.5. Energibesparelser og energieffektivisering

”Forbrug af energi er ikke et mål i sig selv, men et middel til at opfylde en række behov og energitjenesteydelser.” (Energistyrelsen, 2004b;27)

Energieffektivisering og energibesparelser kan groft sagt defineres som midlet til, at dette behov for energitjenester opfyldes så energi- og omkostningseffektivt som muligt (Energistyrelsen, 2004a;23). Energieffektivisering og energibesparelser er på sin vis to sider af samme sag, men da besparelser er det mest anvendte begreb, og da effektivisering groft sagt har som mål at afstedkomme besparelser, vil begrebet besparelser blive brugt som overordnet begreb for begge igennem rapporten.

Der er mange fordele ved at udnytte potentialet i energibesparelser. På kort sigt mindskes behovet for investering i ny produktionskapacitet og udbygning af transmissionsnettet. På længere sigt er det et vigtigt middel til at mindske afhængigheden af de fossile brændsler, og derigennem både hjælpe til at sikre forsyningsikkerheden og opfyldelse af nationale og internationale reduktionsmålsætninger (Transport og Energiministeriet, 2005b;7).

Udviklingen i energiforbruget defineres af to helt forskellige situationer, dels af efterspørgslen efter energitjenester og dels af energieffektiviteten i de processer og produkter der opfylder de pågældende energitjenester. For begge situationer gælder det, at energiforbruget både defineres af teknologi og adfærd, men det er vigtigt at tage højde for at der er brug for forskellige virkemidler ved de forskellige situationer (Energistyrelsen, 2004a;24).

Der findes tre forskellige måder at opgøre potentialer på, det tekniske potentiale, det privatøkonomiske potentiale og det samfundsøkonomiske potentiale. Det tekniske potentiale er, hvis alle besparelsemuligheder udnyttes fuldt ud uden hensynstagen til økonomi. I teorien er det tekniske potentiale 100 %, idet der ikke er nogen egentlige tekniske begrænsninger på besparelser. Det privatøkonomiske potentiale er de enkelte energiforbrugere økonomiske potentiale i forhold til besparelser. Dette potentiale vil selvsagt variere, alt efter hvilke gruppe af slutbrugere det drejer sig om. Det samfundsøkonomiske potentiale er en opgørelse over besparelser, der giver et samfundsøkonomisk overskud²⁹ Det privatøkonomiske potentiale er tit højere end det samfundsøkonomiske. Det skyldes blandt andet høje afgifter på energi til opvarmning for private, hvilket gør at det kan være fornuftigt for forbrugerne at gennemføre besparelser. Det samme gør sig ikke gældende for erhvervslivets el- og procesenergiforbrug, da afgiftsniveauet her er forholdsvist lavt (Transport og energiministeriet, 2005b;11).

Det er oftest det samfundsøkonomiske potentiale, som Energistyrelsen og andre energipolitiske aktører beskæftiger sig med i analyser, da energispareinitiativer prioriteres i forhold til, hvor der er flest mulige besparelser i forhold til indsatsen, så indsatsen er omkostningseffektiv. Tekniske potentialer der ikke kan betale sig samfundsøkonomisk, vil derfor ikke blive realiseret, før de også kan betale sig økonomisk (Energistyrelsen, 2004a;53).

Derudover kan potentialet for energibesparelser deles op i forhold til, om det er besparelser på kort eller langt sigt. På kort sigt er der tale om potentialer, som allerede eksisterer, men som ikke udnyttes i dag. På langt sigt er det potentialer, der kan realiseres på længere sigt ved forceret indsats indenfor forskning og udvikling. I praksis er potentialet på langt sigt defineret af udstyr og metoder, der ikke er rentabelt at anvende i dag, men som ved fortsat teknisk udvikling kan blive det i fremtiden (Energistyrelsen, 2004a;27).

²⁹ <http://www.ens.dk/sw20079.asp> d. 3-5-08

Der er lavet flere opgørelser over det samfundsøkonomiske potentiale for besparelser. Ifølge Energistyrelsen handlingsplan for energibesparelser fra 2004 kan der her og nu spares omkring 24 %, og på længere sigt er der potentiale for besparelse på cirka 50 % (Energistyrelsen, 2004a;4). Energistyrelsen har sidenhen lavet en analyse af både det privatøkonomiske og det samfundsøkonomiske energibesparelspotentiale her og nu og frem til 2015 fordelt i forhold til slutforbruget. En oversigt over analysens resultater kan ses i skemaet nedenfor:

Slut-anvendelse	Endeligt energiforbrug 2003 (PJ)	Samfundsøkonomisk potentiale frem til 2015		Privatøkonomisk potentiale (%)	
		%	PJ	Her og nu	Frem til 2015
Rumvarme	217,6	24 %	51,3	18 %	47 %
Industriel proces	66,5	25 %	16,5	13 %	27 %
Belysning	24,0	24 %	5,7	19 %	60 %
Køl/frys	15,1	28 %	4,3	10 %	35 %
Elmotorer	12,4	15 %	1,9	10 %	30 %
Ventilation	11,9	40 %	4,8	13 %	38 %
Pumpning	8,4	35 %	2,9	14 %	42 %
Øvrige	71,3	24 %	17,2	11 %	33 %
I alt	427,2	24 %	104,5	16 %	42 %

Tabel 4: Potentialer for energibesparelser i forhold til energiforbrug i 2003, eksklusiv transport³⁰.

Ud fra tabellen ses det, at det privatøkonomiske potentiale gennemgående er højere end det samfundsøkonomiske. Derudover er det tydeligt, at der er store potentialer indenfor alle grupper af slutanvendelse, og at potentialet stiger over tid.

Hvis potentialet frem til 2015 skal realiseres, kræver det en fortsat teknisk udvikling som beskrevet tidligere i forhold til potentialet på længere sigt³¹. Den løbende teknologiudvikling har indtil nu gjort, at der hele tiden opstår nye besparelspotentialer. Det betyder, at besparelspotentialet ikke reelt set mindskes, selvom der gennemføres besparelser, da nye potentialer hele tiden kommer til (Transport og Energiministeriet, 2005b;11).

³⁰ <http://www.ens.dk/sw20079.asp>, d. 3-5-08

³¹ <http://www.ens.dk/sw20079.asp> d. 3-5-08

Kapitel 6. Model for omstilling af energisystemet

6.1 Definition af modellens indsatsområder

Formålet med modellen er at vise de hypotetiske omstillingsmuligheder indenfor tre definerede indsatsområder i forhold til at fortrænge fossile brændsler fra den danske el og varme produktion og effekten af at kombinere disse indsatsområder. Prioriteringen af udfasning og fortrængning af fossile brændsler er valgt således at kul er første, dernæst naturgas og olie som sidste prioritet. Modellen har udelukkende til formål at oplyse de rå principper i forhold til en omstilling af energisystemet, og data herfra skal ses i dette lys. De tre indsatsområder er: energibesparelser, maksimal udnyttelse af vind og biomasse samt omstilling af al individuel opvarmning til fjernvarme. Omstilling af individuelt varme er valgt, da modellen har sit udgangspunkt i det nuværende system og de tilgængelige og kommercielle teknologier. Argumentet går på, at omstillingen af individuelt varme vil øge totalvirkningsgraden, idet det forudsætter en fleksibel elproduktion på fjernvarmeværker, der går i samspil med variationen i elproduktion fra vindkraft. Der arbejdes med to forskellige tidshorisonter: Realiserbare potentialer på kort og mellemlangt sigt frem mod 2025, og det vurderede maksimale potentiale på langt sigt i forhold til nuværende viden og teknologi. Da vindkraft udgør en væsentlig andel i modellen, er året valgt ud fra rapporten ”Fremtidens havmølleplaceringer – 2025” som beskrives i afsnit 5.2.3.

Modellen tager udgangspunkt i data og information fra rapportens foregående kapitler og Energistatistik 2006. Data fra 2006 bruges igennem alle udregninger som standard for det fremtidige energisystem, hvis der ikke foretages ændringer, og der tages ikke stilling til eventuelle fremtidige ændringer i produktion og forbrug, som ellers kunne have betydning for modellens resultater. Indsatsområderne tænkes ikke som trin for trin-implementering, men som en integreret og samtidig indsats, der samlet kan skabe en omstilling af el- og varmesektoren. Dog er opstillingen af modellen foretaget trinvis for at tydeliggøre samspillet mellem de forskellige indsatser. Modellen tager ikke højde for økonomiske omkostninger i forbindelse med udbygning og omstilling af el- og varme infrastrukturen. Resultaterne fra modellen bliver brugt til at belyse, hvor stor en andel af fossil brændsel det teknisk er muligt at fortrænge i el- og varmesektoren med nuværende teknologier, og hvilke kombinationer af indsatser der vil være mest hensigtsmæssig. Modellens funktion i den samlede rapport, er at danne den tekniske ramme til forståelse af omstillingsproblematikker og derigennem udgøre grundforståelsen for fremtidige muligheder og potentialer. Data og resultater fra modellen anvendes derfor som grundlag og argumenter til diskussionen af fremtidige udfordringer og muligheder.

Alle udregninger er bygget op omkring det danske energisystem som et lukket system. Det er selvfølgelig en helt urealistisk forudsætning for et system, der samtidigt skal fungere på EU's liberaliserede elmarked. Da modellen er en forsimpning af

virkeligheden, der skal bruges til at skitsere nogle overordnede sammenhænge, er denne tilgang valgt, fordi det kan bruges til klarere at vise disse sammenhænge, og det omstillingsbehov det afstedkommer. Det er derfor vigtigt at holde sig for øje, at modellen ikke er tænkt som en metode til at omstille energisystemet, men som et analyseredskab til at klarlægge det sammenlagte omstillingspotentiale.

6.2 Modellens opbygning

A		= Standarddata for el- og varmeproduktion og forbrug i 2006.	
Realiserbare potentialer på kort og mellemlangt sigt		Maksimalt potentiale på langt sigt	
Trin 1: Indførelse af energibesparelser			
A	A med 24 % energibesparelser for el og varme i slutforbruget = B2	A	A med 50 % energibesparelser for el og varme i slutforbruget = B4
Trin 2: Forøgelse af vindkapaciteten			
A med vindkapacitet på 9.500 MW = C1	B2 med vindkapacitet på 9.500 MW = C2	A med vindkapacitet på 15.000 MW = C3	B4 med vindkapacitet på 15.000 MW = C4
Trin 3: Udnyttelse af biomassepotentialet			
C1 med udnyttelse af 138,7 PJ biomasse = D1	C2 med udnyttelse af 138,7 PJ biomasse = D2	C3 med udnyttelse af 181,7 PJ biomasse = D3	C4 med udnyttelse af 181,7 PJ biomasse = D4
Trin 4: Omlægning af al individuel varme til fjernvarme			
D1 med omlægning af al individuel varme til fjernvarme = E1	D2 med omlægning af al individuel varme til fjernvarme = E2	D3 med omlægning af al individuel varme til fjernvarme = E3	D4 med omlægning af al individuel varme til fjernvarme = E4

Standarddata

Standarddatadelen danner skelettet og udgør baseline for de senere udregninger. Den består af værdier for både el- og varmeproduktionen, fordelt i forhold til brændselsforbrug til produktion, produktion fordelt efter brændsler og endeligt forbrug. Ud fra disse data er det muligt at udregne virkningsgrader og tab ved de forskellige led i

processen til brug i de senere udregninger. Mængdeangivelser for forbrug af de enkelte brændsler er ligeledes opgjort til brug i de senere beregninger af fortrængning af fossile brændsler. Da modellen er opsat i et lukket system uden eksterne indvirkninger som handel med udlandet etc., korrigeres der for eksport og import.

Trin 1: indførelse af energibesparelser

I afsnit 5.5 blev potentialet for energibesparelser opgjort til 24 % frem til 2015. Potentialet på langt sigt blev opgjort til cirka 50 %. Disse besparelser er indført i modellen i slutforbruget. Derfra er det beregnet, hvor stor en andel af de fossile brændsler de pågældende energibesparelser kan fortrænge, og derved hvor meget det samlede brændselsforbrug kan mindskes.

Trin 2: Forøgelse af vindkapaciteten

Det teoretiske vindpotentiale i Danmark blev i afsnit 5.2 opgjort til at være 15.000 MW. Dette potentiale vil dog kun være realiserbart på længere sigt. Potentialet på kort sigt er beregnet til at være på omkring 9.500 MW. Det største problem ved vindkraft er, at det er umuligt at styre hvornår der produceres strøm, og hvor meget der produceres. Af samme grund er det umuligt at definere en fast produktion på baggrund af en mølles kapacitet, da det er afhængigt af vindforholdene i det pågældende år. Da der i denne rapport arbejdes med en teoretisk model for omstilling af energisystemet, er denne faktor mindre vigtig. Kapacitetspotentialet er derfor omregnet til årlig produktion på baggrund af gennemsnits driftstimer for henholdsvis vindmøller til havs og på land. Værdierne for produktionen på baggrund af de to angivne kapaciteter er derefter blevet sammenkørt med standarddatamodellen og modellen med energibesparelser. Herved er det tydeliggjort hvor meget vindenergiens andel af den samlede produktion skifter i forhold til størrelsen af energibesparelser i slutforbruget.

Trin 3: Udnyttelse af biomassepotentialet

En vis del af det samlede biomassepotentiale i Danmark udnyttes ikke i dag. I tabellen med standarddata ses det samlede forbrug af biomasse til el- og varmeproduktion for 2006. Dette tal ligger en del under det potentiale der blev beskrevet i afsnit 5.3. Her blev det maksimale potentiale vurderet til at være på henholdsvis 138,7 PJ og 181,7 PJ, alt efter om eksporten af korn regnes med som biomassepotentiale. De to værdier er blevet indført i trin 2, for at vurdere hvor stor en andel af de fossile brændsler vind og biomasse samlet kan fortrænge, både hvis energiforbruget er det samme som for 2006, og hvis det er mindsket på grund af energibesparelser. For de ”ekstreme” af modellerne hvor der er foretaget maksimale energibesparelser, og der er indført en stor andel af

vind, vil det overskydende biomassepotentiale, efter at alle fossile brændsler er fortrængt, ligeledes blive vurderet.

Trin 4: Omlægning af al individuel varme til fjernvarme

Det energisystem vi har i dag, er i høj grad bygget op omkring brugen af fossile brændsler, og vedvarende energiteknologier er efterfølgende forsøgt indpasset i dette system. Der arbejdes i denne rapport blandt andet med muligheden for at ændre hele energisystemets sammenhæng til i højere grad at være bygget op omkring brugen af vedvarende energi. I sådan en sammenhæng kan det være en fordel, at en større del af det samlede varmeforbrug dækkes af fjernvarme, da det kan være med til at skabe en større fleksibilitet i systemet. Denne diskussion vil blive taget op i det efterfølgende kapitel. Af denne grund er der foretaget en udregning af, hvilke betydning det får, hvis al individuel varmeproduktion bliver lagt om til fjernvarme. Der er flere tekniske forhindringer, der gør, at en sådan omlægning ikke er realistisk på kort sigt, men omvendt er der store potentialer i en sådan omlægning, og betydningen heraf er vigtig i forhold til en samlet vurdering. Udregningen skal ligeledes give et billede af, hvilke betydning i forhold til ressourceforbrug en sådan omlægning kan få.

Udover at omhandle omlægning til fjernvarme fungerer dette sidste trin også som den samlede model for, hvordan alle indsatsområderne kan spille sammen. Der er opstillet fire forskellige mulige modeller på dette sidste trin, to der omhandler omstilling på kort og mellemlang sigt, og to der omhandler omstillinger på langt sigt. De fire forskellige modeller kan beskrives således:

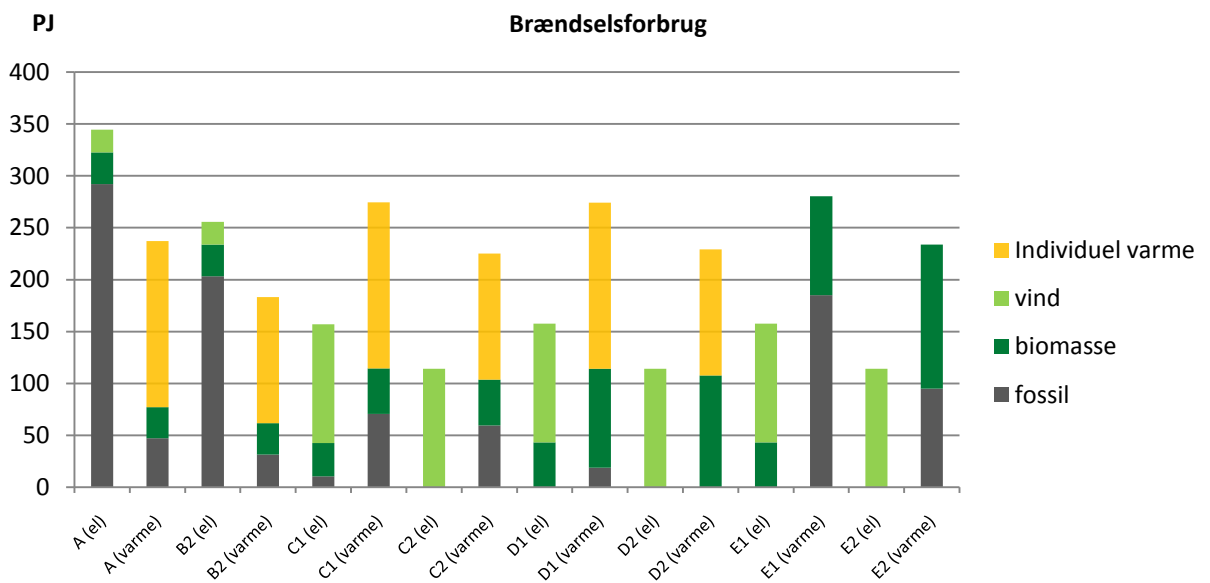
1. Omstilling på kort og mellemlangt sigt uden energibesparelser: Her er vindkapaciteten forøget til 9.500 MW, og biomassepotentialet på 138,7 PJ udnyttes, samtidig med at al individuel varme er omlagt til fjernvarme.
2. Omstilling på kort og mellemlangt sigt med 24 % energibesparelser: Her er vindkapaciteten ligeledes forøget til 9.500 MW, og biomassepotentialet på 138,7 PJ udnyttes, samtidig med at al individuel varme er omlagt til fjernvarme.
3. Omstilling på langt sigt uden energibesparelser: Her er vindkapaciteten forøget til 15.000 MW, og biomassepotentialet på 181,7 PJ udnyttes, samtidig med at al individuel varme er omlagt til fjernvarme.
4. Omstilling på langt sigt med 50 % energibesparelser: Her er vindkapaciteten forøget til 15.000 MW, og biomassepotentialet på 181,7 PJ udnyttes, samtidig med at al individuel varme er omlagt til fjernvarme.

6.3 Gennemgang af data

De opstillede modeller tager udgangspunkt i forskellige tiltag, som påvirker el- og fjernvarmesystemet, primært med henblik på udfasning af de fossile brændsler og

indførelse af vedvarende energi. For at få et overordnet billede af tiltagenes betydning for systemet bliver der i dette afsnit opstillet en sammenfatning, som er uddrag af data fra det vedlagte excel-ark (Bilag G). For overskuelighedens skyld gennemgås først de realiserbare potentialer på kort og mellemlangt sigt, hvor der grafisk sammenlignes brændselsforbrug og andel af vedvarende energikilder for både el- og varmeproduktionen, og dernæst gennemgås de maksimale potentialer på langt sigt. Afslutningsvist vil der være en analyse af scenarierne.

6.3.1 Realiserbare potentialer på kort og mellemlangt sigt



Figur 12: Potentialer på kort og mellemlangt sigt i model.

Trin 1: Besparelser

B2: Besparelser på 24 % på el- og varmesiden.

De fossile brændsler får en mindre andel af det samlede brændselsbehov, eftersom besparelserne er udregnet til at formindske brugen af disse. Vedvarende energi står nu for en større andel af forsyningen, da den ikke er berørt af besparelserne. Der er stadig behov for fossile brændsler i fjernvarmeproduktionen for at kunne dække varmebehovet.

Trin 2: Forøgelse af vindkapaciteten

C1: Vindkapacitet 9.500 MW

Ielproduktionen er kul og naturgas udfaset som brændsel, og der bruges kun en lille andel olie. Mængden af fossilt brændsel til fjernvarme stiger i forhold til B2, da der ikke er overskudsvarme fra termiske kraftværker.

C2: Vindkapacitet 9.500 MW, 24 % energibesparelser

Al fossil brændsel i elsektoren bliver udfaset, men fossile brændsler bliver stadig anvendt i fjernvarmesektoren. Vindkraft dækker hele elbehovet, og der er samtidig en overproduktion af el fra vindmøllerne. En større vindkraftandel i elproduktionen giver et øget brændselsforbrug til fjernvarmeproduktionen, da der ikke bliver produceret varme ved elproduktionen.

Trin 3: Udnyttelse af biomassepotentialet

D1: vindkapacitet 9.500 MW, biomassepotentiale 138,7 PJ

El bliver udelukkende produceret på vindkraft kombineret med biomasse. Til fjernvarmeproduktionen udgør olie og naturgas en mindre andel, mens kul bliver helt udfaset. Det resterende brændselsbehov bliver dækket af biomasse.

D2: Vindkapacitet 9.500 MW, biomassekapacitet 138,7 PJ, 24 % besparelser

Ved 24 % besparelser er de fossile brændsler helt udfaset i produktionen af el og fjernvarme. Samtidig er der et eloverskud på 15 PJ og overskydende biomasse på 31 PJ, som kan gå til andre formål.

Trin 4: Omlægning af al individuel varme til fjernvarme

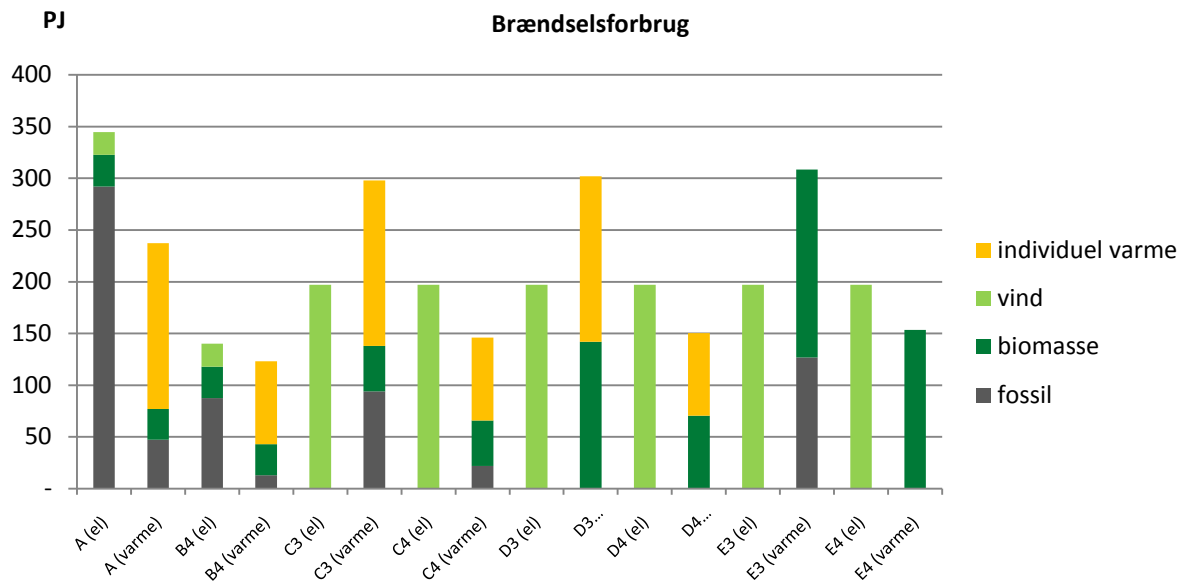
E1: Vindkapacitet 9.500 MW, biomassekapacitet 138,7

Ved omlægning af individuel varme til fjernvarme bliver den øgede produktion af fjernvarme baseret på fossile brændsler. Biomasse indgår både i el- og fjernvarmeproduktionen, da vindkraft ikke kan dække hele elbehovet.

E2: Vindkapacitet 9500 MW, biomassekapacitet 138,7, 24 % besparelser

Med 24 % besparelser anvendes biomasse udelukkende til fjernvarmeproduktionen, da vindkraft kan dække hele elbehovet med et overskud på ca. 15 PJ. Kul og naturgas er udfaset i fjernvarmeproduktion, så anvendelsen af fossile brændsler til varmeproduktionen udgøres udelukkende af olie.

6.3.2 Maksimalt potentiale på langt sigt



Figur 13. Potentialer på langt sigt i model.

Trin 1: Besparelser

B4: 50 % besparelser på el- og varmesiden.

Langsigtede besparelser på 50 % får stor betydning for det endelige energibehov og dermed brugen af fossile brændsler. Kul bliver helt udfaset for både el og fjernvarmeproduktionen, og de fossile brændsler dækker nu over olie og naturgas, som bliver brugt til både el- og varmeproduktionen.

Trin 2: Forøgelse af vindkapaciteten

C3: Vindkapacitet 15.000 MW

Elproduktionen er der ikke behov for fossile brændsler, da vindkraften dækker hele behovet, og der samtidig er en overproduktion på 66 PJ. De fossile brændsler bliver brugt til fjernvarmeproduktion og brugen af dem stiger, da der ikke er overskudsvarme fra elproduktionen.

C4: Vindkapacitet 15.000 MW, 50 % besparelse

I fjernvarmeproduktionen er olie og naturgas det eneste fossile brændsel da kul er fortrængt. Vindkraft dækker hele elforbruget med et overskud på 131.908 TJ.

Trin 3: Udnyttelse af biomassepotentialet

D3: Vindkapacitet 15.000 MW og biomassekapacitet 181,7 PJ

Med en vindkapacitet på 15.000 MW bliver hele elproduktionen baseret på denne og hele biomassekapaciteten på 181,7 PJ går til varmeproduktion, med et overskud på 39 PJ til andre formål.

D4: Vindkapacitet 15.000 MW, biomassekapacitet 181,7 PJ, 50 % besparelser

Når det endelige energibehov er halveret på grund af besparelser, vil alle fossile brændsler være udfaset, og der vil være et overskud på 111 PJ biomasse og 332 PJ el.

Trin 4: Omlægning af al individuel varme til fjernvarme

E3: Vindkapacitet 15.000 MW, biomassekapacitet 181,7

Ved omlægning af individuel varme og i samspil med det maksimale potentiale på langt sigt, udgør vindkraft den samlede elproduktion med et overskud på 66 PJ. Kul bliver udfaset til varmeproduktionen, men naturgas og olie har stadig en andel.

E4: Vindkapacitet 15.000 MW, biomassekapacitet 181,7 PJ, 50 % besparelser

Med 50 % besparelser samtidigt med maksimal udnyttelse af vindkraft og biomasseproduktion, kan en komplet udfasning af fossile brændsler lade sig gøre. Vindkraft producerer 132 PJ el udover behovet, og der er ligeledes et overskud i biomasse på 28 PJ.

Opsummering

Figurerne viser hvilke ændringer de tidligere omtalte tiltag medfører. Ved baseline scenariet har fossile brændsler til elproduktion en stor andel, hvorefter de gradvist bliver reduceret, indtil scenariet med vindmøllekapacitet på 9500MW og 24 % besparelser, hvor de bliver helt udfaset. Vindkraft bliver integreret i elproduktionen, og dækker for en stor del af modellerne hele elproduktionen. Dette har stor effekt i forhold til brændselsforbruget i fjernvarmeproduktionen, da vind ikke bidrager med overskudsvarme til fjernvarmeproduktionen. I flere af modellerne er der ligeledes en overskudsproduktion af el, som kan udnyttes til eksport eller lagres.

Ved brug af biomasse i samspil med øget vindkraft og besparelser, vil de fossile brændsler være fortrængt, og der vil være overskydende el og biomasse. Det bedste resultat i forhold til at opnå et klimavenligt system ses for modellen med vindkapacitet på 15.000 MW, biomasseproduktion på 181,7 PJ og 50 % besparelser, da der her udelukkende bruges vedvarende energi.

Ved omstrukturering af varmesystemet så individuel varme bliver overført til fjernvarmesystemet, viser næsten alle modellerne, at der er behov for fossile brændsler til varmeproduktion, da mængden af biomasse ikke er dækkende. Med 50 % besparelser på el- og varmesiden og vindkapacitet på 15.000 MW i samspil med biomasseenergi på 181,7 PJ bliver der dog overskydende el og biomasse, som kan bruges i andre sammenhænge.

6.4 Dataanalyse

De tiltag, der indgår i modellen, er tiltænkt både på kort og langt sigt, og viser blandt andet, at en komplet udfasning af de fossile brændsler kan realiseres. Dette kræver dog et samspil mellem energibesparelse, øget andel vedvarende energi og omstrukturering af varmeproduktionen, hvilket er de indsatsområder der blev fokuseret på i modellen. Energibesparelserne viser sig at have en stor betydning både for el- og fjernvarmen, og er et initiativ der er forholdsvis ligetil at imødekomme. Den øgede mængde biomasse på henholdsvis 181,7 og 138,7 PJ, gavner både el- og fjernvarmeproduktionen, hvor den, især i samspil med vindkraft, kan bruges strategisk i forhold til varmebehovet.

Visionen om udfasning af fossile brændsler sker allerede for elproduktionen i modellen ved implementering af øget vindkapacitet på 9.500 MW, som er det realiserbare vindpotentiale på kort og mellemlangt sigt. I den efterfølgende model, hvor der ligeledes er 24 % besparelser, er der samtidig med at fossilt brændsel er udfaset, også overskydende el. Fossil brændsel bliver stadig anvendt til fjernvarmen pga. mindre overskudsvarme fra elproduktionen. En udfasning af fossilt brændsel i hele systemet fungerer kun i samspil mellem initiativerne, da de enkeltvis ikke er effektfulde nok.

Det er nødvendigt at stræbe efter at have en stabil og pålidelig elproduktion, hvilket især er en udfordring ved øget vindkraftandel, da vindkraft er afhængig af vejrforholdene. Udregninger for vindkraft er baseret på et gennemsnit for driftstimer, hvor vindmøller producerer energi. Dette tal varierer inden for kort tid og påvirker dermed energiproduktionen således, at der kan være perioder med mangel på el. For at undgå systemnedbrud er det nødvendigt med en stor reservekapacitets f.eks. fra et biomasseanlæg, som midlertidigt kan indsættes i elproduktionen for at supplere vindkraften. Derfor kræver øget vindkraft fleksible kraftværker, som inden for kort tid kan sættes i produktion. I tilfælde af at der sker en overproduktion af energi fra vindmøller, kan det have konsekvenser for systemet, hvis den overskydende energi ikke bliver afsat. For meget energi i forhold til forbrug kan overbelaste systemet, og det stiller krav til en infrastruktur, der kan håndtere store energimængder, således at energimængden kan eksporteres eller lagres. Lagring af energi fra vindmøller er en god mulighed for at udnytte energien fra overproduktion, også fordi lagring kan anvendes i transportsektoren.

Kapitel 7. Udfordringer og muligheder for omstilling til et klimavenligt dansk energisystem

Formålet med dette kapitel er, at diskutere de udfordringer og muligheder der er for omstilling til et klimavenligt dansk energisystem. I de to foregående kapitler har vi identificeret de forskellige tekniske muligheder i forhold til de udvalgte indsatsområder. Denne viden bliver brugt som diskussionsgrundlag i det følgende.

Diskussionen er delt op i tre niveauer. Først vil omstilling af energisystemet fra en lukket national vinkel blive diskuteret. Derefter vil diskussionen blive hævet op på det internationale plan, og den foregående del vil blive diskuteret, i forhold til de udfordringer der forekommer, når systemet ses som en del af et fælles EU energisystem. Sidste del af analysen foregår på det mere abstrakte overordnede niveau og vil primært være centreret omkring energiforståelser, mål og ambitioner for det fremtidige energisystem.

7.1. Omstilling af energisystemet i et nationalt perspektiv

Med udgangspunkt i den teoretiske model over omstillingspotentialer fandt vi, at der er potentiale til en omstilling til et klimavenligt dansk energisystem. På kort-mellemlangt sigt er det således muligt at dække hele elforbruget gennem energibesparelser og vedvarende energi, hvorimod der forsat vil være behov for en væsentlig mængde af olie i varmeproduktionen. På langt sigt vil det være muligt at udfase alle fossile brændsler fra både el- og varmeproduktionen, hvis der gøres brug af en kombination af energibesparelser, vedvarende energi og omstilling af individuel varmeforsyning til fjervarme. Dette maksimale potentiale vil ligeledes give et overskud på såvel el- og varmesiden.

7.1.1 Samspillet mellem vind og kraftvarme

For at kunne realisere målet om en udfasning af de fossile brændsler fra el- og varmeproduktionen er der brug for store omstillinger og ændringer af systemet. En af de største udfordringer ligger i indpasningen af en større andel af vindenergi.

I elsystemet skal der være en præcis balance mellem produktion og forbrug, og derfor er det vigtigt med en reservekapacitet, der med kort varsel kan sættes ind og levere den nødvendige ekstracapacitet (Energinet.dk, 2007;13). I det nuværende energisystem er der et velfungerende samspil mellem de centrale og decentrale produktionsanlæg og vindenergien, idet disse relativt hurtigt kan justere produktionen i forhold til mængden af vindenergi. Hvis el-produktionen, som det er tilfældet i vores teoretiske model, baseres på vindenergi, vil det derfor stille store krav til det termiske produktionsapparat,

der skal sikre, at den nødvendige kapacitet forsat er tilstede, i perioder hvor det ikke blæser.

I modellen fortrænger vindenergien stort set al elproduktion fra kraftvarmeværkerne, og i nogle af scenarierne overstiger elproduktionen fra vind endda det samlede elforbrug. Hvis en stor andel af el-produktionen kommer fra vind, er der ikke længere behov for samme kapacitet i det termiske produktionsapparat, og dets funktion flyttes fra en grund- og mellemlastproduktion til spidslastproduktion og regulerkraft (Energinet.dk, 2007;13). Hvis vindenergien udgør hele el-produktionen vil det stille krav til en omstilling af kraftvarmeværkerne.

7.1.2 Et fleksibelt energisystem

Typisk taler man om, at der skal ske en indpasning eller en integration af vindenergien i det eksisterende system, men en meget stor forøgelse af produktion fra vindmøller stiller nogle helt andre krav til systemet end termisk produktion, og det er derfor nødvendigt at tænke vindenergi ind som en del af en større omstilling af systemet. Hvor el- og varmeproduktionen i dag er bygget op omkring brugen af fossile brændsler, er der brug for en omstilling af systemet, så det i stedet bygger på vedvarende energi. Det vil sige, at i stedet for at tænke integrering af vedvarende energi i det nuværende system er der brug for et nyt fleksibelt energisystem, hvor fossile brændsler kan anvendes som supplement, hvis de vedvarende energikilder ikke slår til.

Fleksible varmeværker

Størstedelen af fjernvarmeproduktionen foregår i dag på centrale og decentrale kraftvarmeværker, men med så meget vind kan der være en fordel at løse bindingen mellem el og varmeproduktionen så værkerne kan producere varme alene (Teknologirådets nyhedsbrev, 2007). Varmeproduktionen kunne i stedet foregå på en form for fleksible varmeværker med mulighed for hurtig omstilling til kraftvarme. Disse værker kunne dermed udgøre en slags reservekapacitet, der kan sættes ind ved manglende vindproduktion.

I modellen blev der ligeledes arbejdet med omstilling af al individuel opvarmning til fjernvarme. Det har flere fordele i forhold til den ovenstående problemstilling. Jo større del af varmeproduktionen der foregår ved fjernvarme, jo mere fleksibilitet er der til justeringer i forhold til den producerede vindenergi. Ved at omlægge en større del af varmeforbruget til fjernvarme på fleksible varmeværker øges kapaciteten af værker, der kan anvendes til elproduktion, hvis vinden ikke blæser. En sådan omlægning af varmeproduktionen har især betydning i det scenarie, hvor der sker en kombination af

energibesparelser og øget vindenergi, da al elproduktionen her dækkes af vindenergi, og der derfor er brug for en større mængde reservekapacitet, til når vinden ikke blæser.

Der er selvfølgelig flere tekniske og fysiske problemer ved at omstille hele varmeproduktionen til fjernvarme, og det kan i praksis vise sig at være umuligt at foretage en fuldstændig omlægning af produktionen. Omvendt kan især øget brug af mini- og mikrokraftvarmeanlæg³² betyde, at det på sigt kan være realistisk med en fuldkommen omlægning. Hvis intentionen er at omlægge energisystemet til et vedvarende energisystem, kræver det i sig selv en brændselsændring for varmeproduktionen, og det vil i den forbindelse være logisk at se på en omlægning til fjernvarmeproduktion.

Ændring af de termiske anlæg til fleksible varmekværker med mulighed for hurtig omstilling til kraftvarme, kan ikke løse udfordringen ved en øget andel af vindenergi alene. Der er brug for en kombination af forskellige metoder og reguleringer, for at sikre at systemet kan fungere i sin helhed.

En overordnet gennemgang af løsningsmuligheder er beskrevet i afsnit 5.3. Det følgende vil primært fokusere på mulighederne for at indrette et intelligent energiforbrug, lagring af vind samt betydningen af energibesparelser.

Intelligent energiforbrug

Som nævnt ovenfor er specielt fleksibiliteten et vigtigt element i et fremtidigt energisystem baseret på store mængder af vindenergi. En måde hvorpå denne fleksibilitet kunne øges er ved at indrette et intelligent energiforbrug. Intelligent forbrug kan blandt andet være en ændring af forbruget, så det i højere grad hænger sammen med mængden af produceret strøm. Det kan blandt andet ske gennem indførelse af intelligente elmålere og elapparater, der kan justerer hvornår forskellige elektriske apparater, der ikke er tidsafhængige i deres funktion, kører i forhold til ændringer i elpriser som følge af stor elproduktion (Teknologirådets nyhedsbrev, 2007). Dette er en af de metoder, som blandt andet Jens Madsen tillægger stor betydning for fremtiden:

”Noget af det der også bliver rigtig vigtigt i fremtiden, det er at vi har en form for intelligent forbrug.”
(Jens Madsen, Bilag A)

Lagring af vind

I forhold til lagring af energi, udvikles der hele tiden nye teknologier, der forbedrer mulighederne for lagring. Den umiddelbart mest fordelagtige form for lagring er at kombinere vindkraft med oplagret vandkraft i Norge og Sverige (Teknologirådets nyhedsbrev, 2007). Dette er dog kun en mulighed, så længe Norge og Sverige ikke selv

³² Se begrebsafklaring for definition af mini- og mikrokraftvarme.

har en stor vindmølle kapacitet. Derudover er der muligheder for oplagring i varmepumper til brug i fjernvarmenettet og ellagring i brint, batterier og lignende teknologier. En anden mulighed for at skabe fleksibilitet i forbruget er i form af elbiler og hybridbiler. Der kan være et stort potentiale gemt i elbiler, da disse kan være med til at løse problemet med varierende elproduktion, ved at bilerne lades op når der er en stor vindproduktion, og tilsvarende kan der tappes el når produktionen er lille. Dette vil være med til at skabe fleksibilitet i energisystemet (Energinet.dk, 2007;16).

7.1.3 Energibesparelser

En vigtig faktor i forhold til en ændring af energisystemet er energibesparelser. Som det kan ses i modellen i kapitel 6 har energibesparelser en direkte effekt på brændselsforbruget, og energibesparelser nævnes oftest som en af de vigtigste løsninger i forhold til at nå de nationale CO₂-reduktionsmål. Potentialet i energibesparelser er stort, og det gør næsten alle andre former for omstilling nemmere og billigere, hvis der først tænkes energibesparelser. I vores omstillingsmodel er der udelukkende arbejdet med energibesparelser i slutforbruget, hvilket er en meget forsimplet tilgang til potentialet i energibesparelser. Herunder vil der derfor både blive diskuteret muligheder for energibesparelser i produktionen samt muligheder i slutforbruget.

Energibesparelser i produktionen

Det er vigtigt at se energibesparelser i et bredere perspektiv. Der er ikke kun mulighed for energibesparelser i slutforbruget, sådan som de fleste energispareplaner lægger op til. Der kan også være store potentialer at hente, hvis der fokuseres på energibesparelser i produktionen af varer og energi. I forhold til at lave energibesparelser i produktionen af el- og varme er det nødvendigt at kigge på totalvirkningsgraden³³ ved produktionen. Jo højer totalvirkningsgrad jo mindre brændsel skal der bruges til at producere den samme mængde energi, og der er derfor meget at hente ved at fokusere på at øge denne. Totalvirkningsgraden i Danmark har været lav et par år (se graf i afsnit 5.1) grundet øget eksport af el til udlandet og deraf følgende overskudsvarmeproduktion. Det betyder, at de brændsler der bruges i produktionen ikke udnyttes optimalt i dag, og der derved anvendes en større mængde brændsler end nødvendigt. Hvis målet er et så effektivt energisystem som muligt, er det nødvendigt i højere grad at fokusere på sammenhængen i hele systemet, således at brændslerne udnyttes optimalt.

I forhold til den foregående diskussion om samspillet mellem vind og kraftvarme, så har denne problematik stor betydning. Hvis der udelukkende produceres varme på et værk, vil virkningsgraden typisk være omkring 90 % da tabet herfra er meget lille. Samme virkningsgrad kan fås hvis der produceres kombineret el og varme på et kraftværk. Ved

³³ Se begrebsafklaring i afsnit 2.4 for definition af totalvirkningsgrad.

ren elproduktion vil virkningsgraden derimod typisk ligge på omkring 40 % og aldrig over 50 % med nuværende teknologi (Energihåndbogen, 2002;213). Det er derfor problematisk at producere el uden at producere varme på et termisk værk, da virkningsgraden her kraftigt forringes, hvorimod det ikke er problematisk kun at producere varme i forhold til virkningsgraden.

I dag defineres elproduktionen i Danmark af prisen på det liberaliserede elmarked, hvilket i de senere år har betydet, at vi har haft en forholdsvis stor eksport af el til udlandet og deraf faldende totalvirkningsgrad. Det er problematisk fra et miljømæssigt synspunkt, da markedet herved har indflydelse på, hvor effektivt brændslerne udnyttes på de danske kraftværker. En måde at minimere dette problem indenfor det nuværende energisystems rammer er, ved at omlægge en stor del af den individuelle varmeproduktion til fjernvarme, som diskuteret ovenfor. Derved mindskes sandsynligheden for at der produceres overskudsvarme fra elproduktionen, da den samlede varmeefterspørgsel fra kraftvarmeværkerne vil være højere.

Energibesparelser i slutforbruget

I forhold til energibesparelser i slutforbruget, er der bred enighed både blandt politikere og hos industrien om, at det er et af de vigtigste virkemidler hvis ikke det vigtigste. På nuværende tidspunkt er energibesparelser dog ikke i særlig høj grad knyttet op på forbruget, hvilket gør, at det oftest ikke er de mest energieffektive løsninger, der vælges i en given situation. Det kan både skyldes økonomi og mangel på information. Som Jens Madsen fra Dansk Energi også påpeger, er der brug for en holdningsændring i forhold til at tænke energibesparelser ind i slutforbruget:

"Jeg ved ikke hvorfor, men når det kommer til energibesparelser, så holder folk op med at tænke fornuftigt. Vi køber gladelig et lidt billigere produkt, selvom det koster meget mere i elforbrug. I forhold til samfundsøkonomien i effektiviseringer og besparelser, så laver vi også rigtig mange dårlige investeringer. Vi handler tit forkert fordi vi glemmer at energibesparelser også økonomisk er en god ide." (Jens Madsen, Bilag A).

Dette er en vigtig pointe set i lyset af, hvor stor betydning energibesparelser kan have i forhold til det samlede brændselsforbrug. En bedre udnyttelse af potentialet kræver derfor ikke bare politisk omstilling, men det kræver ligeledes en holdningsændring blandt forbrugerne.

7.1.5 Kan vi udfase de fossile brændsler?

Det langsigtede mål for dansk energipolitik er en komplet udfasning af brugen af fossile brændsler (afsnit 3.6), men som det fremgår af kapitel 4 er der stadig lang vej, idet

energiproduktionen først og fremmest er baseret på fossile brændsler. I 2006 udgjorde vind således kun 24,1 % af den samlede el-kapacitet.

I vores model over omstillingspotentialer, er dette mål opnåeligt i el og varmeproduktionen, hvis der arbejdes med en tidshorisont udover 2025, hvorimod det ikke umiddelbart er muligt at dække alt el- og varmekonsum ved hjælp af vedvarende energikilder på kort sigt. Som nævnt i kapitel 6, er modellen udelukkende en forsimplet analyse til forståelse af omstillingspotentialer, og der kan derfor ikke siges noget absolut om, hvornår det er muligt at udfase fossile brændsler, ud fra modellen, da dette er en meget kompleks problematik. Omvendt viser modellen tydeligt, at hvis der kun fokuseres på tekniske potentialer og ikke på økonomiske forhold, vil det være realistisk at udfase fossile brændsler af el- og varmeproduktionen, hvis der foretages en konsekvent omlægning af energisystemet. Det kræver dog at alle virkemidler tages i brug, så kraftige energibesparelser kombineres med stor vindkapacitet og fuld udnyttelse af biomassepotentialer. Hvis det teoretiske vindpotentialer ligeledes udnyttes fuldt ud, vil der ske en stor overproduktion af el i forhold til det samlede elforbrug. Denne overproduktion kunne potentielt bruges i andre dele af energisystemet eks. i elbiler.

De politiske visioner rækker i den forbindelse ikke lige så langt som de tekniske potentialer. For størstedelen af de adspurgte politikere vurderes dette at ligge langt ude i fremtiden. Per Ørum Jørgensen mener at det måske er realiserbart frem mod 2075 (Per Ørum Jørgensen, Bilag D) hvorimod hverken Mette Gjerskov (Mette Gjerskov, Bilag B) eller Lars Chr. Lilleholt overhovedet tør komme med et bud på hvornår det kan ske. Lars Chr. Lilleholt mener endda, at kul vil fortsætte med at være en væsentlig del af energiforsyningen i Danmark i mange år ud i fremtiden (Lars Chr. Lilleholt, Bilag E). Per Clausen fra Enhedslisten er der imod meget optimistisk og mener at sådan en udfasning vil være realistisk på det mellemlange sigt.

”Det er min klare opfattelse, at hvis man gik målrettet efter det, så ville man være meget tæt på en komplet udfasning i løbet af 25-30 år. Der vil nok stadigvæk være nogle nicher, hvor man vil være nød til at bruge fossile brændstoffer, men jeg mener sådan set, at et ambitiøsniveau af den art ville være til at opfylde” (Per Clausen, Enhedslisten, Bilag C).

Det er interessant, at de politiske vurderinger er så forskellige, og ligeledes at de er så relativt uambitiøse, når man tager i betragtning at udfasning af fossile brændsler rent faktisk er hovedformålet med dansk energipolitik. Mette Gjerskov formulerer det således:

”Det betyder faktisk, at vi som energipolitikere. Det første, vi skal tænke på hver morgen, når vi står op, er hvordan kan vi reducere de fossile brændsler, punktum.”(Mette Gjerskov, Socialdemokraterne, Bilag B).

Selvom vi på baggrund af modellen kun kan sige noget om muligheden for at udfase fossile brændsler i el- og varmeproduktionen, så udgør denne sektor så stor en del af det samlede fossile brændselsforbrug, at det alligevel kan give et billede af mulighederne. Noget tyder derfor på at en omstilling af energisystemet både på kort og langt sigt i højere grad begrænses af politiske barrierer end af tekniske barrierer, og at der er et stort omstillingspotentiale, hvis den politiske vilje er til stede.

7.2. Det danske energisystem i en EU ramme

Den teoretiske model af omstillingspotentialet i det danske energisystem er af analytiske årsager udarbejdet i en form for national ”osteklokke”, hvor energisystemet behandles som en isoleret enhed. Virkeligheden er dog en helt anden. Selvom det er væsentligt at vurdere det indenlandske omstillingspotentiale, i forhold til de ressourcer der er tilstede, har samspillet med udlandet i dag rigtig stor betydning for mulighederne for at få det danske energisystem til at fungere.

7.2.1 Forholdet mellem national og europæisk energipolitik

Som tidligere vist i kapitel 3, så danner forpligtelserne i Kyoto-protokollen og EU-samarbejdet, herunder specielt liberaliseringen af el-markederne og oprettelsen af kvotesystemet, i stigende grad de overordnede rammer om dansk energipolitik. Seneste er EU kommet med et udspil til en klima- og energipakke der sætter væsentlige mål for det danske energisystem³⁴

Specielt tre elementer: forsyningssikkerhed, miljø og økonomi har løbende spillet ind på udformningen af dansk energipolitik, og de samme områder synes ligeledes at have betydning i en EU kontekst. Med det udvidede europæiske samarbejde og liberaliseringen af el-markederne øges samhandlen og den indbyrdes forbundenhed mellem de europæiske medlemslande. Det betyder at dansk energipolitik ikke udelukkende kan fokusere på sammenhængen internt i det danske energisystem, dansk selvforsyning og dansk forsyningssikkerhed.

”Hvis man tænker det i en europæisk sammenhæng, så kan det godt være at Danmark har olie nok, men Tyskland og Frankrig har ikke, så er det flintrende ligegyldigt at vi har nok. Vi er en del af en europæisk økonomi, det må vi erkende” (Jens Madsen, Bilag A).

³⁴ <http://www.ens.dk/sw63812.asp> d. 20-05-08

Den øgede afhængig mellem EU landene betyder, at forsyningssikkerhed i højere grad må betragtes i et europæisk perspektiv, da det i sidste ende er noget, der kan komme til at påvirke alle medlemslande uafhængig af deres egne ressourcer. Samtidig betyder de voksende globale klimaproblemer, at der nødvendigvis må handles på europæisk såvel som globalt niveau, da en reduktion af det danske energiforbrug og drivhusgasudledning i sig selv ikke har nogen reel betydning.

Den øgede internationalisering af energipolitikken betyder, at det er en væsentlig og interessant diskussion, hvor meget vi i Danmark selv kan regulere gennem en national energipolitik, og hvor meget der reelt er henlagt til EU. Hvor meget indflydelse har politikerne i Danmark på udviklingen af det danske energisystem? Hvilke områder af energipolitikken har forsat national karakter og hvilke er overgået til EU?

Ifølge Jens Madsen fra Dansk Energi, er det en af de væsentligste udfordringer for udvikling af det danske energisystem:

"Det er den overordnede politiske udfordring, at acceptere hvad der er nationalstatens rolle energipolitisk fremover, og hvad kan vi lige så godt acceptere at EU tager sig af" (Jens Madsen, Bilag A).

Ved etableringen af EU's kvotesystem besluttede man, at systemet skulle omfatte de mest energiforbrugende virksomheder samt el- og varmforsyningsvirksomhederne (De Økonomiske Råd, 2008;245). Med andre ord så skulle disse sektorer reguleres af EU gennem kvotemarkedet, og den nationale energipolitik skulle fokusere på de sektorer, der ikke var kvotebelagte (Jens Madsen, Bilag A). Selvom det var grundtanken, så er der forsat mange problemer med at få kvotesystemet til at fungere, og dermed synes opdelingen mellem EU og nationalstatsansvar heller ikke at være helt så klar. Samtidig så afspejler kvotesystemet en helt bestemt måde at tænke regulering på.

7.2.2 Et sammenstød mellem reguleringsformer?

Som tidligere omtalt i kapitel 3, så betyder vedtagelsen af den nye energiaftale³⁵, at der introduceres en større grad af målsætningstænkning i dansk energipolitik. Det synes at stå i modsætning til den meget markedsorienterede energipolitik, der har været ført siden 2001. Forskellen mellem disse synes først og fremmest at ligge i brugen af virkemidler. I begge tilfælde er der fastsat en overordnet politisk målsætning om at reducere CO₂-udledningen, men der er markant forskel på, hvordan målet nås. Den mere målsætningsorienterede tilgang fokuserer på konkrete økonomiske og normative virkemidler i form af afgifter, skatter, påbud mv. til opfyldelse af målene, hvorimod den markedsorienterede fokuserer på markedsinstrumenter i form af fri konkurrence og markedsdannelse (kvotemarkedet).

³⁵ Energiaftalen for årene 2008-2011

I EU's kvotesystem er den samlede CO₂-reduktion fastlagt politisk af et kvoteloft, hvilket betyder, at en besparelse hos en virksomhed inden for systemet ikke vil føre til en yderligere reduktion i selve systemet, da andre virksomheder kan opkøbe de resterende kvoter (De Økonomiske Råd, 2008;246). Grundtanken er, at markedet selv skal styre, hvor i systemet CO₂-reduktionerne finder sted, således at de sker på den mest omkostningseffektive måde. Det betyder i realiteten, at reduktionerne kan finde sted uden for Danmark, hvis det kan gøres billigere der. Denne tankegang var meget tydelig i Energi 2025, der i høj grad vægtede de fleksible mekanismer i Kyoto-protokollen (kvotesystemet, CDM, JI) som et virkemiddel til at løse Danmarks reduktionsforpligtelser (se kapitel 3).

Med energiaftalen og EU's Klima- og energipakke fastsættes der konkrete mål for f.eks. andelen af vedvarende energi og energibesparelser, og der synes dermed at opstå en form for reguleringssammenstød mellem denne mere målsætningsorienterede tilgang og så kvotesystemet. På den ene side har man et kvotesystem, der lægger op til, at CO₂-reduktionerne skal finde sted i det land i EU, hvor de bedst kan betale sig. På den anden side fastsættes nationale reduktionskrav og konkrete mål for det enkelte land.

Den oprindelige tanke med kvotesystemet var, som nævnt, at de kvotebelagte sektorer skulle reguleres af EU i form af kvotemarkedet, og at de ikke-kvotebelagte sektorer dermed skulle være mål for den nationale energipolitik. Med etableringen af faste mål for bl.a. de nationale el- og varmforsyninger (der ellers er kvotebelagte) vil dette ikke være tilfældet, da eksplicite krav til bl.a. andelen af vedvarende energi vil kræve, at staten går ind og regulerer.

Politisk afspejles reguleringssammenstødet også i uenigheder om hvilken rolle kvotesystemet skal spille, og dermed også om hvad der skal være national energipolitik. Specielt højrefløjen fremstår meget positivt stemt overfor kvotesystemet, og den primære kritik går her på, at systemet endnu ikke virker optimalt.

"Kvotesystemet syntes jeg jo er, det er i øjeblikket det bedste redskab, der findes i forhold til at reducere udledningen af CO₂" (Lars Chr. Lilleholt, Venstre, Bilag E)

Venstrefløjen³⁶ er ikke imod kvotesystemet, men er på flere punkter kritiske overfor de store forventninger og den tiltro der knyttes til et system, der endnu ikke virker.

"...selv hvis man kunne få det til at virke, så er der i hvert fald en meget stor risiko for, at man opfylder en stor del af sin forpligtelse ved at flytte forpligtelsen ud af EU og ned i tredjeverdenslande..." (Per Clausen, Enhedslisten, Bilag C)

³⁶ Her Socialdemokratiet og Enhedslisten, da det er dem vi har talt med.

Den ambivalens der synes at opstå mellem på den ene side en markedsorienteret regulering i form af kvotesystemet og på den anden side en målsætningsorienteret statslig regulering i form af eks. skatter og afgifter sammenfattes meget konkret af Socialdemokraternes energi- og klimaordfører, Mette Gjernskov:

"Vi skal bare have det EU kvotesystem til at fungere noget bedre. Og så skal vi lade være med at fralægge os ethvert ansvar. Det sker desværre lige nu, syntes jeg. Nu har vi lige haft en debat i folketingsalen, om hvorvidt man skal lægge afgift på glødepære i modsætning til sparepære, og der kommer en kæmpe diskussion med skatteministeren om EU's kvotesystem, fordi at han siger, at det er skide ligegyldigt. Vi behøver ikke at investere og lægge en afgift på det. Jeg oplever lidt at EU's kvotesystem bliver brugt som et argument for overhovedet ikke at gøre noget i Danmark. Og det syntes jeg er et grundlæggende problem."(MetteGjernskov, Socialdemokraterne, Bilag B).

Set med danske øjne så synes EU's kvotesystem at udgøre en barriere for en klimavenlig omstilling af det danske energisystem, idet det bygger på forestillingen om, at reduktioner skal ske, der hvor de bedst kan betale sig. Dermed modarbejder det en national målsætningstænkning. Samtidig så betyder indretning af kvotesystemet, at Danmark ikke kan reducere drivhusgasudledningen mere end det fastsatte loft, da store reduktioner et sted betyder, at andre bare kan udlede tilsvarende mere et andet sted. I forhold til modellen i kapitel 6 vil kvotesystemet betyde, at en realisering af de tekniske potentialer, ikke i sidste ende får en positiv klimaeffekt, hvis de overskydende kvoter blot sælges til udlandet. Er målet derfor et klimavenligt energisystem indenfor de nuværende politiske rammer, kræver det i praksis, at de kvoter der genereres, på baggrund af CO₂-reduktioner udover Danmark reduktionsforpligtelser, fjernes helt fra systemet.

Med udgangspunkt i kvotesystemet så vil omstillinger i en dansk kontekst blot gøre Danmark grønnere, og der er i høj grad brug for at tænke europæisk og internationalt, da det i en klimamæssig sammenhæng ikke giver egentlig mening blot at fokusere på omstillingen af det danske system.

7.2.3 En europæisk energiplanlægning?

"Lige nu er man i gang med at sætte sig mellem to stole ved at forsøge at løse et globalt problem ved hjælp af national politik" (Jens Madsen, Bilag A).

Liberaliseringen af el-markederne og etableringen af kvotemarkedet har som nævnt betydet en større grad af samhandel og indbyrdes afhængighed mellem de forskellige EU medlemslande. På nuværende tidspunkt reguleres bl.a. el- og varmforsyningen af

EU gennem kvotemarkedet, men samtidig er man også begyndt at stille krav til de nationale energiforsyninger i form af bl.a. andelen af vedvarende energi i produktionen. For at kunne leve op til de øgede krav må dette nødvendigvis betyde en markant udbygning af den vedvarende energi i hele EU, og hvis mængden af eks. vindmøller øges i de andre EU lande, så vil Danmark kunne få problemer med at eksportere el, i de perioder hvor der er stort overskud. Der synes altså at være et øget behov for at kunne regulere det samlede system. Sikring af forsyningsikkerheden er i den sammenhæng et vigtigt område, for når markederne er liberaliserede, hvem skal så sikre at der er den fornødne kapacitet i EU? Ifølge Jens Madsen er der netop behov for, at man begynder at tænke energiplanlægning på et EU niveau frem for udelukkende på et nationalt niveau:

”Det dur ikke, at vi mener, at vi kan løse problemerne ved at bygge en stor fed ledning ned til Tyskland. Der skal virkelig tænkes i sammenhængende energisystemer, og der tror jeg, at EU er nød til at tage føretrojen på i langt højere grad, for at sikre denne meget store ve andel” (Jens Madsen, Bilag A).

I forhold til målet for denne opgave om at skabe et så klimavenligt energisystem som muligt er dette forhold yders presserende. Som nævnt hjælper det ikke at forsøge at skabe en national løsning på et globalt problem, og det kan ikke forventes at det liberaliserede marked tilvejebringer et sådant system. Derfor er det ikke nok at Danmark har som mål for sit energisystem, at det skal være klimavenligt, hvis målet i EU er et andet. Det er nødvendigt at det samlede mål i EU, er at skabe et klimavenligt energisystem.

7.3. Hvilket energisystem vil vi have?

I forhold til at skabe et klimavenligt dansk energisystem er det ikke kun relevant at fokusere på integrering og optimering af allerede eksisterende vedvarende energiteknologier og indsatsområder. Politiske ambitioner, visioner og mål er helt essentielle, da det i sidste ende er dem, der definerer hvordan rammerne skal være. Ligeledes er det i erkendelsen af nødvendigheden af energibesparelser, afgørende at der ikke kun kommer fokus på slutforbruget, men også på slutforbrugeren. Dette skyldes at atomstillingen til et mere klimavenligt energisystem på mange måder bliver afhængig af den politiske vilje og forbruget (forbrugeren).

7.3.1 Er ambitionerne for energisystemet ambitiøse nok?

I forhold til potentialet i at skabe et klimavenligt dansk energisystem, er det interessant hvad de forskellige politiske aktører mener, er ambitiøse målsætninger i forhold til at

opnå et sådant. På den ene side står Mette Gjerskov, Socialdemokraterne, og Per Clausen, Enhedslisten, der begge mener at de opstillede national og EU mål slet ikke er ambitiøse nok.:

"Man skal jo starte med at være mere ambitiøs end bare at bruge EU's krav som laveste fællesnævner. Der skal jo mere til." & "Vi ville jo gerne have haft meget mere VE ind. Vi ville have haft meget mere støtte til vind for eksempel, men også til udvikling af nye vedvarende energiformer..." (Mette Gjerskov, Socialdemokraterne, Bilag B).

"Så den danske plan er et led i en utilstrækkelig EU plan, og det er sådan set et hovedproblem." (Per Clausen, Enhedslisten, Bilag C).

På den anden side mener Lars Chr. Lilleholt, Venstre, at Energiaftalen er ambitiøs og at EU's mål er ambitiøse:

"På spørgsmålet om hvorvidt den er ambitiøs nok, kan man sige, at det er en meget ambitiøs målsætning at skulle gå fra 17 % vedvarende energi af det samlede energiforbrug i dag og op på 30 % i 2020. Det vil sige at vi skal levere 13 % mere vedvarende energi i løbet af de kommende 12 år. Det er en meget flot målsætning. Ligesom målsætningen omkring energibesparelser og energieffektivitet. Reducere energiforbruget med 2 % frem mod 2012 og yderligere 2 % frem mod 2020. Det er faktisk også en meget ambitiøs målsætning." (Lars Chr. Lilleholt, Venstre, Bilag E).

Der er altså stor forskel politisk på, hvad der anses for ambitiøse mål for et dansk energisystem. Et interessant element er, at politikerne ofte bruger meget mere tid og energi på, f.eks. at diskutere om specifikke procentsatser for vedvarende energi er ambitiøse, end at diskutere om det nuværende system overhovedet er ambitiøst. Set i lyset af modellen i kapitel 6, fremstår det forventede krav fra EU om eksempelvis 30 % vedvarende energi i 2020 i høj grad realiserbart. Yderligere udbygninger med vedvarende energi samt yderligere energibesparelser er ligeledes i høj grad mulig. Derfor er det politiske syn på, hvad der er ambitiøse målsætninger, ikke i særlig stor udstrækning knyttet til hvad der reelt set teknisk er muligt. Dervedvirker det ikke til, at det er på det tekniske niveau, der er de største barrierer. En realisering af et klimavenligt energisystem virker i højere grad til at være afhængig af politisk vilje end tekniske muligheder. Set i dette lys virker målene og virkemidlerne i Energiaftalen mest af alt som en slags lappeløsninger for at bevare et eksisterende energisystem, hvis grundforudsætninger der måske burde tages op til revision.

7.3.2 Forståelsen af energisystemet skal ændres

Der er fra alle partiernes side (V, E, K og S) fokus på, at et af de helt centrale virkemidler for løsningen af de fremtidige udfordringer for energisystemet især er en

større andel af vedvarende energi, men ligesom for de andre mål er der stor uenighed om hvad et ambitiøst vedvarende energimål egentligt er. I forhold til den foregående diskussion er det blevet tydeligt, at denne diskussion om andele og procentsatser er mindre vigtig. Det vigtige er at tænke i en samlet omstilling af energisystemet.

En af de store barrierer for at skabe et klimavenligt energisystem, ligger grundlæggende i, at de vedvarende energiteknologier der skal fortrænge de fossile brændsler, er tænkt ind et eksisterende system baseret på en fossil brændselstankegang. Frem for at tale om integration af vedvarende energi i det allerede eksisterende system er det mere relevant at tale om at omstille til et helt nyt og andet system, der er mere tidssvarende for hvad der muligt og hensigtsmæssig. Det er derved en nødvendighed at gentænke systemet således, at vedvarende energi ikke blot skal integreres, men der skal skabe et helt nyt system hvor fundamentet er vedvarende energi og målet er et klimavenligt system.

7.3.3 Fra energiforbruger til energiborger

En anden stor udfordring for at skabe et klimavenligt energisystem ligger i at omtænke forståelsen af retten til ubegrænset energiforbrug. Der bliver i dag ikke sat nogen begrænsninger for, hvad der egentlig må forbruges. Forbruget af energi defineres af, hvad folk kan eller vil betale for energi, så hvis man har lyst og råd, kan man i princippet bruge, hvad man vil. Hvis der er et stigende forbrug, øges kapaciteten i energisystemet herefter.

Det er interessant helt grundlæggende at stille spørgsmålstejn ved dette forhold. Kan opfattelsen af retten til energi ændres, så det ikke tages for givet at alt forbrug skal sikres på bekostning af klimaet? Det ligger uden for denne rapport's undersøgelsesfelt at afdække denne problemstilling, men det er interessant at nævne problematikken for derigennem at sætte denne rapport i relief. Kigger man på den politiske virkelighed er der i dag et stykke igen for at opnå en sådan holdningsændring:

”Det handler om at finde virkemidler, der på den ene side sikrer en udbygning, men som på den anden side beller ikke gør elregningen uforholdsmæssig høj. Idet det jo er sådan, at det er elforbrugerne, det vil sige de private forbrugere og virksomhederne, der betaler for udviklingen af vedvarende energi.” (Lars Chr. Lilleholt, Venstre, Bilag E)

Denne holdning om at elregningens niveau skal holdes nede, og at virkemidler til ændring af systemet ikke må koste for meget for forbrugerne, kommer til at stå som en begrænsende faktor i forhold til skabelsen af et klimavenligt energisystem, og holdningen bærer i høj grad præg af at økonomi vægtes højere end miljø. Det handler ikke bare om den frie ret til energiforbrug, men også om at det ikke må koste for meget.

Dette er ikke kun en holdning der eksisterer politisk, men den går i høj grad igen i befolkningens syn på energi. Her pointerer Jens Madsen:

”Vi har bare vænnet os til at el ikke koster en skid – hvis man for mange år siden havde bygget et samfund op, hvor der ikke var fossile brændsler, så havde man fundet på noget andet.” (Jens Madsen, Bilag A)

Men forestillingen om ubegrænset el forbrug er ikke ultimativt og statisk, og det burde være muligt at skabe et skift i energiforståelsen, både i forhold til politikere der er låst fast i en forældet national fossil brændselstankegang, og borgere der i forhold til energiforbrug er låst fast i en energiforbrugerrolle.

I forhold til det sidste, energiforbrugerrollen, er der i denne sammenhæng flere spørgsmål der er interessante: Er det virkemidler så som en bedre energimærkning, eller mere streng regulering, hvor der eksempelvis indføres personlige udledningskvoter eller energirationeringsmærker, der skal til for at skabe fokus på nødvendigheden i besparelserne? Relevant er det i hvert fald, at borgerne skal aktiveres for at sikre overgangen til et mere klimavenligt energisystem. Slutbrugerne skal blive mere aktive, og der skal ske en holdningsændring fra at være energiforbruger til at være energiborger. Der vil, i et energisystem der er bygget op omkring vindenergi, være behov for en større aktiv inddragelse af forbrugerne. Dette er der blandt andet lavet forsøg med i Finland, hvor der i forbindelse med opførelsen af et nyt A-kraftværk, blev indgået aftaler med en del af slutforbrugerne om, at de vil kunne blive koblet af, hvis kraftværket sætter ud. Herved stiller man som forbruger reservekraft til rådighed, hvilket bidrager til at skabe balance i systemet, hvis en sådan hændelse sker (Anders Kofod, Bilag F).

Det essentielle i hele denne diskussion om energiborger tankegangen er, at man ikke kun skal skabe overgangen fra energiforbruger til energiborger i en dansk kontekst. Det vil være nødvendigt at tankegangen bliver integreret i en EU kontekst, hvor der vil kunne tales om, at man bliver EU-energieborger, med et energiansvar i forhold til et EU energisystem.

7.3.4 Et klimavenligt dansk energisystem som eksempletsmagt

Set i lyset af diskussionen i afsnit 7.2, hvor det slås fast at EU har fået en større indflydelse på den danske energipolitik, kan det måske virke underligt at tale om vigtigheden i, at vi i Danmark selvstændigt ændre energisystemet. Hvorfor skal Danmark fokusere på at lave tiltag, hvis energipolitikken i højere grad er bestemt af EU og kvoterne? Et argument for hvorfor det alligevel kan være relevant at fokusere på at skabe et nyt system, er at lave det gode eksempel til efterfølgelse. På den ene side er det væsentligste, at der sker en reduktion af drivhusgasudledningen på europæisk plan og at

det skal finde sted der, hvor det bedst kan betale sig (det er i høj grad den tænkning der ligger bag kvotesystemet). Omvendt kan der også argumenteres for, at Danmark der i dag er førende indenfor vedvarende energiteknologier har et specielt ansvar i forhold til at vise omverdenen, at det faktisk kan lade sig gøre at kombinere et velfungerende rigt samfund med et klimavenligt energisystem. Altså en form for eksempletsmagt.

8. Konklusionen

Den tiltagende globale opvarmning betyder, at det bliver mere og mere presserende at få reduceret den menneskeskabte drivhusgasudledning. En sådan reduktion vil kræve, at brugen af fossile brændsler begrænses, og at der tænkes i en omstilling af energisystemet, der på sigt helt kan udfase brugen af disse brændsler. På nuværende tidspunkt kan det danske energisystem dog langt fra karakteriseres som klimavenligt, da energiproduktionen overvejende baseres på fossile brændsler. Formålet med dette projekt var derfor, at undersøge de udfordringer og muligheder der er for at skabe et klimavenligt dansk energisystem. Fokus blev i den sammenhæng rettet mod omstillingspotentialer i el- og varmeproduktionen, da denne har et stort fossilt brændselsforbrug i forhold til det samlede danske energiforbrug, samtidig med at det er en sektor med et stort omstillingspotentiale.

For at kunne vurdere udviklingsmulighederne blev der i første del af undersøgelsen fokuseret på de politiske rammer for det eksisterende energisystem. Gennem en undersøgelse af hvordan energipolitikken fokuserer har ændret sig over tid, blev det klart, at vi i dag ser et reguleringssammenstød mellem markedsorienterede og målsætningsorienterede virkemidler, der skaber nogle ambivalenser i energipolitikken. Samtidig blev det tydeligt at forpligtelserne i Kyoto-protokollen og EU-samarbejdet, herunder specielt liberaliseringen af elmarkederne og oprettelsen af kvotesystemet, i stigende grad fastlægger de overordnede rammer for dansk energipolitik.

I anden del af undersøgelsen blev der fokuseret på de tekniske omstillingspotentialer i det nuværende energisystem. Da der synes at være et stort potentiale i specielt vind- og biomasseressourcerne, i energibesparelser samt i omlægning af individuel varme til fjernvarme blev de udvalgt som de primære indsatsområder. På det grundlag blev der efterfølgende udarbejdet en analytisk model til at identificere tekniske omstillingspotentialer ved kombinationer af de forskellige indsatsområder. Ud fra modellen blev det tydeligt, at der er behov for en omfattende og flerstrengt indsats, hvis de fossile brændsler helt skal udfases.

På kort- og mellemlang sigt synes det således kun muligt at dække hele elforbruget, men ikke varmekonsumet, med energibesparelser og vedvarende energi, hvorimod det på langt sigt synes muligt at udfase alle fossile brændsler fra både el- og varmeproduktionen, hvis alle indsatsområderne kombineres.

På baggrund af ovenstående kan vi konkludere, at der er et betydeligt teknisk omstillingspotentiale tilstede i det danske energisystem, og udfasningen af de fossile brændsler er derfor først og fremmest afhængig af den politiske vilje til at gennemføre de nødvendige ændringer.

Denne konklusion er dog bundet op på en analyse af energisystemet som et lukket nationalt system, hvilket ligger meget langt fra den faktiske politiske virkelighed. Det danske energisystem indgår i dag som en del af det samlede europæiske energisystem, og den danske energipolitik bliver i højere og højere grad styret af EU's energipolitiske mål og visioner. Det er derfor nødvendigt at tænke en omstilling af systemet i et europæisk perspektiv.

EU's energipolitik er bygget op omkring et liberaliseret elmarked, hvor kvotesystemet fungerer som den vigtigste reguleringsmekanisme til at opnå fastsatte reduktionsmål for de enkelte medlemslande. Problemet er, at kvotesystemet udelukkende fordrer, at de enkelte lande lever op til de fastsatte mål uden at opstille mere visionære nationale mål. Hvis målet er at skabe et mere klimavenligt energisystem, kræver det, at vi ikke bare forsøger at påvirke den fælles europæiske energipolitik, men også at vi går forrest, og viser at det er muligt, at skabe et system der er baseret på vedvarende energi.

I forlængelse af dette er en af de største udfordringer for at skabe et klimavenligt energisystem at ændre opfattelsen af energisystemet som helhed. I dag tænkes omstillinger i systemet primært som øget indpasning af vedvarende energi i det nuværende fossile brændselssystem. Dette skaber en forfejlet opfattelse af, at fossile brændsler skal udgøre fundamentet i energisystemet, og at vedvarende energikilder udelukkende kan bruges til at minimere problemet ved brugen af fossile brændsler i stedet for at fjerne kilden til problemet.

En central pointe i rapporten er derfor, at der er brug for en omstilling af hele energisystemet til et vedvarende energisystem, hvor fossile brændsler udelukkende udnyttes som supplement, når de vedvarende energikilder ikke slår til. Denne opfattelse af energisystemet ligger meget langt fra de nuværende energipolitiske opfattelser og visioner, og de største barrierer for en ændring af energisystemet ligger derfor ikke i så høj grad i de tekniske begrænsninger som i den manglende politiske vilje.

Referencer

Opsat alfabetisk efter henvisninger i rapporten:

- (Arbejdsgruppen for havmøller, 1997)** Elselskabernes og Energistyrelsens Arbejdsgruppe for Havmøller, *Havmølle-handlingsplan for de danske farvande*, 1997.
- (Dalegaard mfl., 2005)** Dalegaard, Anders Mika; Gottlieb, Bo Møller; Hansen, Marlene; *Integration af Miljøvurdering i planlægningen af energisektoren*, Teksam speciale, 2005.
- (Dansk Elforsyning Statistik, 2006)** Dansk Energi, *Dansk Elforsyning – statistik*, 2006
- (De Økonomiske Råd, 2008)**, De Økonomiske Råd, *Økonomi og Miljø 2008*, 2008.
- (Energiaftalen, 2008)** *Aftale mellem regeringen (Venstre og Det Konservative Folkeparti), Socialdemokraterne, Dansk Folkeparti, Socialistisk Folkeparti, Det Radikale Venstre og Ny Alliance om den danske energi-politik i årene 2008-2011*, 2008
- (Energihåndbogen, 2002)** Foreningen for energi og miljø, ”Energihåndbogen”, 2002
- (Energiministeriet, 1981)** Energiministeriet, *Energi 82*, 1981.
- (Energiministeriet, 1990)** Energiministeriet, *Energi 2000 – handlingsplan for en bæredygtig udvikling*, 1990.
- (Energinet.dk, 2007)** Energinet.dk, *Systemplan 2007*, 2007.
- (Energinet.dk, 2008)** Energinet.dk, *Miljørapport 2008 – baggrundsrapport*, 2008
- (Energistatistik 2006)** Energistyrelsen, *Energistatistik 2006*, 2007
- (Energistyrelsen, 2004a)** Energistyrelsen, *Energibesparelser og marked – Handlingsplan for en fornyet indsats*, 2004
- (Energistyrelsen, 2004b)** Energistyrelsen, *Udkast – Faglig baggrundsrapport – Handlingsplan for en fornyet indsats – Energibesparelser og marked*, 2004
- (Energistyrelsen, 2005a)** Energistyrelsen, *Forsyningsikkerhed i elsystemet*, 2005
- (Energistyrelsen, 2005b)** Energistyrelsen, *Energiteknologier – tekniske og økonomiske udviklingsperspektiver – Teknisk baggrundsrapport til Energi strategi 2025*, 2005
- (Energistyrelsen, 2005c)** Energistyrelsen, *Sammenfattende baggrundsrapport for Energi strategi 2025*, 2005
- (Energistyrelsen, 2007)** Energistyrelsen, *Fremtidens havmølleplaceringer – 2025*, Udvalget for fremtidens havmølleplaceringer, 2007.

(EU-rapport, 2008) EU, *Proposal for a DIRECTIVE OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL on the promotion of the use of energy from renewable sources*; 2008

(Finansministeriet mfl., 2003) Finansministeriet mfl., *En omkostningseffektiv klimastrategi*, 2003.

(Fødevareministeriet, 2008) Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri, *Jorden – en knap ressource*; 2008.

(IPCC, 2007) IPCC, *Fourth Synthesis Report - Summary for Policymakers*, 2007

(Jørgensen, 2008) Jørgensen, Uffe, mfl.; Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet, Aarhus Universitet, *Energi fra biomasse - Ressourcer og teknologier vurderet i et regionalt perspektiv*, 2008

(Miljø- og Energiministeriet, 1996) Miljø- og Energiministeriet, *Energi 21*, 1996.

(NAP II, 2007) *National allokeringsplan for Danmark i perioden 2008-2012*

(Regeringen, 2007) Regeringen, *En visionær dansk energi politik 2025*, 2007.

(Schougaard, B., 2007) Schougaard, B, *Analyseforudsætninger 2007-2016*, Energinet.dk - Reference til Miljørapport 2007, 2007.

(Sørensen, 2003) Sørensen, Hans Chr. (SPOK aps.), *Biomasse kraftvarme udviklingskortlægning*, udarbejdet for Energistyrelsen, Eltra og Elkraft System, 2003

(Teknologirådet, 2007) Teknologirådet, *Det fremtidige danske energisystem – Teknologiscenarier*, 2007

(Teknologirådets nyhedsbrev, 2007) Teknologirådet, *Teknologirådets nyhedsbrev til Folketinget*, Nr. 236, marts 2007

(Transport- og Energiministeriet, 2005a) Transport- og Energiministeriet, *Energistrategi 2025*, 2005

(Transport og energiministeriet, 2005b) Transport- og Energiministeriet, *Handlingsplan for en fornyet energipareindsats. Energibesparelser og marked*, 2005.

Oversigt over bilag

Bilagene forefindes på den vedlagte cd-rom:

Interview

Bilag A: Jens Madsen, Dansk Energi

Bilag B: Mette Gjerskov, Energi- og Klimaordfører for Socialdemokraterne

Bilag C: Per Clausen, bl.a. ordfører for Miljø- og Energipolitik for Enhedslisten

Bilag D: Per Ørum Jørgensen, Klima- og Energiordfører for Konservative

Bilag E: Lars Chr. Lilleholt, Energiordfører for Venstre

Bilag F: Anders Kofoed-Wiuff, Ea Energianalyse A/S

Data

Bilag G: Excelark med udregningen og data til modellen over omstillingspotentialer