

Rapport fra arbejdsgruppen om kraftvarme- og VE-elektricitet

Oktober 2001

Indholdsoversigt

1. Indledning	5
1.1 Kommissorium	5
1.2 Gruppens sammensætning	6
1.3 Rapportens opbygning	7
2. Sammenfatning	8
3. Problemformulering	19
3.1 Baggrund	19
3.2 Eloverløb	20
3.3 Systemubalancer, elmangel og systemstabilitet	22
3.4 Sammenfattende opgaveformulering	23
4. Kortlægning	24
4.1 Karakter af eloverløb	24
4.2 Reference-udvikling	25
4.3 Eloverløb i referenceforløbet	29
4.4 Håndtering af eloverløbet	34
5. Vurdering af muligheder for at reducere eloverløbet	38
5.1 Bruttoliste over mulige tiltag	39
5.2 Samfundsøkonomisk/miljømæssig analyse af udvalgte tiltag	41
5.3 Ikke gennemregnede tiltag	70
5.4 Virkemidler og barrierer	72
5.5 Konklusioner på analysearbejdet	85



1. Indledning

ENERGISTYRELSEN nedsatte i februar 2001 en arbejdsgruppe der fik til opgave at belyse de udfordringer som den stigende andel bunden el fra vindmøller og kraftvarmeværker giver anledning til. Arbejdet har mundet ud i en række konklusioner og anbefalinger fra arbejdsgruppen. Denne rapport sammenfatter gruppens arbejde og præsenterer konklusioner og anbefalinger.

1.1 Kommissorium

Arbejdsgruppen har arbejdet ud fra følgende kommissorium:

Kommissorium for Energistyrelsens arbejdsgruppe om kraftvarme- og VE-energi

Den danske satsning på kraftvarme og vedvarende energi i elforsyningen betyder, at en større og større del af elektriciteten produceres som såkaldt bunden produktion, dvs. at produktionen er tidsmæssigt knyttet til hvornår vinden blæser eller hvornår der er behov for varme. Det betyder, at der kan være tidspunkter, hvor elproduktionen overstiger den aktuelle indenlandske efterspørgsel, mens der på andre tidspunkter vil være behov for at supplere produktionen med kondensproduktion (elproduktion, hvor overskudsvarmen ikke udnyttes) eller import.

Den stigende andel bunden el betyder, at det bliver en stadig større udfordring at tilpasse produktionen til forbruget.

El fra kraftvarme og vedvarende energi giver en langt mindre CO₂-belastning end el fra kulfyrede kondensanlæg, og den stigende mængde kraftvarme- og VE-el kan derfor på sigt åbne nye perspektiver for anvendelsen af el. Øget anvendelse af kraftvarme- og VE-el til f.eks. varmepumper vil kunne reducere den samlede CO₂-udledning væsentligt. Der er behov for, at de positive aspekter ved kraftvarme- og VE-elproduktionen analyseres i sammenhæng med de driftsmæssige bindinger på elsidens.

For at kunne løse disse udfordringer optimalt er det nødvendigt at skabe et solidt vidensgrundlag, som den fremtidige planlægning kan baseres på. Det nordeuropæiske elmarked kan være en vigtig brik i puslespillet, og det er derfor nødvendigt at inddrage det nordeuropæiske elmarked samt de internationale el-transmissionsnet i analyserne.

På denne baggrund vil Energistyrelsen nedsætte en arbejdsgruppe om kraftvarme- og VE-elproduktion. Arbejdsgruppen får følgende hovedopgaver:



- Arbejdsgruppen skal beskrive udviklingen i den bundne elproduktion historisk og den sandsynlige fremtidige udvikling, herunder Øst/Vest-forskelle.
- Arbejdsgruppen skal beskrive en række muligheder for en bedre tilpasning af elproduktion og elforbrug, herunder:
 - tilpasning gennem handel med udlandet (oplagring af overskuds-el i udlandets vandkraftmagasiner)
 - øget fleksibilitet i produktion og forbrug af el og fjernvarme, f.eks. ved anvendelse af store varmepumper, geotermiske anlæg eller lignende
 - kortvarige indgreb i driften af elsystemet i ekstreme situationer
- Arbejdsgruppen skal endvidere undersøge, om et øget biomasseforbrug i decentrale værker kan bidrage til en større fleksibilitet i el- og fjernvarmeproduktionen.
- Arbejdsgruppen skal analysere de tekniske, økonomiske og miljømæssige konsekvenser af mulighederne samt betydningen for planlægningen af det fremtidige transmissionsnet.

Mulighederne skal fortrinsvis rette sig mod de nærmeste 5 – 10 år, men analyserne skal baseres på scenarier for den danske energiudvikling helt frem til 2030, således at sammenhængen med de langsigtede energipolitiske målsætninger klarlægges. Den planlægning, som de systemansvarlige virksomheder allerede er i gang med, kan danne en del af grundlaget for analyserne.

Arbejdsgruppen forudsættes at afrapportere senest den 1. oktober 2001.

Arbejdsgruppen sammensættes med henblik på at samle faglig ekspertise indenfor områderne el, varme og vedvarende energi. Følgende organisationer anmodes om at udpege faglige eksperter: Elfor, Elkraft System, Eltra, Danmarks Vindmølleforening, Organisationen for Vedvarende Energi og Danske Fjernvarmeværkers Forening. Energistyrelsen varetager formandskab og sekretariat.

1.2 Gruppens sammensætning

Arbejdsgruppen har bestået af repræsentanter for Danmarks Vindmølleforening, Danske Energiselskabers Forening, Danske Fjernvarmeværkers Forening, Elfor, Elkraft System, Eltra, Elsam/Energi E2 (én fælles repræsentant), Foreningen Danske Kraftvarmeværker og Organisationen for Vedvarende Energi. Formandskab og sekretariat er blevet varetaget af Energistyrelsen.

Til at gennemføre beregninger har arbejdsgruppen nedsat en såkaldt regnegruppe, bestående af repræsentanter fra Elkraft System, Eltra, Energistyrelsen og Organisationen for Vedvarende Energi.

En oversigt over medlemmerne af arbejdsgruppen og regnegruppen er vedlagt som bilag 1.

1.3 Rapportens opbygning

Med basis i kommissoriet har arbejdsgruppen udarbejdet en problemformulering. Denne problemformulering er præsenteret i kapitel 3.

I kapitel 4 er det nuværende omfang af eloverløbet kortlagt. Endvidere er den forventede fremtidige udvikling i elforbrug, vindkraftudbygning m.m. beskrevet (referencefremskrivningen), og konsekvenserne for udviklingen i eloverløbet er vist. Endelig gives i kapitel 4 en beskrivelse af hvordan eloverløbet håndteres i dag.

I kapitel 5 gennemgås en række tiltag der i større eller mindre omfang kan reducere eloverløbet. Tiltagene analyseres teknisk, samfundsøkonomisk og miljømæssigt i forhold til referencefremskrivningen. Desuden vurderes juridiske og selskabsøkonomiske barrierer for gennemførelse af de enkelte tiltag. Kapitlet afsluttes med en række konklusioner baseret på de gennemførte analyser.

Problemformulering, kortlægning af eloverløb, analyse af tiltag og konklusioner er sammenfattet i kapitel 2.

2. Sammenfatning

GENNEM en målrettet dansk udbygning med kraftvarme og vindmøller er der opnået store brændselsbesparelser, mindsket miljøbelastning og mindsket olieafhængighed.

Satsningen på kraftvarme og vindkraft i elforsyningen indebærer at en større og større del af elektriciteten produceres som såkaldt bunden produktion, dvs. at produktionen er tidsmæssigt knyttet til hvornår vinden blæser eller hvornår der er behov for varme snarere end hvornår der er brug for el. Det betyder at der er tidspunkter hvor den bundne elproduktion overstiger elforbruget.

Eloverløb

Indpasningen af den øgede elproduktion fra kraftvarme og vindkraftanlæg rummer således en udfordring i relation til situationerne med overskud af bunden elproduktion – det såkaldte eloverløb – samt en udfordring i relation til hvordan den bundne elproduktion kommer til at spille sammen med et internationalt marked. Eloverløb defineres altså som situationer hvor den bundne elproduktion overstiger elforbruget i et givet systemområde.

I langt de fleste situationer er det i dag teknisk muligt at eksportere eloverløbet til udlandet. Eloverløb der kan eksporteres, betegnes eksportérbart eloverløb (EEOL).

I nogle tilfælde vil det ikke være teknisk muligt at eksportere hele eloverløbet. Eloverløbet kan f.eks. være så stort at det overstiger overføringskapaciteten på udlandsforbindelserne. Eloverløb der ikke kan eksporteres, betegnes kritisk eloverløb (KEOL).

Det skal bemærkes at kritisk eloverløb, forstået som en mængde el der rent fysisk er til stede (og til overs), aldrig vil forekomme idet elproduktionen til ethvert tidspunkt skal være præcis lige så stor som forbruget (incl. evt. eksport). Hvis denne balance ikke opretholdes, bryder systemet sammen. I praksis må produktionen derfor reduceres, f.eks. ved at stoppe kraftvarmeværker, eller forbruget må øges. Kritisk eloverløb skal derfor forstås som det eloverløb, der *teoretisk set* ville forekomme hvis produktion og/eller forbrug ikke blev reguleret som anført. Når der i det følgende anvendes betegnelsen ”kritisk eloverløb” er det i betydningen *risiko for kritisk eloverløb*, eller *truende kritisk eloverløb*.

I den konkrete driftssituation med (risiko for) *kritisk eloverløb* er det som nævnt nødvendigt enten at reducere produktionen eller at øge elforbruget. På langt sigt vil man også kunne vælge at udbygge transmissionsforbindelserne. Samfundsøkonomisk vil der imidlertid være en besparelse ved at nedlukke bunden elproduktion når der er kritisk eloverløb fordi elektriciteten i disse situationer har en lavere værdi end det det

koster at producere den. Situationer med kritisk eloverløb øger endvidere risikoen for driftsforstyrrelser.

Det *eksportérbare eloverløb* bliver i dag rent faktisk eksporteret, selv ved lave priser på elmarkedet, idet der er nogle afgiftsmæssige og organisatoriske forhold som gør at der selskabsøkonomisk ikke findes et alternativ til at eksportere strømmen. Konsekvenserne af dette kan være at den bundne produktion ikke bliver optimeret i forhold til elprisen på markedet, og at Danmark ikke får glæde af miljøfordelen ved overløbsstrømmen. Herudover er den driftsmæssige fleksibilitet i det nuværende system begrænset som følge af de manglende alternativer til eksport af eloverløbet.

Det er derfor relevant at overveje om der på nationalt niveau bør opbygges et mere fleksibelt system hvor der er reelle alternativer til eksport af strømmen der kan tages i anvendelse når det er hensigtsmæssigt.

Beslutningen om at producere el i en mængde, der overstiger det indenlandske forbrug kan bero på både tekniske, økonomiske og organisatoriske forhold, f.eks. manglende reguleringsmuligheder, afgiftsmæssige incitamenter eller organiseringen af forskellige dele af den danske elforsyning. Det er derfor hensigtsmæssigt at undersøge nærmere i hvilken udstrækning bindingerne er teknisk, økonomisk eller organisatorisk betingede og på baggrund heraf overveje mulige ændringer.

Systemubalancer

Ud over eloverløb kan den bundne elproduktion give anledning til en øget prognoseusikkerhed – den såkaldte *systemubalance*.

Systemubalancen defineres som den samlede forskel mellem prognosticeret forbrug og produktion dagen før driftsdøgnet og faktisk forbrug og produktion i driftstimen. Især vindkraften er vanskelig at forudsige, og den voksende mængde af vindkraft har derfor bevirket at usikkerheden på produktionen, og dermed også systemubalancen, vokser.

En stor *systemubalance* betyder, at systemansvaret skal købe eller sælge den under- eller overskydende elmængde ved regulér- eller effektkrafthandler med meget kort varsel hvilket typisk medfører ekstra omkostninger og en ringere driftssikkerhed. Systemubalancen er ikke taget op som selvstændigt problem i arbejdsgruppen, men mange af de handlemuligheder der peges på i forhold til eloverløbet, vil kunne give en øget fleksibilitet der også vil være til gavn i håndteringen af systemubalancen.

Opgaveformulering

Arbejdsgruppen har med udgangspunkt i kommissoriet koncentreret sit arbejde om følgende opgaver:



- Omfanget af kritisk eloverløb og eksportérbart eloverløb skal kortlægges.
- Det skal undersøges om der er behov for en større vifte af handlemuligheder til imødegåelse af kritisk eloverløb, samt i givet fald hvilke handlemuligheder der bør etableres ud fra en samfundsøkonomisk, miljømæssig og forsyningsikkerhedsmæssig vurdering.
- Det skal undersøges om det er hensigtsmæssigt at etablere flere handlemuligheder til imødegåelse af eksportérbart eloverløb, samt i givet fald hvilke handlemuligheder der bør etableres ud fra en samfundsøkonomisk, miljømæssig og forsyningsikkerhedsmæssig vurdering.
- For de handlemuligheder der måtte blive peget på, skal eventuelle barrierer for etablering af handlemulighederne kortlægges og mulige løsninger beskrives.

Dansk Energi, Elsam og Energi E2 har afgivet en særskilt kommentar til rapporten, der primært knytter sig til problemformuleringen. Kommentaren er vedlagt som bilag 2.

Referenceudvikling

Som grundlag for vurdering af tiltagene til reduktion af eloverløbet er der opstillet en referenceudvikling der viser hvordan det kritiske og det eksporterbare eloverløb vil udvikle sig som følge af den forventede udbygning med vindkraft- og kraftvarmeanlæg og udviklingen i elforbruget.

Ved opstillingen af referencen er det valgt at fokusere på 3 udvalgte år, nemlig 2005, 2010 og 2020.

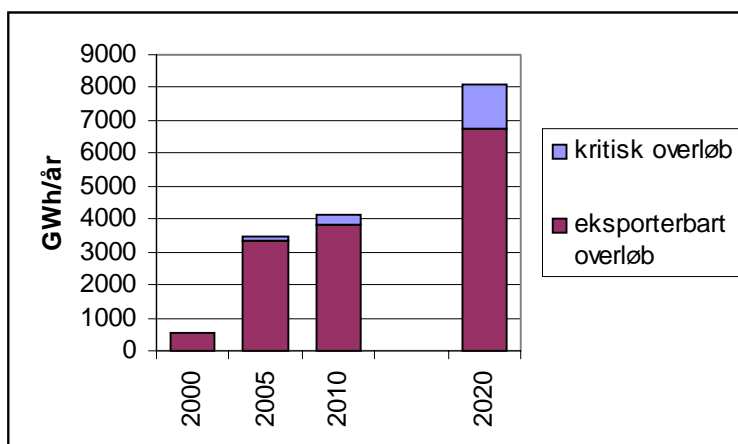
Det danske elsystem er i dag geografisk opdelt i to områder der ikke er direkte forbundne, nemlig området øst for Storebælt ("Østdanmark") og området vest for Storebælt ("Vestdanmark"). Det betyder at der kan optræde eloverløb i det ene område, uden at der er eloverløb i det andet område. I analyserne er det derfor nødvendigt at operere med områderne hver for sig.

Det er i arbejdsgruppens analyser beregningsteknisk antaget at der ikke (i løbet af perioden) etableres en elektrisk Storebæltsforbindelse. Herved har Storebæltsforbindelsen kunnet analyseres som et selvstændigt tiltag.

Eloverløbets omfang

Omfanget af eloverløbet stiger – i referenceudviklingen – kraftigt gennem perioden. Figur 2.1 viser den forventede udvikling i energiindholdet i eloverløbet.

Størrelsen af eloverløbet – såvel det eksporterbare som det kritiske eloverløb – er afhængig af de opstillede forudsætninger mht. udbygning med kraftvarmekapacitet og vindkraft og den forudsatte anvendelse af udlandsforbindelser. For det eksporterbare eloverløb er det endvidere en forudsætning at der ikke er nogen flaskehalse internt i nabosystemerne, samt at produktionsanlæggene i nabosystemerne kan regulere produktionen ned i nødvendigt omfang. I situationer hvor disse forudsætninger ikke er opfyldt, øges andelen af kritisk eloverløb. I worst-case-situationen er andelen af kritisk eloverløb således større end vist i figur 2.1.



Figur 2.1 Udviklingen i eloverløbet ifølge referenceudviklingen, målt i GWh eloverløb pr. år. Der foreligger ikke tal for 2015.

For Østdanmark forventes det at hele eloverløbet (i normalsituationer) vil kunne eksporteres gennem hele perioden frem til 2020. Følsomhedsvurderinger på rådigheden over udlandsforbindelserne og etablering af kraftvarmeproduktionskapacitet viser dog at der også kan optræde et betydeligt kritisk eloverløb i Østdanmark i fremtiden.

I Vestdanmark vil der derimod gennem hele perioden forekomme kritisk eloverløb i referenceudviklingen. Det kritiske eloverløb stiger fra 200 MW i år 2000 til 2500 MW i 2020. I 2020 vil det samlede eloverløb svare til 11% af det forventede samlede elforbrug i Østdanmark, og 28% af det forventede forbrug i Vestdanmark.

Antallet af timer med eloverløb stiger betragteligt gennem perioden. I 2020 vil der være eloverløb i mere end halvdelen af årets timer i Vestdanmark, mod knap 20% af tiden i dag.

Håndtering af eloverløbet i dag

Eludvekslingen mellem Danmark og Norge/Sverige har fungeret i mange år. Danmark har fordel af lagrings- og reguleringsmulighederne i det norsk/svenske vandkraftsystem, og Norge og Sverige kan udnytte den danske produktionskapacitet i tilfælde af tørår.

I det nordtyske område er der, som i Vestdanmark, de seneste år sket en kraftig udbygning med vindkraftkapacitet. Herudover er der en del kraftvarme. Det må derfor forventes at der ofte vil være en stor bunden elproduktion i Nordtyskland på de tidspunkter hvor der er eloverløb i Danmark.

En væsentlig del af den elektricitet der produceres og forbruges i Danmark, handles i dag via den nordiske elbørs Nordpool. Hvis der dagen før driftsdøgnet prognosticeres eloverløb i det danske elsystem, afsættes overløbet på den nordiske elbørs i det omfang der er tilgængelig kapacitet på udlandsforbindelserne.

Det kritiske eloverløb, som stort set udelukkende er et vestdansk fænomen og som p.t. er meget begrænset, håndteres i dag ved nedlukning af såvel prioriteret som ikke prioriteret kraftvarme.

Kombinationen af handel på det tyske marked og på Nordpool kan give et specielt problem i relation til eloverløbet som skyldes at der er en anden tidskadence i markedet i Tyskland. Det betyder at transit fra Tyskland til Norge og Sverige kan beslaglægge kapacitet på forbindelserne til Norge og Sverige før der er opgjort et eventuelt eloverløb i Danmark. Dette øger risikoen for kritisk eloverløb i Vestdanmark.

Vurdering af tiltag til reduktion af eloverløbet

I rapporten er gennemgået en række tiltag der i større eller mindre omfang kan reducere eloverløbet. Tiltagene er vurderet teknisk og samfundsøkonomisk i forhold til referencefremskrivningen. Der er foretaget både en snæver samfundsøkonomisk vurdering og en bred samfundsøkonomisk vurdering hvor miljøkonsekvenser er værdisat. Desuden er juridiske og selskabsøkonomiske barrierer for gennemførelse af de enkelte tiltag vurderet.

Rapporten prøver dermed at besvare spørgsmålet: Bør eloverløbet reduceres ved hjælp af tiltag i det danske elsystem – og i givet fald hvordan – eller bør Danmark fortsat eksportere sit eloverløb helt eller delvist?

Vurderingsmetode

Om det er samfundsøkonomisk fornuftigt at reducere eloverløbet, beror på en afvejning af en række forhold:

- den tabte elindtægt ved ikke at eksportere overløbet
- brændsels- og evt. driftsbespareser i Danmark ved indenlandsk anvendelse af overløbet
- evt. investeringer i anlæg til indenlandsk anvendelse af eloverløbet

- evt. sparede omkostninger i forbindelse med håndtering af kritisk eloverløb
- værdi af eventuelle reduktioner i udledningen af CO₂, SO₂ og NO_x.

Alle disse faktorer er blevet indregnet i den samfundsøkonomiske vurdering af de enkelte tiltag. Der er beregnet en forenklet gennemsnitlig samfundsøkonomi over en periode fra ca. 2005 til ca. 2020.

Herudover kan tiltagene have en værdi for systemet i form af øget fleksibilitet. Denne fordel er ikke blevet værdisat.

Prioriteringen af tiltagene vil afhænge af hvad tiltaget skal anvendes til. Dette hænger sammen med at der kan opnås samme *effekt* reduktion af overløbet med forskellig *energimæssig* reduktion. Betragtes tiltag der udelukkende anvendes med henblik på at reducere eloverløb, kan disse tiltag anvendes på to principielt forskellige måder, nemlig til reduktion af kritisk eloverløb og til reduktion af eloverløb generelt:

- Reduktion af det kritiske eloverløb: Fokus på en effektuæssig reduktion i relativt få driftstimer. Reduktionen i energimængden vil være beskedent.
- Reduktion af eloverløb generelt: Fokus på den maksimale energimæssige reduktion med mange driftstimer samtidig med en effektuæssig reduktion og dermed også en reduktion af det kritiske eloverløb.

Herudover betragtes tiltag med virkning på eloverløbet de som ikke specifikt retter sig imod reduktion af eloverløbet (f.eks. varmebesparelser).

Økonomiske og miljømæssige konklusioner vedrørende kritisk eloverløb

- Kritisk eloverløb forekommer ikke i Østdanmark i dag. Følsomhedsvurderinger viser dog at kritisk eloverløb vil kunne forekomme i fremtiden, specielt i ekstrem-situationer. Der forekommer kritisk eloverløb i Vestdanmark i dag og i stigende omfang fremover. Tiltag mod kritisk eloverløb skal derfor primært aktiveres i Vestdanmark (men bør også kunne aktiveres i Østdanmark).
- Det er samfundsøkonomisk fordelagtigt at fjerne det kritiske eloverløb med interne tiltag frem for at bygge nye elledninger dertil. Dette gælder uanset elpris og uanset om man benytter en national eller en international miljøbetragtning.
- På grund af det kritiske eloverløbs korte benyttelsestid og lave volumen bør tiltag med ingen eller lave investeringer prioriteres.
- På grund af det kritiske eloverløbs korte benyttelsestid og lave volumen er de samfundsøkonomiske konsekvenser små.

- Stop af vindmøller kan fjerne stort set hele det kritiske eloverløb, men dette tiltag er ikke det bedste samfundsøkonomisk. Derfor bør flere tiltag kunne aktiveres og der bør sammensættes en "pakke" af tiltag som indgår i systemansvarets daglige driftsrutine.
- De samfundsøkonomisk bedste tiltag til reduktion af kritisk eloverløb er i prioriteret rækkefølge flytning af kraftvarmeproduktion med varmelagre, flytning af elforbrug, stop for kraftvarmeverker kombineret med varmeproduktion på eksisterende kedler, anvendelse af elpatroner og afbrydelse af vindmøller.
- Der findes i dag tiltag som tilsammen har et potentiale der muliggør fjernelse af hele det kritiske eloverløb til begrænsede omkostninger. Der vil dog være omkostninger i forbindelse med udbygning af kommunikation, reguleringssystemer og organisation for at stop af vindmøller og kraftvarmeverker kan kontrolleres.
- Intet enkelttiltag kan fjerne hele det kritiske overløb på længere sigt, og der bør derfor sammensættes en "pakke" af tiltag som indgår i systemansvarets daglige driftsrutine.

Økonomiske og miljømæssige konklusioner vedrørende eksporterbart overløb

Om det samfundsøkonomisk er en god idé at reducere eloverløb generelt (dvs. også det eksporterbare eloverløb) afhænger især af to ting: Elprisen på elmarkedet samt den miljømæssige værdi af eksport fra Danmark. Dette illustreres i tabel 2.1.

Bør eksporterbart eloverløb begrænses?	<i>Miljøværdi medregnes ikke i samfundsøkonomien</i>	<i>Miljøværdi medregnes, men miljøværdi af eksport er tabt for Danmark</i>	<i>Miljøværdi medregnes, og miljøværdi af eksport kommer Danmark til gode</i>
<i>Ingen markedsreaktion ved overløb (elpris 19 øre/kWh)</i>	Nej	Ja	Nej
<i>Kraftig markedsreaktion ved eloverløb (elpris 9 øre/kWh)</i>	Ja	Ja	Nej

Tabel 2.1 Generel konklusion på de samfundsøkonomiske analyser. Der er tale om generaliserede konklusioner med henblik på at illustrere den *overordnede tendens* i beregningerne. Tabellen er ikke gyldig for de enkelte tiltag.

Det ses at forudsætningen om hvorvidt miljøværdien af eksporten kommer Danmark til gode økonomisk, er helt afgørende for beslutningen om hvorvidt Danmark

bør reducere det eksporterbare eloverløb eller ej. Indtil videre må det antages at miljøværdien af eksporten ikke kommer Danmark til gode økonomisk. Det tilsiger at man bør reducere det eksporterbare eloverløb. Hertil kommer den øgede fleksibilitet i elsystemet ved etablering af tiltag som f.eks. varmepumper. Herved kan man f.eks. udnytte billig el i år hvor elprisen er væsentligt lavere end i "normale" år. Endvidere kan der være en markedsmæssig fordel i ikke blot at fjerne det kritiske overløb, men også lidt af det eksporterbare overløb. Herigennem ville man komme lidt væk fra de situationer hvor netbegrænsninger skævvrider markedsprisen.

Det bør endvidere bemærkes, at selvom det i situationen hvor miljøværdien af eksporten kommer Danmark til gode generelt ikke kan betale sig samfundsøkonomisk at reducere eloverløbet, kan det måske alligevel betale sig at investere i et fleksibelt elsystem. Dette skyldes at fleksibiliteten i denne situation alternativt kan anvendes til at opnå en bedre udnyttelse af prisvariationerne på markedet. Det har inden for dette arbejde dog ikke været muligt konkret at sætte værdi på denne fordel.

Omvendt tilsiger usikkerheden omkring miljøværdien af eksporten, elprisen m.m. at der ikke pludselig investeres massivt i en omlægning af elsystemet. På grund af disse usikkerheder bør der løbende følges op på eloverløbsproblematikken i energiplanlægningen.

Under alle omstændigheder bør Danmark arbejde på at miljøomkostningerne internaliseres i elprisen (f.eks. ved indførelse af internationalt omsættelige forureningstilladelser for kraftværkerne), således at Danmark får en ekstra økonomisk indtægt af det miljøvenlige eloverløb som eksporteres.

De samfundsøkonomisk bedste tiltag til reduktion af eksporterbart eloverløb er:

- Flytning af elforbrug (dog kun de første ca. 100 MW; disse bør realiseres under DSM-programmerne¹ under alle omstændigheder).
- Flytning af elproduktion v.h.a. varmelagre (lille potentiale).
- Varmepumper til erstatning af kraftvarme.
- Kedler til erstatning af kraftvarme (naturgas- og træpillekedler bedst).

Hertil kommer at en række tiltag, der normalt ikke sættes i forbindelse med eloverløbet, har en reducerende virkning på dette, og denne reducerende virkning har en positiv økonomisk værdi. Specielt skal det nævnes at en elektrisk storebæltsforbindelse vil

¹ DSM står for Demand Side Management, som betyder "styring på forbrugssiden". Anvendes normalt for elskabernes lovpligtige arbejde med energibesparelser

kunne have en værdi i forhold til reduktion af eloverløbet i Vestdanmark. Det vil i lyset heraf være relevant at tage fornyet stilling til etableringen af en elektrisk storebæltsforbindelse på baggrund af en vurdering af de samlede fordele og omkostninger.

Generelt vil en øget fleksibilitet i elproduktionen og elforbruget være hensigtsmæssig m.h.p. at kunne reagere bedre på udsving i markedsprisen på el og dermed undgå "tvungen eksport" på de tidspunkter hvor markedsprisen på el er lav. En sådan fleksibilitet opnås ikke alene gennem investeringer i de rette tekniske anlæg, men også gennem justeringer i de organisatoriske og økonomiske rammer, jf. nedenfor om barrierer og virkemidler.

Konklusioner vedr. barrierer og virkemidler i forhold til reduktion af eloverløb

Eloverløbet reduceres kun såfremt der er de tilstrækkelige juridiske "håndtag" og selskabsøkonomiske incitamenter dertil.

Til fjernelse af det *kritiske* eloverløb kan det på sigt blive muligt at anvende forskellige markedsrettede mekanismer. Desuden vil en øget fleksibilitet i elsystemet til imødegåelse af det eksporterbare eloverløb også mindske risikoen for kritisk eloverløb. Imidlertid er der behov for på kort sigt:

- At foretage en justering af elforsyningsloven med henblik på at sikre at systemansvaret har tilstrækkelige juridiske beføjelser til imødegåelse af det kritiske eloverløb i den daglige drift. Det bør være muligt for systemansvaret at skride ind allerede i planfasen.
- At ændre Energistyrelsens administrative praksis således at begrænsning af driften på decentrale kraftvarmeværker er et muligt virkemiddel under kritisk eloverløb, uden at de decentrale producenter mister store tilskudsbeløb.

Det *eksporterbare* eloverløb kan ikke som det kritiske eloverløb reduceres ved direkte indgreb fra systemansvaret. Det bør håndteres ved at skabe så god overensstemmelse som muligt mellem de selskabsøkonomiske incitamenter og det samfundsøkonomisk ønskelige.

Generelt viser de selskabsøkonomiske analyser at der ikke er sammenhæng mellem de selskabsøkonomiske incitamenter til at reducere eloverløbet og de samfundsøkonomiske analyser af hvornår det bør gøres. *Værksejerne* vil i de fleste tilfælde tabe penge ved at reducere eloverløbet. Der er dog en undtagelse, nemlig erstatning af kraftvarme med biomassefyrede kedler.

En væsentlig forklaring på den manglende sammenhæng mellem selskabs- og samfundsøkonomi, er det eksisterende afgiftssystem idet værksejerne bliver belastet af ekstra afgiftsbetaling ved reduktion af eloverløbet. F.eks. kan nævnes at erstatning af naturgaskraftvarme med varmepumpedrift belaster værksejeren med omkring 4

øre/kWh eloverløb der fjernes, mens staten tjener et tilsvarende beløb. Hvis naturgaskraftvarme erstattes med naturgas-kedeldrift, taber værksejeren omkring 6 øre/kWh, mens staten tjener 4-5 øre/kWh. Reduktion af kulskraftvarmeproduktion ved bypass medfører et tab for værksejeren på 28² øre/kWh, mens staten vinder et tilsvarende beløb. Erstatte naturgaskraftvarme med varmeproduktion på træpillefyr, *vinder* værksejeren dog 12 øre/kWh, mens staten taber 23 øre/kWh i afgifter.

Ved reduktion af eloverløbet er virkningen af afgifterne således af stor betydning og kan i nogle tilfælde være blokerende for imødegåelse af eloverløb.

Energi- og CO₂-afgifterne tjener mange forskellige formål og er udtryk for balance mellem mange forskellige hensyn der ligger uden for rammerne af denne rapport.

- Arbejdsgruppen vil dog på baggrund af de foretagne analyser pege på at det nuværende afgiftssystem giver uhensigtsmæssige incitamenter i forhold til eloverløb. Dette forhold bør inddrages i forbindelse med samlede overvejelser om ændring af afgiftsreglerne, ikke mindst de nuværende fordelingsregler mellem el og varme.

De selskabsøkonomiske analyser viser også at *elforbrugerne* som hovedregel vil have fordel af at eloverløbet reduceres. I de situationer hvor det er samfundsøkonomisk fornuftigt at reducere eloverløbet, og hvor tabet for værksejeren ved reduktion af eloverløbet er mindre end gevinsten for elforbrugerne og staten, er der således basis for en økonomisk omfordeling som holder værksejeren skadesløs uden at den samlede elpris stiger.

Der kan også være behov for at overveje ændringer i administrative regler over for den decentrale kraftvarmeproduktion. Som følge af dels forudsætningskrivelser i medfør af varmeforsyningsloven, dels administrationen af elproduktionstilskud vil decentrale kraftvarmeverker i dag være bundet til at producere kraftvarme også i lavlastperioder hvor der i stigende grad vil kunne være tale om uøkonomisk eloverløb. Udover mulighederne for at stoppe kraftvarmedriften under kritisk eloverløb, som nævnt oven for, bør det derfor overvejes om det vil være forbundet med samlede økonomiske og miljømæssige fordele at driften på de decentrale anlæg mere generelt gives frit. Det vil også være relevant at undersøge om der via den såkaldte tretidstarif kan gives yderligere incitamenter i lyset af eloverløbsproblematikken.

Med hensyn til flytning af elforbrug anbefales det at dette tema inddrages i netselskabernes nuværende arbejde med elbesparelser – det såkaldte DSM-arbejde – med henblik på at de mest omkostningseffektive muligheder fremmes gennem bl.a. energirådgivning af større virksomheder. Som et led i DSM-arbejdet og koordineringen heraf mellem netselskaberne og Energistyrelsen kan valget mellem mere specifikke virke-

² Under forudsætning af at varmeforbrugerne har kraftvarmefordelen. Beløbet halveres hvis kraftvarmefordelen er delt mellem el- og varmeforbrugerne.

midler såsom kampagner, rådgivning og evt. justering af tariffer nærmere tilrettelægges.

Det videre arbejde

Arbejdsgruppen har ikke med nærværende rapport givet alle svar omkring eloverløbsproblematikken. Der vil være behov for i de nærmeste år at arbejde videre med en række spørgsmål med tilknytning til eloverløbet. Her tænkes f.eks. på:

- Integration af eloverløbsproblematikken i den fremtidige energiplanlægning.
- Anvendelse af markedsmekanismerne i forbindelse med håndtering af eloverløbet.
- Udvikling af teknik, økonomi og jura som muliggør at decentrale anlæg og vindmøller i højere grad deltager i effekt- og spændingsreguleringen.
- Undersøgelse af systemstabilitetsforhold i et fremtidigt elsystem med en stor andel af elektriciteten produceret på decentrale kraftvarmeanlæg og vindmøller.
- Undersøgelse af de økonomiske fordele ved at investere i et fleksibelt elsystem hvor prisvariationerne på elmarkedet udnyttes bedst muligt.

En række teknologier der i dag er på forsknings- og udviklingsstadiet, vil på sigt kunne bidrage meget væsentligt til at håndtere eloverløbsproblemet. Her tænkes bl.a. på

- Teknologier inden for transportområdet, elbiler og/eller brintbiler.
- Nye styrings- og reguleringsteknologier.
- Forbedrede metoder til ellagring.

I de kommende års prioritering af forsknings- og udviklingsindsatsen på energiområdet bør der tages højde for de mulige gevinster der vil kunne opnås i forhold til indpasningen af den bundne elproduktion. Også af denne grund er det derfor vigtigt at understrege at eloverløbsproblematikken bør integreres i den fremtidige energiplanlægning med henblik på at prioriteringen af forskellige løsninger løbende kan justeres.

Forsyningssikkerhed er et højt prioriteret mål i den danske elforsyning. Hvis man af hensyn til forsyningssikkerheden ønsker at det danske elsystem skal kunne køre ø-drift og være uafhængig af forbindelserne til udlandet, skal man være opmærksom på at ø-drift vil kræve at hele eloverløb kan fjernes. Den elmæssige forsyningssikkerhed er et emne som har ligget uden for rammerne af arbejdsgruppens arbejde.

3. Problemformulering

3.1 Baggrund

Op gennem firserne og halvfemserne er produktionsapparatet i det danske elsystem ændret betydeligt. Gennem en målrettet udbygning med kraftvarme, både med centrale værker nær de større byer og med decentrale kraftvarmeværker i de mindre byer, er der opnået store brændselsbesparelser, mindsket miljøbelastning og mindsket olieafhængighed. Ligeledes har den store udbygning med vindmøller fra sidst i firserne og frem til i dag både gavnet miljøet og mindsket afhængigheden af importerede brændsler. I år 2000 blev 63% af elforbruget i Danmark dækket af produktion fra vindkraft og kraftvarme.

Satsningen på kraftvarme og vindkraft i elforsyningen indebærer at en større og større del af elektriciteten produceres som såkaldt bunden produktion, dvs. at produktionen er tidsmæssigt knyttet til hvornår vinden blæser eller hvornår der er behov for varme. Det betyder at der er tidspunkter hvor elproduktionen overstiger den aktuelle indenlandske efterspørgsel. Dette sker især i vinterhalvåret, og forskellen er typisk størst på kolde blæsende nætter hvor varmebehovet er stort og elforbruget lavt. På andre tidspunkter, typisk i dagtimerne eller når det hverken er koldt eller blæsende, er der behov for kondensproduktion, dvs. elproduktion hvor overskudsvarmen ikke udnyttes, eller import.

Andelen af central og decentral kraftvarme samt vindmøller har nu nået et omfang hvor disse anlægs bindinger kan skabe problemer for systemsikkerheden og hvor bindingerne påvirker elmarkedet.

Indpasningen af den store mængde bunden elproduktion har i praksis været gennemført ved handel med udlandet. Det er usikkert om Danmark også i fremtiden på samme måde kan bruge udlandet til at skabe balance mellem udbud og efterspørgsel, og det er ikke nødvendigvis den mest rentable løsning. Det er derfor relevant at vurdere om der i det danske energisystem skal søges opnået mere fleksibilitet.

Indpasningen af den øgede elproduktion fra kraftvarme og vindkraftanlæg rummer således en udfordring i relation til situationerne med overskud af bunden elproduktion – eller eloverløb – samt en udfordring i relation til hvordan den bundne elproduktion kommer til at spille sammen med et internationalt elmarked.

Herudover er der store variationer i elproduktionen fra vindmøller fra time til time. En del af variationerne er vanskelige at forudsige hvilket bl.a. giver forskel mellem den prognosticerede og den realiserede vindkraft. Dette giver ubalancer som stiller store krav til det øvrige produktionsapparat og transmissionsnettet.



El fra kraftvarme og vedvarende energi giver på den anden side en langt mindre CO₂-belastning end el fra kulfyrede kondensanlæg, og den stigende mængde kraftvarme- og VE-el kan derfor åbne nye perspektiver for anvendelsen af el.

I dag eksporteres eloverløbet typisk til udlandet. De lande der importerer det danske eloverløb vil typisk reducere deres egen CO₂-udledning som følge af importen idet produktionen på fossilt fyrede kraftværker i de enkelte lande kan reduceres tilsvarende³. Så længe der ikke er bindende drivhusgasbegrænsninger i de lande Danmark eksporterer til, vil CO₂-reduktionen ikke have en økonomisk værdi. Eksportpriserne er derfor uafhængige af den CO₂-reduktion de giver anledning til i importlandet.

I det omfang vores nabolande påtager sig Kyoto-reduktionsforpligtelser der har en mærkbar konsekvens for CO₂-udledningen, må det forventes at dette vil slå igennem på elpriserne på markedet senest fra 2008. I et internationalt CO₂-kvotemarked eller VE-elmarked vil Danmark formodentlig også kunne opnå en ekstra fortjeneste ved eksport af eloverløbet eller dele heraf. Sådanne markeder er imidlertid endnu kun på planlægningsstadiet i EU.

Så længe Danmark ikke får gavn af den CO₂-reduktion der kommer i de lande vi eksporterer el til, er eloverløbet også en vigtig parameter for hvor meget af miljøgevinsten ved kraftvarme- og vindkraftproduktionen det danske samfund går glip af.

Ud over at CO₂-fordelen ved eloverløbet ikke giver sig udslag i en øget salgspris er der en risiko for at det store udbud af bunden overløbsstrøm på elmarkedet i visse perioder tværtimod vil føre til prisfald der yderligere reducerer det økonomiske udbytte af at eksportere overløbet. I dag fører den bundne elproduktion i Danmark i en række situationer til flaskehalse i transmissionslinjerne til udlandet. Den bundne produktion har derfor fået en betydelig indflydelse på områdepriserne. I perioder ligger områdepriserne væsentligt under de samfundsøkonomiske produktionsomkostninger ved at producere el i samproduktion.

3.2 Eloverløb

Eloverløb defineres som situationer hvor den bundne elproduktion overstiger elforbruget i et givet systemområde. Til beskrivelse og kvantificering af problemstillingen opereres der med yderligere to begreber - eksportérbart eloverløb og kritisk eloverløb.

³ En del eloverløb "lagres" dog i norske og svenske vandkraftmagasiner, og giver dermed ingen umiddelbar CO₂-reduktion. I det omfang eloverløbet genimporteres til Danmark på tidspunkter uden eloverløb er det dansk kondensproduktion der kan reduceres.

I langt de fleste situationer vil det være teknisk muligt at eksportere eloverløbet til udlandet. Eloverløb der kan eksporteres, betegnes eksportérbart eloverløb (EEOL).

I nogle tilfælde vil det ikke være teknisk muligt at eksportere hele eloverløbet. Eloverløbet kan f.eks. være så stort at det overstiger overføringskapaciteten på udlandsforbindelserne, eller kapaciteten kan være optaget, f.eks. af transit mellem Norge og Tyskland. Eloverløb der ikke kan eksporteres, betegnes kritisk eloverløb (KEOL).

Det skal bemærkes at kritisk eloverløb, forstået som en mængde el der rent fysisk er til stede (og til overs), aldrig vil forekomme, idet elproduktionen til ethvert tidspunkt skal være præcis lige så stor som forbruget (incl. evt. eksport). Hvis denne balance ikke opretholdes, bryder systemet sammen. I praksis må produktionen derfor reduceres, f.eks. ved at stoppe kraftvarmeværker, eller forbruget må øges. Kritisk eloverløb skal derfor forstås som det eloverløb der *teoretisk set* ville forekomme hvis produktion og/eller forbrug ikke blev reguleret som anført. Begrebet kritisk eloverløb bruges ved analyse af elsystemets driftssikkerhed, ved analyse af behov for tiltag og i den daglige driftsplanlægning. Når der i det følgende anvendes betegnelsen "kritisk eloverløb" er det i betydningen *risiko for kritisk eloverløb*, eller *truende kritisk eloverløb*.

I situationer med (risiko for) *kritisk eloverløb* vil det som nævnt være nødvendigt at reducere produktionen eller øge forbruget. Samfundsøkonomisk vil der være en besparelse ved at nedlukke bunden elproduktion når der er kritisk eloverløb, fordi elektriciteten i disse situationer har en lavere værdi end det, det koster at producere den. Situationer med kritisk eloverløb øger endvidere risikoen for driftsforstyrrelser. Systemansvaret skal have tilstrækkelige muligheder for at stoppe anlæg eller øge elforbruget. Det skal derfor overvejes om der er behov for en bredere vifte af handlemuligheder, og herudover skal der tages stilling til hvilke handlemuligheder der er bedst til at afværge kritisk eloverløb ud fra en samlet økonomisk, miljømæssig og driftssikkerhedsmæssig betragtning.

Det *eksportérbare eloverløb* bliver i dag rent faktisk eksporteret, selv ved lave priser på elmarkedet, idet der ikke i dag er selskabsøkonomisk fordelagtige alternativer til at eksportere strømmen. Konsekvenserne af dette kan være at den bundne produktion ikke bliver optimeret i forhold til elprisen på markedet, og at Danmark ikke får glæde af miljøfordelen ved overløbsstrømmen. Herudover er den driftsmæssige fleksibilitet i det nuværende system begrænset som følge af de manglende alternativer til eksport af eloverløbet.

Det er derfor relevant at overveje, om der på nationalt niveau bør opbygges et mere fleksibelt system hvor der er reelle alternativer til eksport af strømmen der kan tages i anvendelse når det er hensigtsmæssigt.

Beslutningen om at producere el i en mængde der overstiger det indenlandske forbrug kan bero på både tekniske, økonomiske og organisatoriske forhold, f.eks. manglende reguleringsmuligheder, afgiftsmæssige incitamenter eller organiseringen af forskellige

dele af den danske elforsyning. Det er derfor hensigtsmæssigt at undersøge nærmere i hvilken udstrækning bindingerne er teknisk, økonomisk eller organisatorisk betingede og på baggrund heraf overveje mulige ændringer.

Eloverløbs”problemet” formuleres af og til på den måde, at det forekommer økonomisk irrationelt at betale en vindmøllejer 60 øre/kWh henholdsvis 43 øre/kWh for herefter at sælge elektriciteten på børsen til 15 øre/kWh eller hvad markedsprisen nu er. Dette har imidlertid efter arbejdsgruppens vurdering ikke noget med eloverløbet at gøre. Selv uden eloverløb ville der være den samme forskel på hvad vindmøllejeren modtager for sin el og hvad den kan sælges til på markedet. Hvilken betaling vindmøllejeren bør have afhænger derfor snarere af hvor megen støtte man mener vindkraften har brug for end af størrelsen af eloverløbet.

3.3 Systemubalancer, elmangel og systemstabilitet

Ud over eloverløb kan den bundne elproduktion give anledning til overvejelser omkring *systemubalancer*, *elmangel* og *systemstabilitet*.

Systemubalancen defineres som den samlede forskel mellem prognosticeret forbrug og produktion dagen før driftsdøgnet og faktisk forbrug og produktion i driftstimen. Systemubalancen kan være negativ eller positiv.

Ubalancens størrelse afhænger af hvor godt forbrug og produktion kan forudsiges dagen før driftsdøgnet. Især vindkraften er vanskelig at forudsige, og den voksende mængde af vindkraft har derfor bevirket at usikkerheden på produktionen vokser og dermed også systemubalancen.

En stor *systemubalance* betyder at systemansvaret skal købe eller sælge den under- eller overskydende elmængde ved regulér- eller effekt-krafthandler med meget kort varsel, hvilket typisk medfører ekstra omkostninger og en ringere driftssikkerhed. Endvidere skal systemansvaret sikre – og betale for – at der er en tilstrækkelig regulér- og effekt-kraft til rådighed. Systemubalancen kan f.eks. nedbringes ved at søge at forbedre prognoserne for produktion og forbrug. Ligeledes vil virkemidler til håndtering af eloverløb generelt også forbedre situationen i forhold til systemubalancer. Selvom denne rapport således koncentrerer sig om selve eloverløbet, skal man altså være opmærksom på at virkemidler til håndtering af eloverløbet også vil opfylde en funktion i forhold til de systemansvarliges selskabers arbejde med at håndtere systemubalancerne.

Den voksende mængde bunden elproduktion har ført til en bekymring for om der bliver etableret tilstrækkelig øvrig produktionskapacitet. I perioder med en lille mængde bunden produktion vil der kunne optræde situationer med en egentlig *elmangel* hvor forbrugernes efterspørgsel ikke kan imødekommes. Dette problem må vurderes i forbindelse med vurderinger af behovet for kapacitetsudbygning som er et emne der ligger uden for arbejdsgruppens problemstilling. Arbejdsgruppen har derfor ikke beskæftiget sig med risikoen for elmangel.

Systemstabiliteten i elsystemet er afhængig af kraftværkernes og transmissionsnettets dimensionering og drift. Elsystemet skal være designet således at de dynamiske egenskaber er tilstrækkelige til at kunne modstå hændelser som udfald af kraftværker og ledninger. Da vindmøller og decentrale værker ikke i dag har samme gode spændingsstabiliserende egenskaber som de centrale værker, er der alt andet lige en risiko for at elsystemet i fremtiden bliver mindre robust. Spørgsmålet om systemstabiliteten har ikke været genstand for en særskilt analyse i forbindelse med dette arbejde, men bør undersøges nærmere i forbindelse med det videre arbejde.

3.4 Sammenfattende opgaveformulering

Arbejdsgruppen har valgt at fokusere på problemerne i relation til det kritiske eloverløb og det eksportérbare eloverløb. Systemubalancen er ikke taget op som selvstændigt problem i arbejdsgruppen, men mange af de handlemuligheder der peges på i forhold til det kritiske og det eksportérbare eloverløb vil kunne give en øget fleksibilitet der også vil være til gavn i håndteringen af systemubalancen. Problematikken omkring ubalancer er analyseret grundigt i rapporten "Håndtering af eloverløb og elmangel i det danske elsystem" (Elkraft System, Eltra, juni 2001).

Arbejdsgruppen har således – med udgangspunkt i kommissoriet – koncentreret sit arbejde om følgende opgaver:

- Omfanget af kritisk eloverløb og eksportérbart eloverløb skal kortlægges.
- Det skal undersøges om der er behov for en større vifte af handlemuligheder til imødegåelse af kritisk eloverløb, samt i givet fald hvilke handlemuligheder der bør etableres ud fra en samfundsøkonomisk, miljømæssig og forsyningssikkerhedsmæssig vurdering.
- Det skal undersøges om det er hensigtsmæssigt at etablere flere handlemuligheder til imødegåelse af eksportérbart eloverløb, samt i givet fald hvilke handlemuligheder der bør etableres ud fra en samfundsøkonomisk, miljømæssig og forsyningssikkerhedsmæssig vurdering.
- For de handlemuligheder der måtte blive peget på, skal eventuelle barrierer for etablering af handlemulighederne kortlægges og mulige løsninger beskrives.

Dansk Energi, Elsam og Energi E2 har afgivet en særskilt kommentar til rapporten, der primært knytter sig til problemformuleringen. Kommentaren er vedlagt som bilag 2.

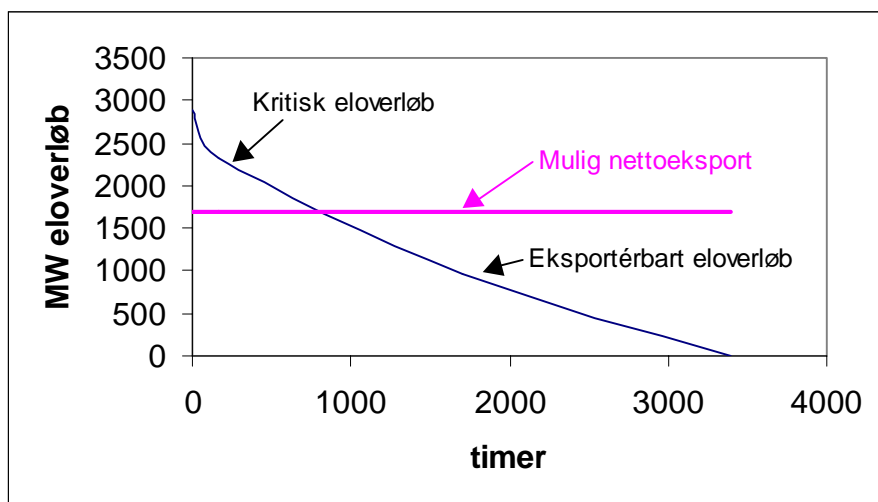
4. Kortlægning

I dette kapitel introduceres en række termer der benyttes til at beskrive og kvantificere eloverløbet. Dernæst opstilles der et referenceforløb for perioden frem til 2020, og det beskrives hvordan eloverløbet vil udvikle sig i dette referenceforløb. Til sidst i kapitlet beskrives håndteringen af eloverløbet i dag.

4.1 Karakter af eloverløb

Eloverløbet kan karakteriseres ved en maksimal effekt, antallet af timer (på et år) hvor der optræder eloverløb samt hvor stort et energiindhold, der er i eloverløbet. Figur 4.1 viser et eksempel på disse tre elementer optegnet i en såkaldt varighedskurve hvor eloverløbet i den time hvor det største overløb optræder, er angivet længst til venstre i figuren, eloverløbet i timen med det næststørste eloverløb er angivet næstlængst til venstre osv.

I eksemplet er det maksimale eloverløb 2900 MW, og der er eloverløb i 3400 timer. Det maksimale kritiske eloverløb er på 1200 MW, og der er kritisk eloverløb i ca. 800 timer. Arealet under kurven angiver energiindholdet i overløbet. I eksemplet er det eksportérbare eloverløb ca. 3400 GWh, og det kritiske eloverløb er ca. 370 GWh.



Figur 4.1 – Eksempel der viser sammenhængen mellem timer, effekt og energiindhold af eloverløb.

Til at karakterisere eloverløbet benyttes desuden en fjerde term, nemlig benyttelsestiden. Benyttelsestiden bruges som et mål for hvor stor en energimængde man kan "få ud af" en given effekt. En stor benyttelsestid betyder at man kan få en stor energimængde ud af en given effekt mens en lille benyttelsestid omvendt betyder at man kun

kan få en lille energimængde ud af en given effekt. Benyttelsestiden (i timer) findes ved at dividere energiindholdet (i MWh) med den maksimale effekt (i MW).

Hvis man f.eks. ville anvende det eksportérbare eloverløb der er vist i figur 4.1 i en varmepumpe, skulle varmepumpen have en eleffekt på 1700 MW for at kunne bruge det eksportérbare eloverløb på 3400 GWh. Benyttelsestiden for varmepumpen ville dermed blive $3400 \text{ GWh}/1700 \text{ MW}=2000$ timer. Eller sagt på en anden måde: Hvis man forestillede sig at varmepumpen kørte ved maksimaleffekten på 1700 MW, ville den kunne køre i 2000 timer før den havde opbrugt elmængden på 3400 GWh.

Hvis man derimod kun ville anvende det kritiske eloverløb i varmepumpen, skulle varmepumpen have en effekt på 1200 MW for at bruge det kritiske eloverløb på 370 GWh. Benyttelsestiden for varmepumpen ville i dette tilfælde blive $370 \text{ GWh}/1200 \text{ MW}=308$ timer svarende til at varmepumpen kun kunne køre ved max. effekt i 308 timer før elmængden var brugt op.

For den viste varighedskurve skal der altså investeres i en relativt større effekt (i forhold til energiindholdet) for at nedbringe det kritiske eloverløb (der har en lille benyttelsestid) end for at nedbringe det eksportérbare eloverløb (der har en stor benyttelsestid).

4.2 Reference-udvikling

Ifølge kommissoriet skulle arbejdsgruppens analyser baseres på scenarier frem til 2030. Arbejdsgruppen har imidlertid valgt at begrænse tidshorisonten til 2020 idet det dermed har været muligt at basere fremskrivningen på de systemansvarlige selskabers systemplaner.

Som grundlag for vurdering af tiltagene til reduktion af eloverløbet er der opstillet en referenceudvikling der viser hvordan det kritiske og det eksportérbare eloverløb vil udvikle sig som følge af udbygningen med vindkraft- og kraftvarmeanlæg og udviklingen i elforbruget. I referencen er det forudsat at de nuværende afgiftsforhold for de centrale værker opretholdes. Endvidere er det forudsat, at de nuværende krav om størst mulig kraftvarmeproduktion for de decentrale kraftvarmeverker opretholdes. Referencen er ikke udtryk for en prognose, men for en "business as usual"-fremskrivning der giver mulighed for at belyse en række alternativer.

Ved opstillingen af referencen er det valgt at fokusere på 3 udvalgte år, nemlig 2005, 2010 og 2020.

Det danske elsystem er i dag geografisk opdelt i to områder der ikke er direkte forbundne, nemlig området øst for Storebælt ("Østdanmark") og området vest for Storebælt ("Vestdanmark"). Det betyder at der kan optræde eloverløb i det ene område uden at der er eloverløb i det andet område. I analyserne er det derfor nødvendigt at

operere med områderne hver for sig og følgelig er referencefremskrivningen også opdelt på Øst- og Vestdanmark.

Det er en forudsætning for Eltras og Elkraft Systems planlægning at der skal etableres en elektrisk forbindelse over Storebælt mellem de to områder senest i 2003. Dette betyder dog ikke at de to områder i elmæssig forstand "smelter sammen" til ét område idet Storebæltsforbindelsen vil få en begrænset kapacitet (300 MW) set i forhold til de effekter der transporteres internt i hvert af de to områder. Derimod vil Storebæltsforbindelsen kunne sammenlignes med en "udlandsforbindelse" der i virkemåde svarer til de eksisterende forbindelser fra Øst- og Vestdanmark til Norge, Sverige og Tyskland. Det er i arbejdsgruppens analyser beregningsteknisk antaget at der ikke er en elektrisk Storebæltsforbindelse. Herved har Storebæltsforbindelsen kunnet analyseres som et selvstændigt tiltag.

Alle eksisterende udlandsforbindelser er i referenceforløbet forudsat bibeholdt helt frem til 2020. Forbindelser der har en restlevetid på under 19 år, er dermed forudsat udskiftet eller renoveret. Der er herudover forudsat en ombygning af forbindelsen mellem Jylland og Sverige så kapaciteten øges med 90 MW i 2004.

4.2.1 Produktion og forbrug

Som nævnt er de systemansvarlige selskabers systemplaner lagt til grund for fremskrivningen⁴.

I Vestdanmark forudsættes etableret tre combined cycle-anlæg i perioden 2011 til 2020 til erstatning af ældre kraftvarmeanlæg. I Østdanmark idriftsættes Avedøreværkets blok 2 i år 2001 og et combined cycle-anlæg i perioden 2011 til 2020. Herudover forudsættes den ældre kraftvarmekapacitet i Københavnsområdet (Østdanmark) videreført med en lav varmemunden elproduktion på det givne varmegrundlag.

Der forudsættes desuden en begrænset udbygning med decentrale, industrielle og lokale kraftvarmeværker.

⁴ Tallene for Vestdanmark er justeret på 2 punkter i forhold til Eltras systemplan, idet:

- det er forudsat at udbygningen med havmølleparker fortsætter frem til 2020, og at der dermed i Vestdanmark etableres 300 MW havvindmøller ud over de der indgår i systemplanen
- det er forudsat at der etableres 1248 MW nye naturgasfyrede combined-cycle-anlæg til erstatning for de centrale kraftvarmeværker der skrottes i løbet af perioden.

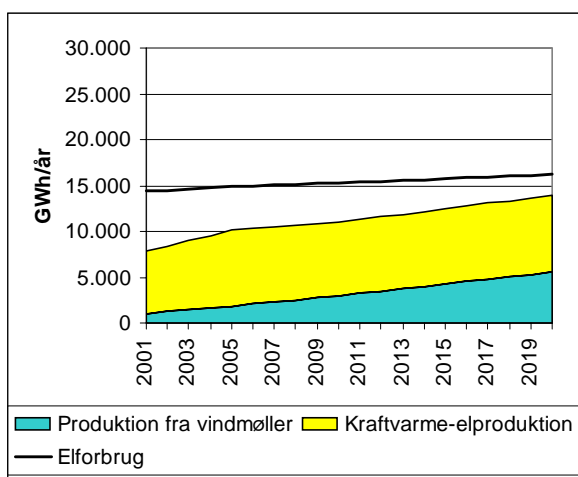
Denne justering fører til højere værdier for det kritiske eloverløb end værdierne i Eltras systemplan. Tallene for eloverløbet i Østdanmark er justeret en smule i forhold til Elkraft Systems systemplan som følge af at der er blevet gennemført mere præcise beregninger af den bundne produktion i referenceforløbet.

For Østdanmark forventes den installerede vindmølleeffekt at stige fra ca. 570 MW i 2001 til 1850 MW i 2020 mens den installerede effekt i Vestdanmark vil stige fra 1870 MW til 3860 MW. Stigningen skyldes overvejende udbygning med 150 MW havvindmølleparker hvert andet år i begge områder.

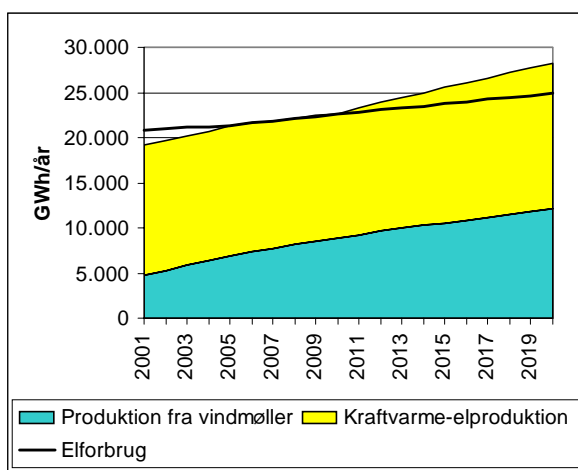
Elforbruget ab værk forudsættes at stige fra 35,3 til 41,1 TWh, svarende til en årlig stigning på ca. 0,8%.

Samlet set øges den bundne produktion særlig p.g.a. udbygningen med vindkraft, men også etablering af CC-anlæg øger den varmebundne produktion igennem perioden.

Figur 4.2a og 4.2b viser den resulterende udvikling i elforbrug samt i bunden elproduktion fra vindmøller og kraftvarmeværker for hhv. Øst- og Vestdanmark.



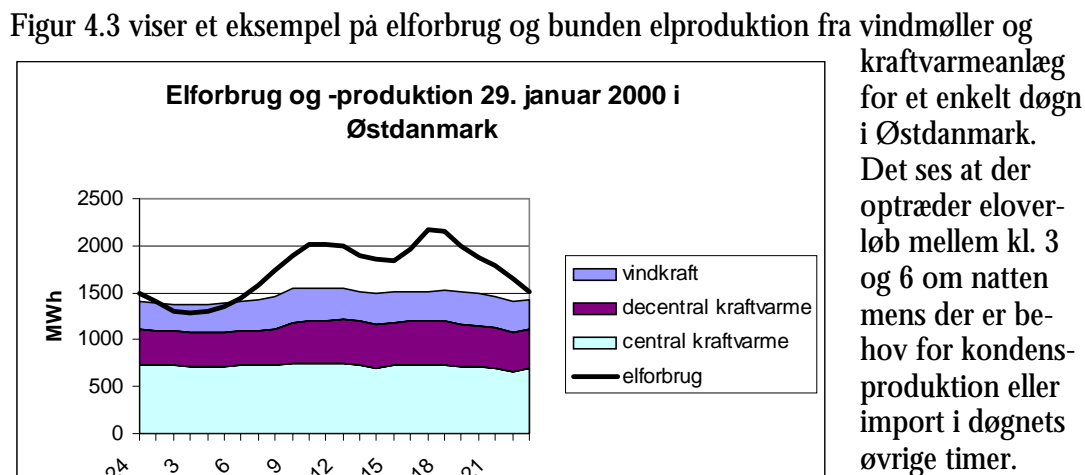
Figur 4.2a Udvikling i elforbrug og bunden produktion i Østdanmark



Figur 4.2b Udvikling i elforbrug og bunden produktion i Vestdanmark

Det ses af figurerne at den bundne elproduktion er væsentligt større i Vestdanmark end i Østdanmark både absolut og set i forhold til elforbruget.

Det skal understreges at selv om den bundne elproduktion på årsbasis ikke overstiger elforbruget (som tilfældet er i Østdanmark og i Vestdanmark indtil år 2005), vil der alligevel forekomme eloverløb som følge af at den bundne produktion ikke følger forbruget. Selv i dag forekommer der således eloverløb i både Øst- og Vestdanmark, på trods af, at elforbruget på årsbasis er noget større end den bundne produktion.



Figur 4.3 Eksempel på elproduktion og -forbrug over et døgn.

4.2.2 Eltransmissionsforbindelser til udlandet

Danmark er i dag er forbundet med udlandet med relativt kraftige eltransmissionsledninger der ud fra en fysisk betragtning kun i begrænset omfang virker som flaskehalse for udveksling af elektricitet mellem Danmark og udlandet.

Vestdanmark er vekselstrømsmæssigt bundet til det vesteuropæiske elsystem via kraftige vekselstrømsforbindelser over den dansk-tyske grænse i Sønderjylland (1200 MW). Vestdanmark er ligeledes forbundet med jævnstrømsforbindelser til Norge og Sverige over henholdsvis Skagerrak (1000 MW) og Kattegat (600 MW). Den sidstnævnte forbindelse forudsættes ombygget i år 2004 til 720 MW.

Østdanmark er en del af det nordiske vekselstrømssystem via en veludbygget forbindelse over Øresund til Sverige (1700 MW). Området er herudover forbundet via en jævnstrømsforbindelse til det østlige Tyskland (600 MW).

I perioder kan der – trods den forholdsvis stærke kapacitet - opstå overførbegrænsninger på udlandsforbindelserne, men disse er typisk afledt af interne begrænsninger i de enkelte landes transmissionsnet. Således ses det ofte, og særligt i vinterhalvåret, at begrænsninger i kapaciteten fra Nordsverige til Sydsverige medfører at Svenska Kraftnät lægger begrænsninger på Øresundsforbindelsen mod Sjælland. Derimod er der yderst

sjældent problemer i den modsatte retning, dvs. fra Sjælland mod Sverige. 132-kV-kablerne mellem Danmark og Sverige (der har en kapacitet på 350 MW) har dog kun en restlevetid på ca. 10 år.

Forbindelserne mellem Danmark og Tyskland kan til en vis grad anvendes, men mulighederne er kompliceret af at markederne mod Norden og Kontinentet er forskellige og at forholdene med eloverløb i Nordtyskland ofte er tilsvarende de danske. Derfor forudsættes det som udgangspunkt at udvekslingsmuligheden fra Jylland til Tyskland ikke kan udnyttes i tilfælde af overløb. For det østdanske område forudsættes udvekslingsmuligheden mellem Sjælland og Tyskland at kunne anvendes.

I vurderingen af det kritiske eloverløb anvendes den maksimalt mulige udvekslingskapacitet. Den i praksis mulige kapacitet bør analyseres nøjere.

I bilag 3 er referencefremskrivningen beskrevet nærmere.

4.3 Eloverløb i referenceforløbet

4.3.1 Omfang af eloverløbet

I dette afsnit kvantificeres det eloverløb der forventes at optræde i referenceforløbet.

Størrelsen af eloverløbet – såvel det eksporterbare som det kritiske eloverløb – er afhængig af de opstillede forudsætninger mht. udbygning med kraftvarmekapacitet og vindkraft og den forudsatte anvendelse af udlandsforbindelser.

For det eksportérbare eloverløb er det endvidere en forudsætning at der ikke er nogen flaskehalse internt i nabosystemerne, samt at produktionsanlæggene i nabosystemerne kan regulere produktionen ned i nødvendigt omfang. Hvis disse forudsætninger ikke er opfyldt, øges andelen af kritisk eloverløb.

Tabel 4.1 viser det forventede maksimale eloverløb i MW for år 2005, 2010 og 2020 hvis der ikke bliver grebet ind, samt det konstaterede maksimale eloverløb i år 2000, for hhv. Øst- og Vestdanmark. Overløbet er opdelt i eksportérbart og kritisk overløb. For Vestdanmark er der ikke regnet med at forbindelsen til det nordvestlige Tyskland kan anvendes til eksport fordi det skønnes at man i denne del af Tyskland selv vil have behov for at eksportere i de situationer hvor der er eloverløb i Danmark. For Østdanmark er forbindelsen mod Tyskland som udgangspunkt medtaget.

Værdierne i tabel 4.1 er angivet for normalsituationer baseret på modelsimuleringer på timeniveau (gennemsnitlige værdier). Dette er dermed baseret på energimæssige gennemsnitsbetragtninger da simuleringerne er udført med variationer af vindproduktion og belastninger der er uafhængige af hinanden, og kombinationen: ”mindst muligt

elforbrug, størst mulig varmebelastning og størst mulig vindproduktion” vil derfor sandsynligvis ikke forekomme i simuleringen.

Det størst tænkelige eloverløb vil netop forekomme i en vintersituation med lav elbelastning, stor varmebelastning og maksimal produktion fra vindmøllerne. I en sådan såkaldt ekstremssituation kan eloverløbet blive væsentligt større end det i tabel 4.1 viste. Eloverløbet i sådanne ekstremssituationer ligger typisk 500 – 1000 MW over værdierne i tabel 4.1.

Maksimale eloverløb i normal-situationer	2000	2005	2010	2020
Østdanmark				
Eksportérbart overløb, MW	140	740	1060	1850
Kritisk overløb, MW	0	0	0	0
I alt, MW	140	740	1060	1850
Vestdanmark				
Eksportérbart overløb, MW	1200	1700	1700	1700
Kritisk overløb, MW	200	1200	1240	2510
I alt, MW	1400	2900	2940	4210

Tabel 4.1 – Maksimale eloverløb i MW i normalsituationer.

For Østdanmark forventes det at hele eloverløbet i normalsituationer vil kunne eksporteres gennem hele perioden frem til 2020 idet den maksimale udvekslingskapacitet til Sverige og Tyskland er på ca. 2300 MW mens eloverløbet ikke vil overstige 1850 MW.

I Vestdanmark vil der derimod gennem hele perioden forekomme et kritisk eloverløb, på trods af at overføringskapaciteten til udlandet stiger fra 1200 MW i år 2000 til 1700 MW i 2005. Stigningen i overføringskapaciteten skyldes opsigelse af en transaftale mellem Norge og Tyskland på 400 MW samt en forudsat ombygning af den ældste jævnstrømsforbindelse til Sverige. Kapaciteten mellem Jylland og Tyskland er ikke medregnet i denne opgørelse.

Tabel 4.2 viser antallet af timer med eloverløb for hhv. Øst- og Vestdanmark samt hvor mange af timerne der er kritisk eloverløb.

Timer pr. år med eloverløb	2000	2005	2010	2020
Østdanmark				
Antal timer med overløb	40	950	1510	3000
-heraf med kritisk overløb	0	0	0	0
Vestdanmark				
Antal timer med overløb	1470	3700	3700	4710
-heraf med kritisk overløb	-	540	730	1630

Tabel 4.2 – Antal timer/år med eloverløb.

Af tabellen ses at antallet af timer med eloverløb stiger betragteligt hen gennem perioden. I 2020 vil der således være eloverløb i 34% af årets timer i Østdanmark og i 54% af årets timer i Vestdanmark.

Tabel 4.3 viser energiindholdet i eloverløbet for henholdsvis det eksportérbare og det kritiske overløb.

Energiindhold i eloverløb	2000	2005	2010	2020
Østdanmark				
Eksportérbart overløb, GWh	2	190	460	1680
Kritisk overløb, GWh	0	0	0	0
I alt, GWh	2	190	460	1680
Vestdanmark				
Eksportérbart overløb, GWh	-	3130	3360	5070
Kritisk overløb, GWh	-	170	290	1330
I alt, GWh	520	3300	3650	6400

Tabel 4.3 – Energiindhold i eloverløbet i GWh.

Det ses at også energiindholdet i eloverløbet stiger betragteligt frem mod 2020. Det østdanske eloverløb i 2020 på 1680 GWh svarer til 11% af det forventede samlede elforbrug i Østdanmark mens det vestdanske eloverløb i 2020 tilsvarende svarer til 28% af det forventede forbrug.

Tabel 4.4 viser benyttelsestiden for henholdsvis det samlede eloverløb og det kritiske overløb.

Benyttelsestid	2000	2005	2010	2020
Østdanmark				
Benyttelsestid for samlet overløb, timer	10	260	430	910
Benyttelsestid for kritisk overløb, timer	0	0	0	0
Vestdanmark				
Benyttelsestid for samlet overløb, timer	370	1140	1240	1520
Benyttelsestid for kritisk overløb, timer	-	140	230	530

Tabel 4.4 – Benyttelsestid for eloverløb i timer/år.

Samlet set viser tabel 4.1 – 4.4 at omfanget af eloverløbet vil stige ganske væsentligt i løbet af de kommende 20 år, både i Øst- og Vestdanmark.

Med de eksisterende udlandsforbindelser vil hele det østdanske eloverløb frem til år 2020 kunne eksporteres i normalsituationer mens det kun er muligt at eksportere en del af det vestdanske eloverløb.

I ekstremssituationer vil det maksimale eloverløb være større. Der vil i disse situationer kunne forekomme kritisk eloverløb i såvel Vest- som Østdanmark.

4.3.2 Følsomhedsanalyser på eloverløbet i referenceforløbet

Opgørelsen af eloverløbet i referenceforløbet bygger på en række kritiske antagelser. Ud over de grundlæggende forudsætninger om vindkraft, kraftvarmeudbygning og elforbrug kan der peges på følgende:

- Antagelserne om forholdet mellem el- og varmeproduktion på nye kraftværker har en væsentlig betydning. Nye anlæg producerer typisk mere el i forhold til varme end gamle anlæg gør, og dermed øges det kraftvarmebundne eloverløb. I Vestdanmark betyder etablering af tre combined cycle-anlæg dermed en stigning i den varmebundne elproduktion svarende til en stigning i det samlede maksimale eloverløb på omkring 20% i år 2020. Tilsvarende for Østdanmark betyder etablering af Avedøreværkets blok 2 i år 2001 og etablering af et combined cycle-anlæg en stigning i eloverløbet. I Østdanmark vil etablering af ny kraftvarmekapacitet (som ikke indgår i referencen) til erstatning for H. C. Ørstedsværket og Svane-mølleværket kunne øge energiindholdet i eloverløbet i 2020 med over 50% og det samlede maksimale eloverløb med 30% hvilket medfører kritisk eloverløb.
- Antagelserne om kapaciteten af udlandsforbindelserne har afgørende indflydelse på hvor stor en del af eloverløbet der er kritisk. Således vil det kritiske eloverløb i Vestdanmark blive reduceret med op til 1.200 MW hvis forbindelsen mellem Vestdanmark og Tyskland medregnes eller øget med op til 800 MW hvis udfaldet fra

markedet medfører tvungen import fra Tyskland. I Østdanmark vil der i år 2020 forekomme kritisk eloverløb hvis forbindelsen mellem Sjælland og Tyskland ikke medtages. Hertil kommer at 132-kV-forbindelsen mellem Sjælland og Sverige har en restlevetid på ca. 10 år hvilket på sigt kan reducere overføringsmulighederne til Sverige med 350 MW.

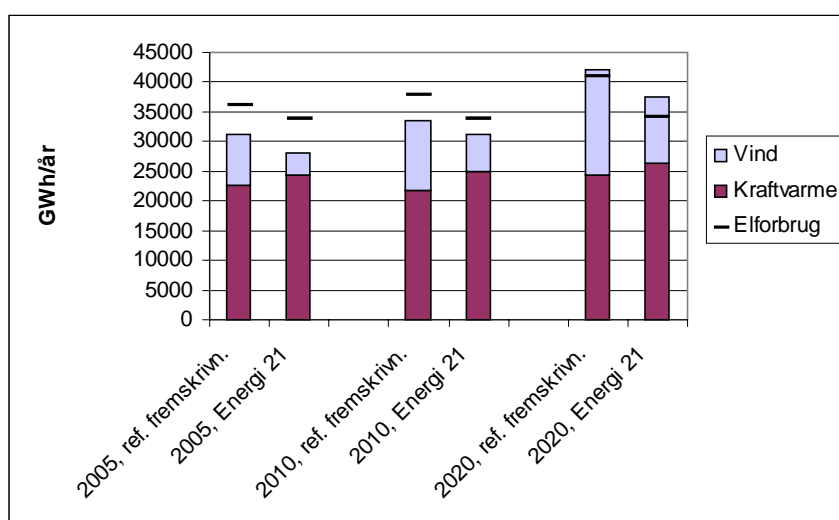
Som det ses af ovenstående betragtninger er de anvendte forudsætninger helt afgørende for størrelsen af eloverløbet og det kritiske eloverløb.

4.3.3 Sammenligning med *Energi 21*

Som nævnt er referencefremskrivningen baseret på de systemansvarlige selskabers planer. Dette skal især ses på baggrund af de beregningstekniske fordele ved at tage udgangspunkt i de systemansvarlige selskabers tal som på forhånd var opdelt i de to relevante systemområder. Alternativt kunne fremskrivningen principielt have været baseret på *Energi 21*. En række forhold har imidlertid ændret sig siden *Energi 21* blev udarbejdet. De to væsentligste forhold der har ændret sig, er

- at udbygningen med vindmøller har vist sig at gå hurtigere end forventet
- at udbygningen med kraftvarme har vist sig at gå langsommere end forventet

Den nye referencefremskrivning afspejler disse to forhold. Figur 4.4 viser udviklingen i elforbruget samt elproduktionen fra vindmøller og kraftvarmeværker for referencefremskrivningen sammenholdt med *Energi 21*. Ud over ændringerne i henholdsvis



vindmølle- og kraftvarme-elproduktionen ses det at der regnes med en lidt større samlet bunden elproduktion i referencefremskrivningen, men at der til gengæld også er forudsat et lidt større elforbrug.

Figur 4.4 Elforbrug og elproduktion fra vindmøller og kraftvarmeværker i referencefremskrivningen, sammenholdt med *Energi 21*.

I *Energi 21*-fremskrivningen er det forudsat at udlandsforbindelserne udbygges så hele eloverløbet kan eksporteres.

Konsekvenserne for eloverløbet af at anvende *Energi 21*-fremskrivningen er ikke beregnet. Arbejdsgruppen vurderer imidlertid at de konsekvenser af ændrede forudsætninger der er beskrevet i afsnit 4.3.1, er væsentlig større end de konsekvenser anvendelse af *Energi 21*-fremskrivningen ville give anledning til.

Referencefremskrivningens betydning er i øvrigt belyst i kapitel 5 ved en følsomhedsanalyse der viser, hvordan beregningsresultaterne ændres hvis man i stedet for den valgte referencefremskrivning anvender den fremskrivning der blev lagt til grund for Folketingets behandling af Kyoto-ratifikationsforslaget.

4.4 Håndtering af eloverløbet

Som det fremgår af afsnit 4.3, vil eloverløbet vokse meget hvis ikke der ændres kurs. Dette eloverløb forudsættes som udgangspunkt eksporteret til udlandet. I dette afsnit beskrives to forhold der vedrører eksport til udlandet, nemlig:

- vores nabolandes mulige interesse i at importere eloverløbet
- elmarkedets funktion i relation til eloverløbet.

Ved kritisk eloverløb er det nødvendigt at reducere produktionen eller øge forbruget. I Vestdanmark har systemansvaret indenfor det seneste år i flere tilfælde været nødt til at beordre produktion stoppet for at afværge et truende, kritisk eloverløb. Systemansvarets beføjelser og handlemuligheder i forbindelse med afværgelse af kritisk eloverløb er beskrevet nærmere i kapitel 5.

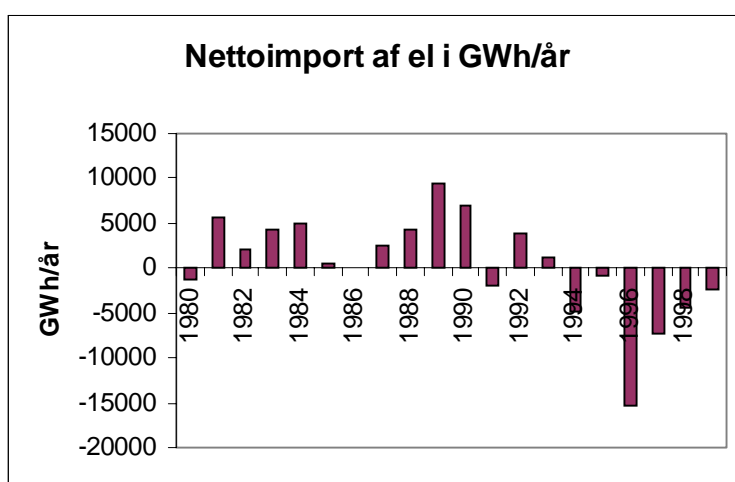
Kritisk eloverløb forekommer indtil videre kun i Vestdanmark og kun i ganske få timer om året. Langt størstedelen af eloverløbet er eksportérbart.

4.4.1 Eludvekslingen med Norge, Sverige og Tyskland

Sammenkoblingen med udlandet - særligt Norge og Sverige - indebærer store fordele, både hvad angår forsyningssikkerhed, ressourceudnyttelse og miljøbelastning. Gennem eludveksling kan Danmark udnytte den større produktionsfleksibilitet ved den norske og svenske vandkraft herunder at vandkraften kan "gemmes" når der er overskudsproduktion i Danmark, og omvendt hurtigt kan reguleres op når der mangler effekt. Norge og Sverige kan udnytte forsyningssikkerheden i det danske system som ikke på samme måde som det svenske og norske produktionssystem, er afhængigt af nedbørmængderne og de vandressourcer de medfører.

I de perioder hvor vandressourcerne generelt har været rigelige, har Danmark haft en nettoimport af el. Omvendt har Danmark været nettoeksportør af el til Norge og Sverige når vandressourcerne har været knappe.

Historisk har eludvekslingen mellem Danmark og Norge og Sverige altid varieret afhængig af nedbørsmængden til vandkraftsystemerne. Udsvingene i de nordiske vandkraftressourcer svarer til det samlede danske forbrug (plus minus 35 TWh). Set over



en længere periode har Danmark overvejende været nettoimportør af el, se figur 4.5. Danmark har i nogle år dækket op i mod 30% af elforbruget med import fra Sverige og Norge. Siden 1996 har Danmark fortrinsvis været nettoeksportør. Dette skyldes primært større efterspørgsel på elektricitet i Norge og Sverige.

Figur 4.5 Dansk nettoimport af el i perioden 1980-1999.

Tidligere har der ikke i samme omfang været udvekslet elektricitet med Tyskland. Det skyldes dels at det tyske produktionsapparat minder om det danske hvilket reducerer fordelene ved udveksling, dels at det tyske marked i vidt omfang i markeds- og konkurrencemæssig forstand har været forholdsvis lukket. "Eksporten" fra Danmark til Tyskland har hovedsageligt været transit fra Sverige og Norge og produktion på den delvist tyskejede kraftværksblok på Enstedværket i Sønderjylland.

Der er imidlertid sket en markeds-mæssig opblødning i Tyskland således at handelen over grænsen bliver stadig mere fleksibel, og det tyske elmarked begynder at agere på prissignalerne i det nordiske elmarked.

Det kan allerede i dag konstateres at markedet udnytter transportmuligheden gennem Jylland mellem det nordtyske område og Norge/Sverige. Samspelet mellem et primært vandbaseret system i Norge/Sverige og et termisk baseret system i Tyskland betyder at der er transporter fra Tyskland mod Norge/Sverige i lavlastperioder og modsat rettede transporter i høj- og spidslastperioder. Konsekvensen af dette kan blive at mulighederne for at afsætte det vstdanske eloverløb til Norge/Sverige forringes fordi udlandsforbindelserne til Norge og Sverige allerede udnyttes til transit fra Tyskland.

I det nordtyske område er der, som i Vestdanmark, de seneste år sket en kraftig udbygning med vindkraftkapacitet. Af samme grund forventer Eltra at eksport af eloverløb til Tyskland ofte ikke vil være muligt da perioderne med overløb i Vestdanmark og Nordtyskland vil være sammenfaldende.

Udviklingen hos vores nordlige naboer, Sverige og særligt Norge, har de senere år været præget af en forholdsvis høj vækst i elforbruget, samtidig med et stop for udbygning med ny produktionskapacitet samt skrotning af en del ældre anlæg. Effektsituationen kan derfor i de kommende år let blive anspændt hvis der kommer et såkaldt tørår.

I Sverige er der ligeledes en forholdsvis stor kraftvarmekapacitet, og i både Sverige og Norge lægges planer for en fremtidig udbygning med vindkraft og øget anvendelse af biomasse. Overordnet set forventes den bundne produktion dog i mange år fremover stadig kun at udgøre en mindre del af det samlede forbrug i Norge og Sverige.

I takt med at såvel Danmark som de øvrige Nordeuropæiske lande opfylder Kyoto-målene, må andelen af bunden elproduktion på Nordpool forventes at stige, og dette vil påvirke såvel pris som afsætningsmuligheder af eloverløbet.

4.4.2 Elmarkedets funktion i relation til eloverløbet

En væsentlig del af den elektricitet der produceres og forbruges i Danmark, handles i dag via den nordiske elbørs Nordpool. Børsen fungerer i princippet ved at alle de aktører der ønsker at købe eller sælge el, indmelder hvor meget el de ønsker at købe eller sælge, og til hvilken pris. Buddene skal være inde senest kl. 12 dagen før driftsdøgnet. Ud fra de indkomne bud beregner Nordpool den resulterende elpris, dvs. den elpris der bevirker at der netop er balance mellem køb og salg på markedet. Hvis der herefter er forskel mellem forbrug, produktion og handler (køb og salg) i enkelte områder, beregnes en udveksling mellem områderne indtil handelskapaciteten er fuldt udnyttet. Hvis handelskapaciteten er fuldt udnyttet, og der stadig er forskel mellem forbrug, produktion og handler (køb og salg) i et område, ændres områdeprisen for at opnå balance for det samlede område under hensyntagen til den udvekslingskapacitet, der er til rådighed mellem områderne.

Hvis der dagen før driftsdøgnet prognosticeres eloverløb i det danske elsystem, afsættes dette således på den nordiske elbørs og kan eksporteres så længe der er tilgængelig kapacitet på udlandsforbindelserne.

Vestdanmark blev en del af Nordpool i 1999 og Østdanmark blev en del af Nordpool 1. oktober 2000. De danske erfaringer med at handle på børsen har generelt været gode og i langt de fleste tilfælde er danske eloverløb blevet eksporteret via børsen.

Kombinationen af handel på det tyske marked og på Nordpool kan give et specielt problem i relation til eloverløbet som skyldes at der er en anden tidskandence i marke-

det mod Tyskland. Det betyder at import fra Tyskland kan beslaglægge kapacitet på forbindelserne til Norge og Sverige før der er opgjort et eventuelt eloverløb i Danmark. Dette øger risikoen for kritisk eloverløb i Vestdanmark.

I Danmark har elforbrugere med et årsforbrug under 1 GWh endnu ikke adgang til at handle direkte på markedet. For disse forbrugere varetages handelen i dag af forsyningspligtselskaber. Fra 1. januar vil alle forbrugere få adgang til at handle frit på markedet. Forbrugere der ikke selv ønsker at handle på markedet, vil kunne købe el fra et forsyningspligtselskab der handler el på forbrugernes vegne.

Det er heller ikke alle producenter af el der selv sælger på børsen. Producenter af såkaldt prioriteret produktion, dvs. vindmøller, decentrale kraftvarmeværker, industrielle kraftvarmeværker og minikraftvarmeværker, kan sælge deres produktion til fast pris til de systemansvarlige selskaber. De systemansvarlige selskaber er forpligtet til at købe den prioriterede strøm, og de har ansvaret for at videresælge strømmen til forbrugerne.

En stor del af den bundne elproduktion kommer således ind på markedet i form af prioriteret strøm. Bunden el fra de centrale kraftvarmeværker skal dog ikke sælges som prioriteret strøm. De centrale elværker har selv ansvaret for at få solgt den bundne el fra deres anlæg på markedet.

For Vestdanmark udgør den prioriterede strøm ca. 60% af den bundne elproduktion i dag, og for Østdanmark udgør den ca. 35% af den bundne produktion. Det er planen at den prioriterede strøm fra vedvarende energikilder efter indførelsen af et VE-bevismarked i 2003 gradvist skal overgå til direkte handel på børsen.

5. Vurdering af muligheder for at reducere eloverløbet

I dette kapitel gennemgås en række tiltag og kombinationer af tiltag der i større eller mindre omfang kan reducere eloverløbet. Tiltagene vurderes teknisk, samfundsøkonomisk og miljømæssigt i forhold til den i kapitel 4 beskrevne referencefremskrivning. Desuden vurderes juridiske og selskabsøkonomiske barrierer for gennemførelse af de enkelte tiltag.

Dvs. kapitlet prøver at besvare spørgsmålet: Bør eloverløbet reduceres ved hjælp af tiltag i det danske elsystem – og i givet fald hvordan – eller bør Danmark fortsat eksportere sit eloverløb helt eller delvist?

Dette spørgsmål kan i virkeligheden ses fra to vinkler: En planlægningsmæssig (langsigtet) og en driftsmæssig (kortsigtet). Den planlægningsmæssige del er spørgsmålet om hvorvidt man gennem en ændret udbygning, ændret lovgivning m.m. bør begynde at ændre energisystemet således at dets evne til at reducere eloverløbet og dets fleksibilitet i forhold til elmarkedet m.m. øges. Den driftsmæssige del er spørgsmålet om hvordan man i den daglige drift håndterer det eloverløb som faktisk forekommer.

De identificerede mulige tiltag med virkning på eloverløbet beskrives kvalitativt i afsnit 5.1. Nogle af tiltagene retter sig direkte mod eloverløbet mens andre bevirker en reduktion af overløbet, selv om dette normalt ikke anses for tiltagets primære formål.

I afsnit 5.2 belyses tiltagene samfundsøkonomisk og miljømæssigt og m.h.t. teknisk potentiale. Herunder beskrives den anvendte samfundsøkonomiske metode og de væsentligste usikkerheder. Beregningerne er dokumenteret i en række bilag.

Det har af praktiske årsager ikke været muligt at foretage en kvantitativ vurdering af alle tiltag. En række tiltag vurderes mere kvalitativt i afsnit 5.3. Herunder vurderes også en række tiltag der ikke har virkning på eloverløbet, men i stedet på andre ubalancesituationer og på systemstabiliteten.

I afsnit 5.4 identificeres barrierer i det eksisterende regelsæt og den administrative praksis. Desuden vurderes de selskabsøkonomiske incitamenters i forbindelse med håndtering af eloverløbet, herunder den samlede virkning af energiafgifter og tilskud. Disse barrierer har betydning for om eventuelle samfundsøkonomisk gunstige tiltag umiddelbart kan realiseres.

I afsnit 5.5 konkluderes på de samfundsøkonomiske analyser i afsnit 5.2 samt overvejelserne vedrørende barrierer i afsnit 5.4.

5.1 Bruttoliste over mulige tiltag

Nedenfor beskrives de tiltag arbejdsgruppen har identificeret som mulige til imødegåelse af eloverløb. Tiltagene varierer betydeligt i karakter m.h.t. hvilken del af eloverløbet, de retter sig imod, hvilket tidsperspektiv der er for deres anvendelse, størrelsen af deres potentiale samt forholdet mellem drifts- og investeringsomkostninger. Rækkefølgen af tiltagene er ikke prioriteret.

- | | |
|-------------------------------------|--|
| (1) Varmepumpe erstatter kraftvarme | Ved at reducere produktionen på et kraftvarmeværk i overløbssituationer og lade varmeproduktionen erstatte med varme fra en eldrevet varmepumpe opnås en dobbelt virkning på eloverløbet: Dels reduceres den varmebundne elproduktion, dels fjernes det eloverløb som varmepumpen anvender. Dette tiltag findes i flere varianter idet varmepumpens varmeproduktion kan erstatte enten naturgas- eller kulkraftvarme. Ved omsætning af el til varme i en varmepumpe opnås typisk en virkningsgrad på 300%. |
| (2) Elpatroner erstatter kraftvarme | Dette tiltag har samme virkning som (1), blot er virkningsgraden ved omsætning af el til varme nu kun 100%. Til gengæld er anlægsomkostningerne mindre. |
| (3) Geotermi erstatter kraftvarme | Samme virkning som (1), blot er virkningsgraden ved omsætning af el til varme nu ca. 500%. Til gengæld er anlægsomkostningerne højere. |
| (4) Stop af vindmøller | En direkte måde at håndtere eloverløbet på er at stoppe for (en del af) vindkraften under overløb. Det svarer i det væsentlige til at eloverløbet bortkastes. |
| (5) Kedler erstatter kraftvarme | Ved at reducere produktionen på et kraftvarmeværk og lade varmeproduktionen erstatte med varme fra en kedel reduceres overløbet svarende til reduktionen i kraftvarmeværkets elproduktion. Tiltaget forekommer i flere varianter afhængigt af brændslet på kraftvarmeværket og i kedlen. |

- En af varianterne er bypass⁵ på et eksisterende kulkraftvarmeværk.
- (6) Besparelser erstatter kraftvarme Ved reduktion af fjernvarmeforbruget gennem varmebesparelser reduceres behovet for at producere varme og dermed den varmebundne elproduktion og eloverløbet.
- (7) Solvarme erstatter kraftvarme Minder om (5), blot er solvarmeanlæg dyre-re end kedler og har intet brændselsforbrug. Endvidere er solvarmeproduktionen typisk høj når overløbet er lavt (og omvendt).
- (8) Storebæltsforbindelse En elektrisk storebæltsforbindelse muliggør - på tidspunkter hvor der er eloverløb i Vestdanmark, men ikke i Østdanmark - at Østdanmark kan "opsuge" en del af overløbet.
- (9) Ellager Et ellager, f.eks. en reversibel brændsels-celle, vil kunne optage eloverløb når det forekommer, og aflevere elektriciteten igen når der ikke er overløb. Ellagre er i udviklingsfasen og er p.t. forbundet med høje anlægsomkostninger.
- (10) Fleksibelt elforbrug Visse typer af elforbrug kan flyttes i tid således at elforbruget øges under overløb og reduceres når der ikke er overløb.
- (11) Varmelagre Varmelagre i forbindelse med kraftvarme-produktion muliggør i et vist omfang at den varmebundne elproduktion kan placeres udenfor perioder med eloverløb.
- (12) Elbiler En mere direkte anvendelse af eloverløbet er i elbiler. Elbilerne vil kunne lade op overvejende om natten hvorved eloverløbet reduceres, i hvert fald om vinteren.

⁵ Dvs. at en del af dampen fra kedlen sendes uden om kraftturbinerne og anvendes direkte til varme-produktion således at den varmebundne elproduktion reduceres.

- | | |
|--|--|
| (13) Brintproduktion til transport | Eloverløbet kunne anvendes til brintproduktion i elektrolyseanlæg. Brinten kunne herefter anvendes i transportsektoren. Dette kræver dog opbygning af en bilpark på brint samt en infrastruktur til brintdistribution. |
| (14) Tariffer for decentral kraftvarme | De decentrale værker afregnes efter en trestarifik. Ved at placere de høje prisniveauer (spids- og højlasttariffen) på tidspunkter uden overløb – eller ved at differentiere priserne anderledes end i dag - kunne man flytte en del af den decentrale elproduktion væk fra tidspunkter med overløb. |
| (15) Stop for elvarmekonvertering | Ved at konvertere almindelig elvarme til fjernvarme øges den varmebundne produktion samtidigt med at elforbruget reduceres. Dette medfører øget eloverløb. En mulighed for at reducere det fremtidige omfang af eloverløbet ville derfor være at stoppe eller udskyde den igangværende elvarmekonvertering. Tiltaget er forskelligt fra etablering af elpatroner i fjernvarmeforsyningen ved at individuel elvarme ikke har samme fleksibilitet som fjernvarme-elpatroner. |
| (16) Overskudsvarme erstatter kraftvarme | Ved at øge anvendelsen af industrioverskudsvarme i fjernvarmeforsyningen og reducere produktionen på kraftvarmeværker tilsvarende, reduceres overløbet svarende til reduktionen i kraftvarmeværkets elproduktion. |

5.2 Samfundsøkonomisk/miljømæssig analyse af udvalgte tiltag

Eloverløbet er en bivirkning af en succesrig energipolitik der har medført at en stigende andel af elproduktionen produceres miljøvenligt men delvist ”ude af fase” med elforbruget. Det er ikke på forhånd givet at eloverløbet bør elimineres. I dag eksporteres størsteparten af det til det nordiske elmarked, og det kan man principielt fortsætte med så længe det er fysisk muligt. Dog kræver fortsat eksport af hele eloverløbet investeringer i udbygning af elnettet. Kritisk eloverløb *skal* imødegås (ved interne tiltag eller investeringer i elnettet) mens man kan *vælge* at gøre noget ved det eksporterbare eloverløb.

For at vurdere de økonomiske fordele og ulemper ved at reducere eloverløbet (såvel det kritiske som det eksporterbare) er der foretaget en samfundsøkonomisk vurdering af de tiltag der er beskrevet i afsnit 5.1.

5.2.1 Metode

Om det er samfundsøkonomisk fornuftigt at reducere eloverløbet, beror på en afvejning af en række forhold:

Ved ikke at eksportere eloverløbet tabes en elindtægt. Til gengæld spares brændsel i Danmark, hvilket har en positiv økonomisk værdi. Der spares driftsomkostninger i de anlæg (kraftvarmeverker, vindmøller m.v.) der slukkes eller nedreguleres, men til gengæld øges driftsomkostningerne i de anlæg der træder i stedet. Nettovirkningen kan være positiv eller negativ afhængigt af hvilke anlæg der er tale om.

Nogle tiltag, f.eks. etablering af varmepumper, kræver investeringer og giver dermed ekstra omkostninger mens andre tiltag (rent driftsmæssige ændringer i det eksisterende system) ikke kræver investeringer. Fortsat eksport af eloverløbet vil kræve betydelige investeringer i transmissionsnettet. Alle tiltag der nedbringer eloverløbet, vil medføre besparelser i netudbygningen idet det som reference er antaget at hele eloverløbet – også det kritiske - eksporteres⁶.

De fleste tiltag der reducerer eloverløbet, giver elsystemet en øget fleksibilitet i forhold til elmarkedet og driften af systemet. F.eks. kan en varmepumpe der er slukket, levere ”nedregulering” på regulerkraftmarkedet ved at gå i drift – også når der ikke er eloverløb. Omvendt kan en tændt varmepumpe levere ”opregulering” på regulerkraftmarkedet ved at slukke eller nedregulere. De fleste tiltag har altså en ekstra positiv værdi på grund af øget fleksibilitet og reduktion af afhængighed af naboområderne.

De fleste tiltag til reduktion af eloverløbet giver en besparelse i Danmark af såvel CO₂ som SO₂ og NO_x. Til gengæld mistes en CO₂-, SO₂- og NO_x-besparelse i udlandet ved ikke at eksportere overløbet. Dette kan omsættes til en økonomisk værdi ved at benytte tal for omkostninger ved emissionsreduktioner pr. ton af de pågældende luftarter⁷. Fortegnet på den økonomiske værdi afhænger af om de miljøforbedringer i udlandet som eksporten giver anledning til, kommer Danmark til gode på en eller anden måde. Om de gør det, afhænger formentlig af om emissionsreducerende omkostninger pålægges elproduktionen i nabolandene, således at disse omkostninger efterhånden internaliseres i elprisen. Dette vil f.eks. kunne ske ved gennemførelse af et

⁶ Referencen modificeres dog på dette punkt, jf. afsnit 5.2.4.

⁷ Man kunne også (alternativt) benytte sig af skadesomkostningerne ved de pågældende luftarter. Disse er i ExternE projektet vurderet til ca. 30 kr/t SO₂ og ca. 35 kr/t NO_x. For CO₂ er der et meget stort interval for skadesomkostningerne på omkring 30 til 1000 kr./ton.

internationalt marked for handel med CO₂/drivhusgasser⁸ samt EU-ansøgerlandenes gradvise tilnærmelse til fælles miljøregler for SO₂ og NO_x. På grund af usikkerheden herom har arbejdsgruppen valgt at analysere to varianter: en med og en uden værdisætning af miljøbesparelsen i udlandet.

Der er regnet "gennemsnitlig samfundsøkonomi" over en periode fra ca. 2005 til ca. 2020. Heri ligger en væsentlig forenkling idet en række forhold, blandt andet eloverløbs størrelse og hyppighed, udvikler sig over tid. Det er imidlertid nødvendigt at regne over en periode for at kunne vægte eventuelle investeringer mod driftsomkostningerne.

Prioriteringen af tiltagene vil afhænge af hvad tiltaget skal anvendes til. Dette hænger sammen med at der kan opnås samme *effekt*mæssige reduktion af overløbet med forskellig *energi*mæssig reduktion. Betragtes tiltag der udelukkende anvendes med henblik på at reducere eloverløb, kan disse tiltag anvendes på to principielt forskellige måder – "fra toppen" og "fra bunden".

- "Fra toppen": Reduktion af det kritiske eloverløb. Dvs. fokus på en effekt­mæssig reduktion i relativt få driftstimer. Reduktionen i energimængden vil være besked­en.
- "Fra bunden": Reduktion af eloverløb generelt. Dvs. fokus på den maksimale energi­mæssige reduktion med mange driftstimer samtidig med en effekt­mæssig reduktion og dermed også en reduktion af det kritiske eloverløb.

Herudover betragtes tiltag med virkning på eloverløbet, men som ikke specifikt retter sig imod reduktion af eloverløbet (f.eks. varmebesparelser). For disse tiltag er der ho­vedsagelig tale om reduktion "fra bunden", men betegnelsen er ikke helt stringent i disse tilfælde.

5.2.2 Forudsætninger

I den samfundsøkonomiske afvejning beskrevet i afsnit 5.2.1 skal der foretages en række valg af afgørende betydning for resultaterne. De mest kritiske valg er:

5.2.2.1 Elprisen

Det er afgørende for den samfundsøkonomiske værdi af at reducere eloverløbet, om elprisen kan forventes at være "høj", eller om der forventes "lave" elpriser i fremtiden. Det er en almindelig forventning at elprisen om nogle år lægger sig på et gennemsnit­ligt niveau omkring de langsigtede marginalomkostninger ved elproduktion på f.eks. naturgas. Denne forventning baseres på at der på et tidspunkt som følge af skrotnin-

⁸ EU arbejder på indførelse af et europæisk kvotehandelssystem fra 2005.

ger, stigende elforbrug m.m. vil indstille sig en balance mellem udbud og efterspørgsel af kapacitet⁹.

Der er i referenceforløbet regnet med en gennemsnitlig elpris på 22 øre/kWh. Imidlertid vil elprisen i en del af tiden ligge under gennemsnittet idet prisen varierer over døgn og år. Elprisen vil typisk være lavere i perioder med eloverløb fordi eloverløbet ofte forekommer i lavlastperioder.

Hvis man betragter f.eks de. 3000 timer om året hvor elprisen er lavest, ligger gennemsnitsprisen i disse 3000 timer for tiden ca. 3 øre/kWh lavere end årets gennemsnitspris. Hvis man i stedet betragter de 1000 timer med lavest elpris er forskellen ca. 5 øre/kWh¹⁰. På et tidspunkt vil øget udbud af vindkraft og kraftvarme reducere elprisen på spotmarkedet i perioder med overløb. Arbejdsgruppen har ikke haft mulighed for at vurdere størrelsen af denne yderligere prisreduktion, og spørgsmålet er derfor belyst ved en følsomhedsberegning med to yderpunkter: 0 hhv. 10 øre/kWh reduktion af elprisen. Det ene yderpunkt svarer altså til at markedet ikke reagerer på overløbet, det andet at markedet reagerer med en prisreduktion på 10 øre/kWh.

5.2.2.2 Værdisætningen af emissioner

I den samlede samfundsøkonomiske værdisætning indgår de alternative emissionsreducerende omkostninger. Størrelsen af disse har stor betydning for resultatet. Især har det afgørende betydning om eleksporten har en miljømæssig værdi. Omkostningerne er sat til 250 kr./ton CO₂, 10 kr./kg SO₂ og 14,5 kr./kg NO_x.

For CO₂ er der tale om den marginale pris for CO₂-reducerende foranstaltninger i Danmark for at efterleve CO₂-målsætningerne. Omkostningerne er sat til 250 kr./ton CO₂¹¹.

For SO₂ er de marginale rensningsomkostninger sat til den svovlafgift på 20 kr./kg (dvs.10 kr./kg SO₂) der blev indført fra januar 2000.

For NO_x er de marginale rensningsomkostninger beregnet til 14,5 kr./kg ud fra omkostningerne ved et de NO_x anlæg etableret på et kulfyret kraftværk (der er anvendt oplysninger fra IRP 97).

⁹ Spørgsmålet om hvorvidt markedet er i stand til at frembringe ny kapacitet er en meget kompleks problemstilling, som ligger uden for rammerne af udvalgsarbejdet.

¹⁰ I disse betragtninger er anvendt historiske data for *systemprisen* på Nordpool i perioden 1996-2000. Hvis der havde været anvendt områdepriser i stedet, ville man formentlig skulle regne med én elpris hvis man udbygger nettet til at håndtere overløbet på børsen og en anden (lavere) elpris, hvis man ikke udbygger nettet. Dette blev vurderet som beregningsmæssigt uhåndterbart.

¹¹ Baseret på "Omkostninger ved CO₂-reduktion for udvalgte tiltag." Energistyrelsen maj 2001.

Ved eleksport antages det at besparelserne i udlandet pr. MWh eleksport er 750 kg CO₂, 0,25 kg SO₂ og 1 kg NO_x. Dette svarer til den gennemsnitlige emission for en dansk kondens-MWh¹² i perioden 2001-2012 ifølge den seneste fremskrivning fra Energistyrelsen.

Det må formodes at elmarkedets aktører reagerer på markedsprisen, og at der derfor er en sammenhæng mellem den aktuelle elpris på markedet og hvilke anlæg – og typer af anlæg – der som følge af prisen op- og nedregulerer. F.eks. kunne man forestille sig at det ved den kraftige markedsreaktion på eloverløbet (hvor markedsprisen beregnes til 9 øre/kWh i de 3000 timer med lavest elpris) ikke er kondensværker, men f.eks. kraftvarmeværker der nedreguleres i udlandet. I dette tilfælde ville miljøværdien af den danske eksport være mindre end ovenfor antaget. Den beregning hvor miljøbesparelsen i udlandet ikke værdisættes, vil også dække den ekstreme situation hvor eleksporten ikke har nogen miljømæssig værdi i udlandet.

5.2.2.3 Netinvesteringerne

Ved fortsat eksport af overløbet skal elnettet udbygges. Indtil videre skal elnettet kun udbygges i Vestdanmark da det kun er her kritisk eloverløb, forekommer. Prisen for denne udbygning opgøres af Eltra og Elkraft System (bilag 7) til 9,2 mia. kr. i perioden frem til 2020¹³, heraf 8,0 mia. kr. i udlandsforbindelser. Eltra og Elkraft System vurderer desuden at det som gennemsnit koster 1,7-3,0 mio. kr. at forstærke elnet og udlandsforbindelser for hver MW det kritiske eloverløb øges. Den høje værdi svarer til at Danmark betaler hele investeringen i udlandsforbindelserne, mens den lave værdi svarer til at investeringerne deles. Det er i beregningerne antaget at netinvesteringerne kan holdes på 1,7 Mkr./MW.

Netinvesteringerne pr. MWh eloverløb afhænger af hvor ofte der er kritisk eloverløb, og hvor stort det maksimale kritiske eloverløb er.

5.2.3 Kritisk eloverløb

I dette afsnit fokuseres på reduktion af eloverløbet ”fra toppen”, dvs. reduktion af det kritiske eloverløb.

Det kritiske eloverløb findes i dag og i en række år fremover udelukkende i Vestdanmark i normalsituationer. Derfor er tiltag i normalsituationer til imødegåelse af kritisk eloverløb kun relevante her. Følsomhedsvurderinger viser at kritisk eloverløb i fremtiden også vil kunne forekomme i Østdanmark, især i ekstremesituationer. Det vil derfor være nødvendigt såvel i Østdanmark som i Vestdanmark at have rådighed over tiltag

¹² Foreløbige beregninger på Elkrafts model Balmorel tyder på at omfanget af emissioner der i dag spares i udlandet ved dansk eleksport, er noget højere.

¹³ Ved samtidig af overløbet mellem Øst- og Vestdanmark stiger omkostningerne.

til imødegåelse af kritisk eloverløb i ekstreme situationer med lav elbelastning, stor varmebelastning og høj vindkraftproduktion samt ved havari eller revision af udlandsforbindelserne.

Det kritiske eloverløb er karakteriseret ved et forholdsvis lille energiindhold - men forholdsvis store øjebliksværdier (effekter). Benyttelsestiden¹⁴ bliver derfor meget kort. I tabel 5.1 er angivet det kritiske eloverløb i Vestdanmark i normalsituationer. Disse tal stammer fra en revideret version af beregningerne bag Eltras systemplan¹⁵.

Kritisk overløb i Vestdanmark	2005	2010	2020
Energi (GWh)	170	290	1330
Effekt (MW)	1200	1240	2510
Benyttelsestid (timer)	140	230	530
Forekomst (timer)	540	730	1630

Tabel 5.1. Størrelse og forekomst af kritisk eloverløb i Vestdanmark (normalsituationer; afrundede tal).

Hvis man ønsker virkemidler til bekæmpelse af det kritiske eloverløb alene, bør man på grund af den korte benyttelsestid og det begrænsede volumen af det kritiske eloverløb som udgangspunkt lede blandt virkemidler med ingen eller små investeringer.

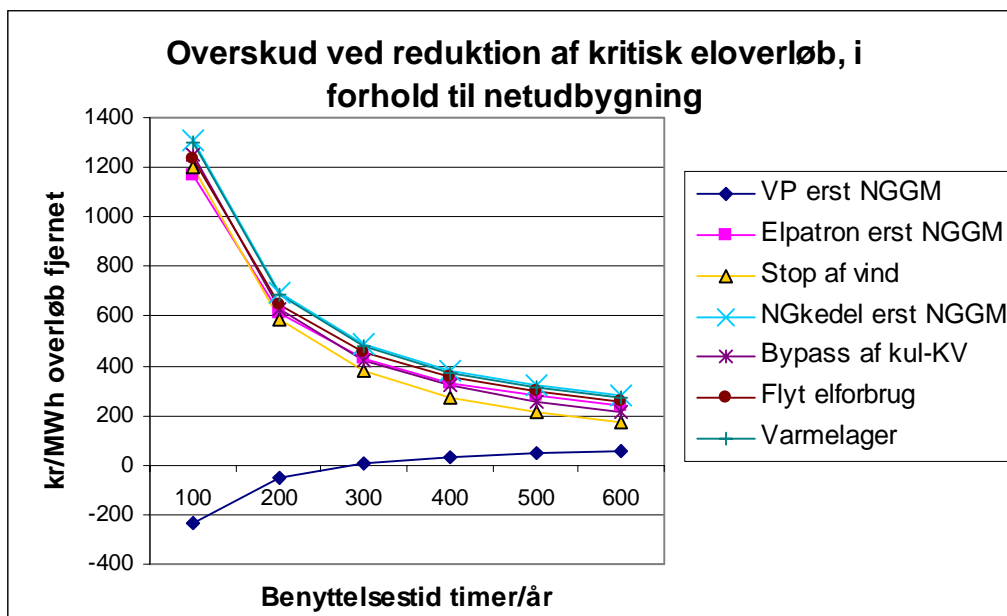
5.2.3.1 Reduktion af det kritiske eloverløb med enkelt-tiltag

I figur 5.1 er illustreret de simple samfundsøkonomiske konsekvenser af at reducere det kritiske eloverløb med andre tiltag end udbygning af net. Figuren viser hvor meget billigere (positive værdier) hhv. dyrere (negative værdier) det er at fjerne 1 MWh eloverløb med de angivne tiltag end med udbygning af net, som funktion af det kritiske overløbs benyttelsestid. Der er udvalgt 7 tiltag: varmepumpe (VP), elpatron, stop af vindmøller, stop af naturgaskraftvarme (NGGM), bypass af kulkraftvarme, flytning af elforbrug og flytning af kraftvarmeproduktion v.h.a. døgnvarmelager.

¹⁴ Se kapitel 4 for en definition af benyttelsestiden.

¹⁵ Se kapitel 4 for en gennemgang af referencefremskrivningen.

De seks sidste er (næsten) uden investeringer¹⁶ og klarer sig derfor væsentligt bedre end både varmepumpen og netudbygningen på grund af den korte benyttelsestid af det kritiske eloverløb. Det ses også at jo højere benyttelsestiden bliver, des mere nærmer varmepumpen sig de andre tiltag økonomisk¹⁷.



Figur 5.1. Simpelt samfundsøkonomisk overskud pr. MWh fjernet kritisk eloverløb ved anvendelse af 7 forskellige tiltag, i forhold til udbygning af net. Beregnet ved en gennemsnitlig elpris på 22 øre/kWh på årsbasis og en markedsreaktion på 10 øre/kWh.

Alle tiltag som ikke (eller stort set ikke) er forbundet med investeringer, er billigere end udbygning af net som er en investeringstung løsning. Jo kortere benyttelsestid det kritiske eloverløb har, des kraftigere vægter netinvesteringerne. Man kan også udtrykke dette ved at det ikke kan betale sig at udbygge elnettet blot for at kunne eksportere et kritisk eloverløb i nogle få hundrede timer om året. Det er bedre at fjerne eloverløbet med interne tiltag. Det understreges at der ikke konkluderes noget om hvorvidt netudbygning i det hele taget bør finde sted. Det eneste der konkluderes, er at netudbygning *alene* til at håndtere kritisk overløb ikke er økonomisk. Sagen kan derfor stille sig anderledes hvis elnettet kan udbygges af mere end én årsag. F.eks., hvis der af forsy-

¹⁶ Elpatroner kræver investeringer, men disse forventes at være meget begrænsede. Erstatning af kraftvarme med kedeldrift er uden investeringer såfremt den eksisterende kedelkapacitet er tilstrækkelig. Dette er ifølge Elkraft ikke tilfældet i København. Både varmelagre og flytning af elforbrug kræver investeringer, men disse er forholdsvis beskedne.

¹⁷ Ved meget høje benyttelsestider "vinder" varmepumpen, men dette er ikke relevant for så vidt angår kritisk overløb.

ningssikkerheds- eller markedsmæssige årsager er behov for forstærkning af udlandsforbindelserne.

Ved et kritisk eloverløb på 290 GWh i Vestdanmark i 2010 med en benyttelsestid på ca. 234 timer, er det i størrelsesordenen 500 kr/MWh dyrere at bygge elledninger til alene at eksportere det kritiske overløb end at omsætte overløbet i det danske elsystem. Det svarer til en forskel på ca. 150 mio. kr om året eller knap en øre/kWh på elprisen i Vestdanmark.

Reduceres det kritiske eloverløb alene ved stop af vindmøller, kan omkostningen opgøres som det tabte elsalg på 17 – 46 mio. kr., afhængigt af elprisen.

De økonomisk bedste tiltag¹⁸ til reduktion af kritisk eloverløb er med de anvendte forudsætninger brug af varmelagre og flytning af elforbrug. Potentialet for disse tiltag er dog små (se nedenfor). Herefter kommer naturgas-kedeldrift til erstatning af naturgaskraftvarme, bypass af kulkraftvarme og elpatron. Stop af vindkraft er samfundsøkonomisk dårligst blandt de tiltag uden eller næsten uden investeringer (undtagen ved meget lave benyttelsestider, hvor elpatronen bliver dårligst). At stop af vindmøller kommer dårligst ud skyldes at dette tiltag svarer til at smide elektricitet væk, mens de andre tiltag har en brændselsfordel ved at reducere eloverløbet.

5.2.3.2 Potentiale for reduktion af kritisk eloverløb

Ud over økonomien bør tiltagene også vurderes på deres potentiale m.h.t. at reducere eloverløbet, dvs. den samlede mængde af eloverløb som kan fjernes af det givne tiltag. Et økonomisk godt tiltag der ikke kan fjerne hele det kritiske overløb, kan ikke stå alene, men må suppleres med andre tiltag. Det tekniske potentiale i MW og GWh reduceret eloverløb for tiltag i Vestdanmark og Østdanmark er beskrevet i tabel 5.2.

Af tabellen ses at den største reduktion af eloverløbet kan opnås ved at stoppe vindmøller. I Vestdanmark kan hele det kritiske eloverløb fjernes ved stop af vindmøller. I Østdanmark kan næsten hele eloverløbet fjernes ved at stoppe vindmøller.

Tabellen viser også at de ”øverste” par hundrede MW stort set ikke indeholder energi, altså at varighedskurven for eloverløbet har en meget stejl ”spids”, jf. kapitel 4.

Endelig viser tabellen ved sammenligning af elpatron, varmepumpe, geotermi og varmekedel at jo større elforbrug der er i den enhed der erstatter kraftvarme, des større bliver potentialet for reduktion af eloverløbet.

¹⁸ Simpel samfundsøkonomi uden miljø.

Iflg. AAU's systemsimuleringer kan stop af central og decentral kraftvarme tilsammen fjerne 96% af det kritiske overløb. På grund af systembegrænsninger¹⁹ er det ikke muligt at fjerne hele det kritiske overløb med stop af kraftvarme.

Potentialer, 2020	Østdanmark		Vestdanmark	
	Effekt MW	Energi GWh	Effekt MW	Energi GWh
Eloverløb reduceret "fra toppen"				
Elpatron erstatter kul-KV	584	25	724	18
Varmepumpe erstatter kul-KV	366	6	722	18
Geotermi erstatter kul-KV	319	4	-	-
Varmekedel erstatter kul-KV	248	2	524	6
Elpatron erstatter central gas-KV	175	1	-	-
Varmepumpe erstatter central gas-KV	85	~0	808	26
Geotermi erstatter central gas-KV	64	~0	-	-
Varmekedel erstatter central gas-KV	34	~0	-	-
Elpatron erstatter decentral gas-KV	222	2	1199	107
Varmepumpe erstatter decentral gas-KV	145	1	957	48
Geotermi erstatter decentral gas-KV	130	1	903	39
Varmekedel erstatter decentral gas-KV	107	~0	789	24
Stop af vindmøller	1544	917	2508	1333
Varmepumpe erstatter spidslastkedler	-	-	24	~0
Varmelager flytter kul-KV	248	2	-	-

Tabel 5.2. Potentiale for reduktion af eloverløb i Østdanmark og Vestdanmark (reduktion "fra toppen" i Vestdanmark svarer dette til reduktion af kritisk eloverløb). Beregnet på SEVS hhv. SIVAEL. Potentialerne er ikke additive. Det forudsættes at der ikke er tekniske begrænsninger i anvendelsen af de forskellige tiltag²⁰, og at systemansvaret har fuld adgang til at afbryde bl.a. vindmøller.

Det bemærkes i øvrigt at ved et samtidigt tænkt havari af samtlige udlandsforbindelser bliver hele eloverløbet kritisk. Havari af samtlige udlandsforbindelser er yderst usandsynligt – men principielt muligt. Denne betragtning vedrører et mere principielt spørgsmål om hvorvidt man ønsker at det danske elsystem skal kunne køre ø-drift. I

¹⁹ En forudsætning om at de centrale enheder i Eltra/Elkraft ikke regulerer under 350/280 MW samt at produktionen fra netstabiliserende anlæg altid er mindst 30% af den totale produktion.

²⁰ Der skal gennemføres udbygninger af kommunikation og reguleringsystemer og organisation for at stop af vindmøller og kraftvarmeværker kan kontrolleres.

givet fald skal *helt* eloverløbet kunne fjernes indtil elsystemet igen er forbundet med udlandet. Dette relaterer sig til den elmæssige forsyningssikkerhed som har ligget uden for rammerne af udvalgets arbejde.

5.2.3.3 Kombination af tiltag til reduktion af kritisk eloverløb

Det fremgår af det foregående at hele det kritiske eloverløb ville kunne fjernes ved at slukke for vindkraftanlæg i de timer hvor det kritiske overløb forekommer. Det fremgår imidlertid også at stop af vindmøller ikke er det samfundsøkonomiske bedste tiltag.

Der er derfor udarbejdet nogle eksempler på samlede "pakker" af tiltag der fjerner det kritiske overløb på en samfundsøkonomisk bedre måde. I tabel 5.3 er resultatet af to "pakkeberegninger" til fjernelse af hele det kritiske eloverløb i Vestdanmark i 2020 vist. Beregningerne er foretaget af hhv. Eltra og AAU. Aktivering af "pakkerne" i praksis vil kræve udbygning af kommunikations- og reguleringsudstyr m.m.

Pakkeberegninger 2020 (Vestdanmark)		Eltra-pakke	AAU-pakke
Beskrivelse	Enhed	NG-kedler erstatter NGKV; bypass; 350 MW elpatron, stop af vind.	Fleksibelt elforbrug (100 MW); 30 GWh varmelager; kedler erstatter KV; 350 MW elpatron; stop af vind.
Brændselsbesparelser m.m.:			
Kul	TWh	0,42	1,17
Olie	TWh	0,00	-1,35
Naturgas	TWh	1,08	1,80
Biomasse	TWh	0,00	0,37
Brændselsbesparelse i alt	TWh	1,50	1,99
Ændring af eloverløb	TWh	-1,33	-1,53
Emissionsreduktioner (national miljøbetragtning):			
CO ₂ -besparelse	1000 t	410	390
SO ₂ -besparelse	1000 t	0,04	-0,29
NO _x -besparelse	1000 t	0,95	1,53
Samfundsøkonomi:			
Elsalg	Mio.kr	-83	-95
Brændsel	Mio.kr	120	123
Drift og vedligeholdelse	Mio.kr	15	20
Anlægsinvesteringer	Mio.kr	-8	-8
Netinvesteringer	Mio.kr	310	310
Samfundsøkonomi ex. miljø	Mio.kr	354	350
National miljøbetragtning:			
CO ₂	Mio.kr	91	97
SO ₂	Mio.kr	0	-3
NO _x	Mio.kr	13	22
Samfundsøkonomi inkl. miljø	Mio.kr	459	466

Tabel 5.3. Samfundsøkonomisk beregning på to pakker til imødegåelse af kritisk eloverløb i Vestdanmark 2020. Beregnet med en elpris på 9 øre/kWh.

Begge de to pakker fjerner hele det kritiske eloverløb; AAU-pakken tager også lidt af det eksporterbare overløb. Begge pakker reducerer CO₂-emissionen med ca. 0,4 mio. tons pr. år (i en national miljøbetragtning; anvendes en international miljøbetragtning, *stiger* CO₂-emissionen med ca. ½ mio. tons).

Begge pakker er ca. 340 mio. kr pr. år billigere end den udbygning af nettet der er forudsat som reference. Udbygning af nettet er således også i 2020 en meget dyr måde at fjerne kritisk eloverløb på. Størsteparten af forskellen i omkostninger ligger i sparede udlandsforbindelser og øvrige netforstærkninger. Man kan også konkludere at fjernelse af det kritiske eloverløb ved hjælp af interne virkemidler er stort set gratis i forhold til referencefremskrivningen i den simple samfundsøkonomi. Regnes samfundsøkonomi inkl. miljø bliver der et overskud med den nationale miljøbetragtning, mens der bliver underskud med den internationale miljøbetragtning.

Hvis beregningen i tabel 5.3 blev udført uden markedsfølsom reaktion på eloverløbet ville forskellen i omkostninger falde fra ca. 350 til ca. 200 mio. kr. pr. år. Det ville stadig være økonomisk bedst at fjerne det kritiske overløb med den betragtede pakke, men kun på grund af de sparede netinvesteringer.

De to pakker vil tilføre elsystemet en fleksibilitet i forhold til elmarkedet. Denne er ikke værdisat.

Konklusioner om kritisk eloverløb:

- Det er samfundsøkonomisk fordelagtigt at fjerne det kritiske eloverløb med interne tiltag frem for at bygge nye udlandsforbindelser og transmissionsnet dertil. Dette gælder uanset elpris og uanset om man benytter en national eller en international miljøbetragtning.
- Det er med ingen eller meget begrænsede investeringer teknisk muligt²¹ at fjerne hele det kritiske eloverløb.
- Stop af vindmøller kan fjerne hele det kritiske eloverløb, men dette tiltag er ikke det bedste samfundsøkonomisk. Derfor bør flere tiltag kunne aktiveres.
- De samfundsøkonomisk bedste tiltag til reduktion af det kritiske eloverløb er de tiltag med ingen eller meget begrænsede investeringer, dvs. i prioriteret rækkefølge flytning af kraftvarmeproduktion med varmelagre, flytning af elforbrug, stop af kraftvarme kombineret med varmeproduktion på eksisterende kedler, anvendelse af elpatroner og afbrydelse af vindmøller.

²¹ Indtil videre er der ikke taget stilling til i hvilken udstrækning Eltra i den aktuelle drift har mulighed for at iværksætte tiltagene; dette diskuteres i afsnit 5.4.

5.2.4 Eloverløb i almindelighed

Det næste spørgsmål er om der vil være økonomisk/miljømæssig fordel i at omsætte (en del af) eloverløbet i almindelighed i det danske elsystem frem for at eksportere det. Det samlede eloverløb har en væsentligt højere benyttelsestid end det kritiske overløb, og investeringskrævende tiltag kan evt. være relevante.

For at belyse dette spørgsmål er der gjort en fælles antagelse for alle tiltag om en benyttelsestid for eloverløbet på 3000 timer årligt. I disse 3000 timer antages elprisen at være lidt lavere end gennemsnitsprisen på markedet²² idet eloverløbet fortrinsvist vil forekomme ved lav elfterspørgsel, og idet eloverløbet i sig selv evt. kan have tendens til at påvirke markedsprisen i nedadgående retning. Det er ikke afgørende for de økonomiske og miljømæssige vurderinger nedenfor om benyttelsestiden af eloverløbet virkelig er 3000 timer; det afgørende er blot at en given elpris har en benyttelsestid på 3000 timer om året.

Et tiltag der fjerner *eksporterbart* eloverløb vil også bidrage til at fjerne *kritisk* eloverløb. Analysen af tiltag imod det *kritiske* eloverløb (afsnit 5.2.3) viser at det er billigere at fjerne dette med interne tiltag end ved at bygge ledninger. I de økonomiske vurderinger af tiltag der reducerer eksporterbart eloverløb er der derfor ikke medregnet sparede netinvesteringer i forhold til referencen men derimod sparede omkostninger ved at fjerne det kritiske overløb med interne tiltag. Mere præcist er valgt det "marginale" virkemiddel, dvs. det dyreste af de tiltag der er nødvendige at tage i anvendelse hvis hele eloverløbet skal fjernes til at opføre omkostningerne ved at fjerne det kritiske overløb. Det dyreste tiltag er stop af vindmøller.

Det antages, at det kritiske overløb udgør 8% af det samlede overløb, svarende til situationen i Vestdanmark i 2010. Det betyder at tiltagene der fjerner eksporterbart eloverløb, får et positivt bidrag på 8% af omkostningerne ved at fjerne kritisk eloverløb gennem stop af vindmøller.

5.2.4.1 Sammenligning af udvalgte tiltag

I tabel 5.4 ses en samfundsøkonomisk vurdering af at fjerne 1 MWh eloverløb ved hjælp af forskellige tiltag udvalgt fra bruttolisten. Samfundsøkonomien er vist ekskl. og inkl. værdi af miljø. Der er to versioner af den samlede samfundsøkonomi inkl. miljø. I den ene er antaget at eksporten ikke fortrænger emissioner i udlandet (eller rettere: at den økonomiske værdi af emissionsreduktionerne i udlandet ikke kommer Danmark til gode). I den anden (skraveret i tabellen) er det antaget at værdien af emissionsreduktionerne i udlandet som følge af eksporten af overløbet kommer Danmark til gode.

²² Ca. 3 øre/kWh lavere end årsgennemsnitsprisen (estimeret ud fra Nordpool-priser for 1996-2000).

Tabellen viser den økonomiske besparelse i kr ved at fjerne 1 MWh eloverløb. Eksempelvis er der en nettoudgift (eller negativ besparelse) på 26 kr/MWh ved at erstatte naturgas-kraftvarme med varmepumpe når miljøværdien ikke medregnes. De 26 kr/MWh svarer til 2,6 øre/kWh.

Der kan udledes forskellige konklusioner fra tabel 5.4:

- I den simple samfundsøkonomiske beregning (ekskl. miljø) bliver alle tiltag dårlige. Dvs. det kan ikke betale sig at reducere det eksporterbare eloverløb ud fra en simpel samfundsøkonomisk betragtning. Denne konklusion hænger især på forudsætningen om elprisen, jf. nedenfor.
- Antagelsen om miljøværdien af eleksporten er helt afgørende for resultatet: Hvis Danmark *ikke* kan indkassere miljøgevinsten ved eleksport, bliver alle de betragtede tiltag (med undtagelse af stop af vindmøller) gunstige når miljøværdien indregnes i samfundsøkonomien. Hvis Danmark får (fuld) betaling for miljøgevinsten, bliver alle tiltag derimod dårlige.
- Rangordningen af tiltagene ændres ikke væsentligt af om miljøværdien af eleksport sættes til nul eller ej (men de fleste skifter som nævnt fortegn).
- Det har derimod væsentlig betydning for rangordningen af tiltagene om miljøvirkningerne i det hele taget medregnes eller ej.
- Erstatning af naturgaskraftvarme med naturgaskedel eller træpillekedel kommer bedst ud i den simple samfundsøkonomi. Herefter følger varmepumper i naturgasområder. Hvis miljøværdien medregnes kommer træpillekedlen bedst ud²³.
- Varmepumpen kommer bedre ud end elpatronen i den simple samfundsøkonomi. Denne tendens forstærkes hvis miljøværdien medregnes.
- Stop af vindmøller er under alle omstændigheder et dårligt tiltag imod eksporterbart eloverløb (mens det, jf. afsnit 5.2.3, kan være relevant imod det kritiske eloverløb);
- Ved erstatning af kraftvarme med simpel kedeldrift klarer en eksisterende naturgaskedel sig bedre end en træpillekedel i den simple samfundsøkonomi. Dette skyldes hovedsageligt investeringerne i træpillekedlen. Medregnes miljøværdien, skifter rækkefølgen dog.
- Bypass af kulkraftvarme kommer dårligere ud end erstatning af naturgaskraftvarme med naturgaskedel. Dette gælder uanset om miljøværdien medregnes eller ej. Hvis man ønsker at reducere CO₂-udledningen vil det normalt være en fordel at

²³ Beregningen for træpillekedlen skal dog ses på baggrund af, at den antagne samfundsøkonomiske træpillepris kun er omkring halvdelen af markedsprisen.

anvende gasfyrede kraftværker frem for kulfyrede, på trods af at gas er dyrere end kul. Ved reduktion af eloverløb hvor anlægsinvesteringer i kraftværker ikke indgår, er kul-kraftvarmen imidlertid ikke "belastet" af en stor investering, og reduktion i kul-kraftvarme kommer derfor dårligere ud end reduktion af naturgaskraftvarme.

Enhed: kr/MWh fjernet eloverløb ²⁴	Varmepumpe erstatte NG-KV	Elpatron erstatte NG-KV	Stop af vindmølle	NG-kedel erstatte NG-KV	Træpile- kedel erstatte NG-KV	Bypass erstatte Kul-KV
Værdi af elproduktion	-190	-190	-190	-190	-190	-190
Værdi af brændsel	172	107	0	121	168	63
Værdi af drift og vedligeholdelse	33	26	30	47	21	12
Værdi af anlægsinvesteringer	-53	-4	0	0	-30	0
Værdi af fjernet kritisk overløb	13	13	13	13	13	13
Samfundsøkonomi ex. miljø	-26	-48	-147	-9	-19	-103
National miljøbetragtning:						
Værdi af CO ₂	96	60	0	68	138	103
Værdi af SO ₂	0	0	0	0	0	1
Værdi af NO _x	15	9	0	14	10	13
Værdi af miljø i alt	111	69	0	82	148	116
Samfundsøkonomi inkl. miljø	85	21	-147	72	129	14
International miljøbetragtning:						
Værdi af CO ₂	-91	-128	-188	-120	-49	-84
Værdi af SO ₂	-3	-3	-3	-3	-3	-2
Værdi af NO _x	0	-5	-15	-1	-5	-2
Værdi af miljø i alt	-94	-135	-205	-123	-57	-88
Samfundsøkonomi inkl. miljø	-119	-184	-352	-132	-76	-191

Tabel 5.4. Samfundsøkonomisk vurdering af udvalgte tiltag der reducerer eksporterbart eloverløb. Beregnet ved en elpris på 19 øre/kWh. Den skraverede miljøværdiberegning svarer til, at der regnes med miljøværdi af eleksport. Beregningen er gyldig for Vestdanmark²⁵. For Østdanmark vil man skulle se bort fra værdien af fjernet kritisk overløb.

Beregningen i tabel 5.4 er udført ved en elpris på 22 øre/kWh som årsgennemsnit. I de 3000 "lavpris-timer" de betragtede tiltag anvender el, er elprisen 19 øre/kWh. Dvs. det er antaget at markedet ikke reagerer på det eksporterbare eloverløb. Såfremt andre

²⁴ Eller mere præcist: kr/MWh fjernet elproduktion i lavprisperioder.

²⁵ Hvis beregningen skal bruges i Elkraft-området, bør værdien af fjernet kritisk eloverløb fjernes idet der ikke er kritisk eloverløb i Elkraft.

lande i væsentligt omfang begynder at producere eloverløb på samme tidspunkter som det danske, må markedet forventes at reagere med lavere priser i overløbsperioder. Allerede i dag finder der f.eks. en betydelig udbygning med vindkraft sted i Nordtyskland.

I tabel 5.5 er vist en beregning svarende til tabel 5.4, men med en kraftig markedsreaktion på overløbet.

Enhed: kr/MWh fjernet eloverløb ²⁶	Varmepumpe erstatte NG-KV	Elpatron erstatte NG-KV	Stop af vindmølle	NG- kedel erstatte NG-KV	Træpile- kedel erstatte NG-KV	Bypass erstatte Kul-KV
Værdi af elproduktion	-90	-90	-90	-90	-90	-90
Værdi af brændsel	172	107	0	121	168	63
Værdi af drift og vedligeholdelse	33	26	30	47	21	12
Værdi af anlægsinvesteringer	-53	-4	0	0	-30	0
Værdi af fjernet kritisk overløb	5	5	5	5	5	5
Samfundsøkonomi ex. miljø	66	44	-55	83	73	-11
National miljøbetragtning:						
Værdi af CO ₂	96	60	0	68	138	103
Værdi af SO ₂	0	0	0	0	0	1
Værdi af NO _x	15	9	0	14	10	13
Værdi af miljø i alt	111	69	0	82	148	116
Samfundsøkonomi inkl. miljø	177	113	-55	164	221	106
International miljøbetragtning:						
Værdi af CO ₂	-91	-128	-188	-120	-49	-84
Værdi af SO ₂	-3	-3	-3	-3	-3	-2
Værdi af NO _x	0	-5	-15	-1	-5	-2
Værdi af miljø i alt	-94	-135	-205	-123	-57	-88
Samfundsøkonomi inkl. miljø	-27	-92	-260	-40	16	-99

Tabel 5.5. Samfundsøkonomisk vurdering af udvalgte tiltag der reducerer eksporterbart eloverløb. Beregnet ved en elpris på 9 øre/kWh. Den skraverede miljøværdiberegning svarer til at der regnes med miljøværdi af eleksport. Beregningen er gyldig for Vestdanmark²⁷. For Østdanmark vil man skulle se bort fra værdien af fjernet kritisk overløb.

Det ses ved sammenligning med tabel 5.4 at ved den lave elpris skifter den simple samfundsøkonomi fortegn – med undtagelse af stop af vindmøller som aldrig bliver et

²⁶ Eller mere præcist: kr/MWh fjernet elproduktion i lavprisperioder.

²⁷ Hvis beregningen skal bruges i Elkraft-området, bør værdien af fjernet kritisk eloverløb fjernes idet der ikke er kritisk eloverløb i Elkraft.

godt tiltag. Det ses også at værdien af fjernet kritisk eloverløb reduceres idet prisen for at fjerne kritisk eloverløb ved stop af vindmøller, bliver lavere ved en lav elpris.

5.2.4.2 Potentialer for reduktion af eksporterbart eloverløb

I tabel 5.6 er potentialet for reduktion af overløb i Vestdanmark i 2010 vurderet for tiltagene i afsnit 5.2.4.1 enkeltvis. Potentialerne er ikke additive idet anvendelse af ét tiltag reducerer potentialerne for de andre tiltag²⁸.

Det samlede overløb i Vestdanmark er beregnet til 3646 GWh og 2940 MW i 2010. Dvs. intet enkelt tiltag er tilstrækkeligt til at fjerne hele overløbet omend stop af vindmøller vil kunne fjerne stort set det hele. Potentialerne af de enkelte tiltag begrænses i øvrigt af systembegrænsninger så som kravet til en vis rullende reserve m.m. Dette er indregnet i tabel 5.6.

Potentialer, 2010, Vestdanmark Kritisk og eksporterbart eloverløb.	VP erstatter NG-KV	Elpatron erstatte NG-KV	Stop af vindmølle	NG-kedel erstatte NG-KV	Træpile- kedel erstatte NG-KV	Bypass erstatte Kul-KV
Potentiale, GWh	1820	2280	3570	1370	1370 ²⁹	1430
Potentiale, MW	810	1040	2260	570	570	620

Tabel 5.6. Potentialer for reduktion af eloverløb generelt med en række udvalgte tiltag (afrundede tal). Beregnet af Eltra. Potentialerne er ikke additive.

I tabel 5.7 er potentialerne i Østdanmark og Vestdanmark for 2020 vurderet. Potentialerne er *ikke* additive idet anvendelse af ét tiltag reducerer potentialerne for de andre tiltag.

²⁸ Der er ikke på dette sted taget stilling til systemansvarets muligheder for at iværksætte de enkelte tiltag i den daglige drift. Dette behandles i afsnit 5.4.

²⁹ Det samme potentiale som ved brug af naturgaskedler. De to potentialer kan ikke adderes.

Potentialer, 2020	Østdanmark		Vestdanmark	
	Effekt (MW)	Energi (GWh)	Effekt (MW)	Energi (GWh)
Elpatron erstatter kul-KV	584	732	724	2324
Varmepumpe erstatter kul-KV	366	487	722	1996
Geotermi erstatter kul-KV	319	432	-	-
Varmekedel erstatter kul-KV	248	345	524	1429
Elpatron erstatter central gas-KV	175	268	-	-
Varmepumpe erstatter central gas-KV	85	150	808	2390
Geotermi erstatter central gas-KV	64	124	-	-
Varmekedel erstatter central gas-KV	34	85	-	-
Elpatron erstatter decentral gas-KV	222	439	1199	3271
Varmepumpe erstatter decentral gas-KV	145	297	957	2532
Geotermi erstatter decentrale gas-KV	130	269	903	2341
Varmekedel erstatter decentral gas-KV	107	224	789	1975
Stop af vindmøller	1544	1675	3449	6310
Varmepumpe erstatter spidslastkedler	-	-	24	53
Varmelager flytter kul-KV	248	345	-	-
Varmekedel erstatter KV generelt	-	-	-	4081*
Elbiler (1,6 TWh elforbrug)	-	364*	-	836*

Tabel 5.7. Potentiale for reduktion af eloverløb generelt. Beregnet af Elkraft System og Eltra, dog er enkelte tal beregnet af AAU (markeret med *). Potentialerne er ikke additive. En streg, "-" angiver at potentialet ikke er beregnet.

Ved sammenligning med tabel 5.4 ses at det effektmæssige potentiale er det samme som ved reduktion af kritisk eloverløb mens energipotentialet er væsentligt større. Det samlede eloverløb i Vestdanmark i 2020 er 6406 GWh. Dvs. heller ikke i 2020 kan noget enkelt tiltag fjerne hele overløbet. Dog vil stop af vindmøller kunne fjerne stort set det hele. Potentialet for fjernelse af eloverløb ved at fjerne kedelspidslast er meget lille. Det samme gælder potentialet for at fjerne eloverløb ved hjælp af varmelagre (se også afsnit 5.2.4.5).

I afsnit 5.2.4.6 er der sammensat en ”pakke” af tiltag som tilsammen kan fjerne hele overløbet.

5.2.4.3 Varianter

For overskuelighedens skyld er der i afsnit 5.2.4.1 kun vist beregningsresultater for en række udvalgte tiltag der umiddelbart er vurderet som interessante på kortere sigt. Der er herudover gennemregnet et antal varianter af de i tabel 5.4 og 5.5 viste tiltag. Konklusionerne af disse variant-beregninger gennemgås nedenfor.

- Det er som udgangspunkt antaget at naturgaskraftvarme produceres på gasmotoranlæg. En række af de decentrale værker er combined cycle-anlæg. Beregningerne viser at det er ca. 20-35 kr/MWh bedre at nedregulere gasmotorer end combined cycle-værker. Hovedårsagen er at der kommer mindre NO_x fra combined cycle-anlæg end fra gasmotorer, og at gasmotorerne har højere driftsomkostninger.
- Varmepumper er bedst til fortrængning af naturgas i den simple samfundsøkonomi. Dette gælder også hvis miljøværdien medregnes, men da er forskellen mellem kulfyrede og naturgasfyrede værker lille.
- På lang sigt kan f.eks. varmpumper opføres i stedet for kraftvarmeværker (og ikke blot som erstatning af drift på eksisterende kraftvarmeværker. Det betyder at varmpumperne bliver økonomisk bedre stillet idet (en del af) investeringen evt. træder i stedet for investeringer i et kraftvarmeværk. Dette er imidlertid vanskeligt at vurdere kvantitativt idet spørgsmålet om elforsyningssikkerhed også bør indtages.
- I stedet for en ”almindelig” elvarmpumpe³⁰ kunne man etablere geotermianlæg med elvarmpumpe. Her vil man kunne øge omsætningsforholdet fra el til varme fra en faktor ca. 3 til en faktor ca. 5 fordi varmekilden (geotermisk vand fra undergrunden) har højere temperatur end de varmekilder der er til rådighed på overfladen. Imidlertid viser beregningerne at geotermianlæg altid kommer dårligere ud end ”almindelige” varmpumper³¹. Forklaringen er de betydelige anlægsinvesteringer i geotermianlæg.
- Anvendelse af elpatron er bedre i naturgas- end i kul-kraftvarmeområder.
- Som alternativ til at erstatte naturgaskraftvarme med naturgaskedler eller bypass på kulskraftvarme kunne man erstatte kulskraftvarme med oliekedler. Dette giver imidlertid en ringere samfundsøkonomi uanset om miljøværdien regnes med eller ej.

³⁰ Med luft, byspildevand eller havvand som varmekilde.

³¹ Denne vurdering gælder et geotermianlæg *som tiltag imod overløb*. Vurderingen kan ikke generaliseres til at gælde geotermianlæg generelt. Bl.a. er den forholdsvist korte benyttelsestid på 3000 timer alt andet lige til ugunst for geotermi.

- I stedet for at erstatte naturgaskraftvarme med varme produceret på en træpillekedel kunne man anvende en halmkedel. Dette er imidlertid ringere end træpillekedlen på grund af halmkedlens højere investeringer.
- Et alternativ til erstatning af kraftvarme med varmepumpe i forbindelse med fjernvarmeforsyning kunne være etablering af helt små mikro-kraftvarme-varmepumpe systemer i de enkelte husstande. Herved kunne der skabes et system med effektive anlæg uden fjernvarme-nettab som ville være i stand til lokal indregulering af indkraft m.m. For at komme i denne situation måtte man imidlertid først øge kraftvarmeudbygningen (og dermed overløbet) idet de nævnte mikro-kraftvarmesystemer ikke er etableret i dag. Herefter vil man så kunne reducere overløbet igen ved hjælp af varmepumper. På denne baggrund er dette tiltag vurderet at ligge uden for rammerne af udvalgets arbejde.
- Stop for eller udskydelse af elvarmekonvertering kan – lidt groft – betragtes som en variant af fjernvarme-elpatroner. Individuel elvarme har imidlertid ikke den fleksibilitet som ligger i en fjernvarme-elpatron idet individuel elvarme ikke umiddelbart vil regulere op og ned i forhold til vindkraften. Skulle individuel elvarme målrettes mod eloverløbet, ville det formentlig kræve installering af dobbelte varmesystemer eller relativt store varmelagre. Stop for elvarmekonvertering er derfor ikke et særlig målrettet tiltag imod eloverløb. Ved stop af elvarmekonvertering ville der umiddelbart blive sparet investeringer i selve konverteringen. Til gengæld ville der på længere sigt blive udløst investeringer i nye kraftværker fordi elvarme også (og især) trækker på elsystemet under spidsbelastninger. Arbejdsgruppen har ikke vurderet dette nærmere.

5.2.4.4 Følsomhedsvurderinger

I dette afsnit foretages en række følsomhedsvurderinger på udvalgte parametre.

Elprisens betydning

Elprisens betydning for de samfundsøkonomiske vurderinger er let at vurdere idet f.eks. 1 øres ændring i den gennemsnitlige elpris medfører 1 øres ændring i omkostningerne pr. kWh eloverløb der fjernes. I tabel 5.4 og 5.5 ses effekten af at ændre elprisen med 10 øre/kWh.

Benyttelsestidens betydning

Tabel 5.8 viser betydningen af antagelsen om de 3000 timers benyttelsestid.

Enhed: kr/MW fjernet overløb	VP erstatter NG-GM	NG-kedel erstatter NG-GM
2000 timer	-43	0
3000 timer	-26	-9
4000 timer	-22	-19

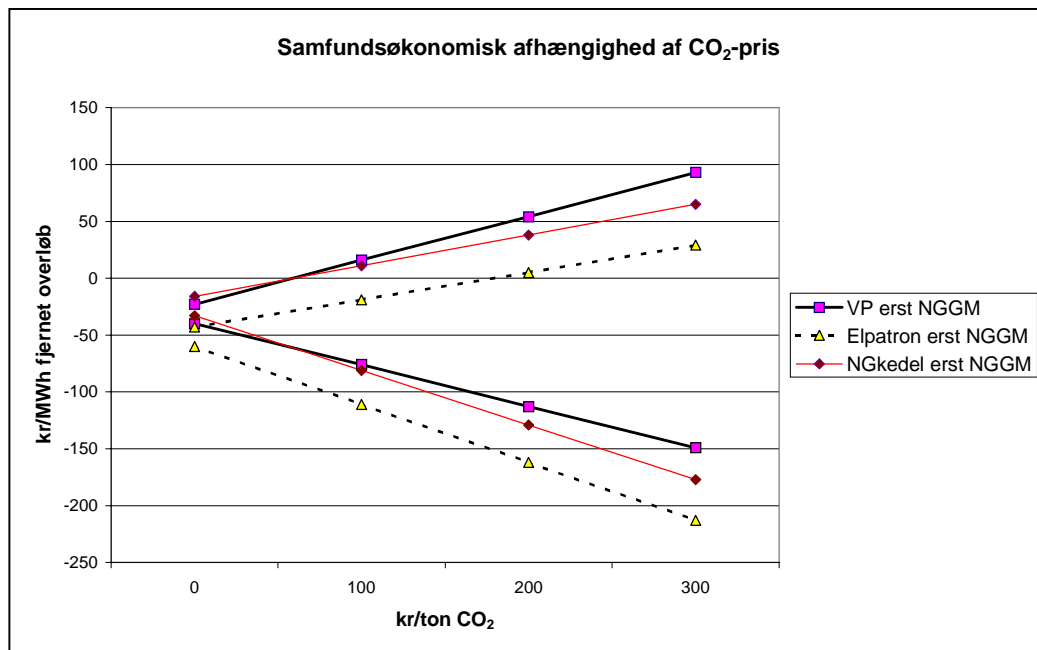
Tabel 5.8. Betydningen af benyttelsestiden for den el der fjernes. Beregnet ved en elpris på 19 øre/kWh.

Det ses af tabellen at naturgaskedlens fordel i forhold til varmepumpen falder når benyttelsestiden er lang (og omvendt). Varmepumpen klarer sig bedst når investeringen fordeles over flere timer. Der er ingen investeringer forbundet med at erstatte naturgaskraftvarme med naturgaskedel. Når værdien af naturgas-kedeldrift falder ved stigende benyttelsestid, skyldes det at den gennemsnitlige elpris stiger³² hvis der anvendes el i flere timer.

CO₂-værdiens betydning

Værdisætningen af emissionerne har stor betydning for resultaterne. I figur 5.2 nedenfor illustreres for tre tiltag den samfundsøkonomiske værdi pr. MWh reduceret eloverløb, afhængigt af de alternative reduktionsomkostninger for CO₂. Der illustreres to varianter: en med og en uden miljømæssig værdi (for Danmark) af eleksporten.

³² I den anvendte simple model stiger elprisen 1 øre/kWh for hver 1000 timers benyttelsestid.



Figur 5.2. Samfundsøkonomisk værdi af at fjerne 1 MWh eloverløb som funktion af værdien af et ton sparet CO₂. Vist for 3 forskellige måder at fortrænge gasmotorkraftvarme (NG-GM) på. Det øverste kurvesæt svarer til at eksportens miljøværdi er nul, det nederste at den kommer Danmark til gode i fuldt omfang. Beregnet ved en elpris på 19 øre/kWh.

Figuren viser bl.a. at over ca. 50 kr pr. ton sparet CO₂ "vinder" varmepumpen over naturgaskedlen. Nogenlunde ved samme CO₂-værdi bliver begge tiltag samfundsøkonomiske fordelagtige såfremt miljøværdien af eleksporten betragtes som spildt. Ændres elprisen fra 19 til 9 øre/kWh (svarende til kraftig markedsreaktion på eloverløbet), flytter alle kurverne ca. 100 kr/MWh opad.

Referencefremskrivningens betydning

Som omtalt i kapitel 4 er det af praktiske årsager valgt at benytte Eltras og Elkraft Systems fremskrivninger fra systemplanerne (med visse justeringer i begge områder) som reference. Betydningen af dette valg er belyst ved for 2010 i stedet at beregne eloverløbet med Kyoto-ratifikationsfremskrivningen som basis. Resultatet ses i tabel 5.9 (overløb generelt) og 5.10 (kritisk overløb i Vestdanmark).

2010	Østdanmark		Vestdanmark	
	Systemplan	Kyoto-fremskrivning	Systemplan	Kyoto-fremskrivning
Eloverløb				
Energi (GWh)	460	520	3650	3250
Effekt (MW)	1060	1070	2940	2780
Antal timer	1510	1730	3700	3590

Tabel 5.9. Eloverløbet i Øst- og Vestdanmark beregnet med hhv. systemplanens og Kyoto-ratifikationsfremskrivningens forudsætninger. Beregnet af Elkraft System og Eltra. Afrundede tal.

Det fremgår af tabel 5.9 at hvis Kyoto-fremskrivningen havde været valgt som reference, da ville det beregnede eloverløb have været lidt større i 2010 i Østdanmark og lidt mindre i Vestdanmark.

2010	Vestdanmark	
	Systemplan	Kyoto-fremskrivning
Kritisk eloverløb		
Energi (GWh)	290	170
Effekt (MW)	1240	1080
Antal timer	730	560

Tabel 5.10. Eloverløbet i Vestdanmark beregnet med hhv. systemplanens og Kyoto-ratifikationsfremskrivningens forudsætninger. Beregnet af Eltra. Afrundede tal.

Tabel 5.10 viser at hvis Kyoto-fremskrivningen havde været anvendt, da ville man have fået et lidt lavere beregnet kritisk eloverløb i Vestdanmark i 2010.

Samlet set vurderes forskellene mellem de to fremskrivninger dog at være så lille at den er uden betydning for vurderingen af de forskellige tiltag til imødegåelse af eloverløbet og dermed for udvalgets konklusioner.

Herudover er der for Østdanmark lavet følsomhedsberegninger på rådigheden over udlandsforbindelserne og etablering af kraftvarmeproduktionskapacitet. Disse beregninger viser, at der også i normalsituationer kan optræde et betydeligt kritisk eloverløb i 2020 (se bilag 5).

Betydningen af de anvendte modeller

Beregningerne i tabel 5.4 og 5.5 er foretaget i et simpelt "samfundsøkonomiske screenings-regneark" uden direkte input fra systemsimuleringer. Elkraft System har ved hjælp af SEVS-modellen regnet på varmepumpe, elpatron, geotermi og kedel til erstatning af kulkraftvarme. Ved sammenligning viser det sig at alle tiltag får lidt bedre økonomi i Elkraft Systems systemsimulering end i den simple screening. Forskellen er af størrelsesordenen 1 øre pr. kWh eloverløb som fjernes, lavest for elpatronen. Dette gælder både for den simple samfundsøkonomi og for samfundsøkonomien inkl. miljø. Denne forskel ligger inden for de usikkerheder som i øvrigt er på beregningerne.

Sammenlignes Elkraft Systems beregninger med den simple screening for varmepumpe, elpatron, geotermi og kedel til erstatning af *naturgaskraftvarme*, bliver forskellen endnu mindre end ovenfor.

Der er lavet en enkelt sammenligning mellem den simple screening og Eltras simuleringer af brændselsbesparelsen ved at erstatte kulkraftvarme med varmepumpe. De to tal for brændselsbesparelsen bliver hhv. 2,03 og 1,95 MWh pr. MWh eloverløb der fjernes. Her ligger Eltras brændselsbesparelse altså lidt *lavere* end i den simple beregning (hvor Elkraft Systems lå lidt *højere*).

Med AAU's EnergyPlan model fås en brændselsbesparelse på 2,11 MWh/MWh. Det er præcis det samme som Elkraft System beregner for erstatning af kulkraftvarme, men AAU's beregning er for et gennemsnit af kul- og gaskraftvarme.

Samlet set vurderes at modelforskelle ikke har væsentlig betydning på de beregnede brændselsbesparelser m.m. ved at fjerne eloverløb, og dermed heller ikke på den samlede økonomiske vurdering og rangordning af de forskellige tiltag.

5.2.4.5 Øvrige gennemregnede tiltag

I afsnit 5.2.4.1 er beskrevet resultatet af en række udvalgte tiltag der kan reducere eloverløbet, og i afsnit 5.2.4.3 er gennemregnet en række varianter. Ud over disse tiltag er der gennemregnet nogle tiltag som normalt ikke forbindes direkte eller alene med bekæmpelse af eloverløbet, men som alligevel kan have en effekt derpå. Dvs. der er tale om tiltag som næppe ville blive iværksat alene af hensyn til eloverløbet, men hvor reduktionen af eloverløbet kan være et ekstra argument hvis tiltaget etableres af andre årsager. I tabel 5.11 ses en samfundsøkonomisk gennemregning af disse tiltag. Til sammenligning er medtaget et af tiltagene fra før, nemlig varmepumpe til erstatning af naturgaskraftvarme.

Der kan gøres følgende observationer:

- Varmebesparelser reducerer overløbet ved at reducere behovet for at producere kraftvarme. Varmebesparelser er i den simple samfundsøkonomiske beregning ikke noget godt virkemiddel mod eloverløb³³. Dette skyldes især de høje anlægsomkostninger. Kun hvis miljøomkostningerne medregnes, og eleksporten er miljømæssigt værdiløs, bliver varmesparelser et samfundsøkonomisk gunstigt virkemiddel mod eloverløb³⁴. I øvrigt bemærkes at Elkraft Systems beregninger på varmesparelser viser at det kun er ca. en tredjedel af den reducerede varmebundne elproduktion der vil være eloverløb. Dvs. varmesparelser er ikke et særlig "målrettet" tiltag mod eloverløb.
- En elektrisk storebæltsforbindelse vil muliggøre at en del af eloverløbet kan sendes til Østdanmark, hvor det kan bruges til at fortrænge kulkondens. En 300 MW forbindelse³⁵ kommer negativt ud i den simple samfundsøkonomiske vurdering. Storebæltsforbindelsen vil altså ikke kunne "leve af" at reducere eloverløb. Hvis miljøomkostningerne medregnes og eleksporten betragtes som værdiløs miljømæssigt, bliver der imidlertid overskud på forbindelsen alene som følge af reduktion af overløbet. Den samme effekt vil i princippet kunne opnås ved at udveksle el mellem Øst- og Vestdanmark via forbindelserne til Norge og Sverige. Dette medfører dog ekstra transportomkostninger som ikke er blevet værdisat. Se bilag 8 for en nærmere diskussion af en storebæltsforbindelses effekt på eloverløbet. Energistyrelsen er i gang med at udarbejde en samlet opdateret vurdering af storebæltsforbindelsen, hvor der også tages hensyn til mulige fordele i forhold til samlet effektbehov, markedsmagt og flaskehalsproblematikken.
- I forbindelse med udarbejdelsen af en nordisk systemudviklingsplan undersøger de systemansvarlige virksomheder p.t. blandt andet en række muligheder for at reducere flaskehalsene i det nordiske elsystem. Storebæltsforbindelsen indgår som en af disse muligheder.
- Flytning af elforbrug kommer rimelig godt ud i alle beregninger. Hvis miljøværdien medregnes, kommer dette tiltag endda særdeles godt ud. I denne forbindelse bemærkes dog at der kun er medregnet de billigste 100 MW af det flytbare elforbrug (det samlede potentiale er ca. 400 MW).
- Varmelagring kommer ud som et økonomisk rimelig godt virkemiddel mod eloverløb. Som det fremgår af tabel 5.7 er potentialet imidlertid meget lille. De fleste kraftvarmeværker er allerede udrustet med korttidslager og regulerer i et eller andet omfang efter elsystemets behov eller efter elprisens variationer. Elkraft System har udført en beregning på et centralt varmelager med en kapacitet på 33 GWh og en maksimal ydeevne på 353 MW. Det svarer til at ca. 100 timers fuld

³³ Varmebesparelser i kulkraftvarmeområder har ringere simpel samfundsøkonomi end i naturgaskraftvarmeområder. Hvis miljøværdien medregnes, er de næsten ligeværdige.

³⁴ Der er for varmesparelser – som for alle andre virkemidler – antaget en benyttelsestid på 3000 timer. I virkeligheden vil den være højere (4-5000 timer), hvilket vil gøre varmesparelserne bedre.

³⁵ En 300 MW forbindelse ville have kunnet fjerne ca. 250 GWh af overløbet på godt 500 GWh i år 2000. I de nærmeste år vil dette stige til omkring 400 GWh og herefter falde til omkring 150 GWh sidst i perioden.

varmeproduktion fra Amagerværk 3 ville kunne rummes i lageret. De 100 timer svarer til den længste periode med eloverløb i Østdanmark i 2020. Beregningen viser at eloverløbet i 2020 ville kunne reduceres med 85 GWh³⁶. AAU har udført en beregning med et varmelager på 60 GWh som ifølge beregningen ville kunne fjerne 333 GWh eloverløb i Vestdanmark i 2020. Den eneste mulighed for at varmelagring kan bidrage markant til yderligere reduktion af eloverløbet, er etablering af sæsonvarmelagre. De hermed forbundne investeringer og energitab er antagelig så store at sæsonvarmelagre er uinteressante i forbindelse med eloverløbet. Flytning af (tretids-)tarifperioder for decentrale kraftvarmeverker er et muligt virkemiddel til at aktivere varmelagrene til begrænsning af eloverløb. Systemansvaret har allerede i dag denne mulighed i et vist omfang, men man kunne f.eks. tænke sig udviklet en realtidstarif i stedet for en tarif med faste perioder.

- Konvertering af alle personbiler og mindre varebiler³⁷ til eldrift vil skønsmæssigt give et øget elforbrug på 8 TWh³⁸ og spare omkring 90 PJ benzin og diesel. Bilerne vil i vidt omfang kunne oplades i perioder med eloverløb og vil således potentielt kunne optage en betydelig del af eloverløbet. Det forudsætter dog i sagens natur en massiv konvertering af bilparken til elbieldrift. AAU har gennemført systemsimuleringer på en konvertering af 430.000 biler til el. Dette ville medføre et øget elforbrug på 1,6 TWh og reducere eloverløbet med 1,21 TWh (heraf 0,47 TWh kritisk eloverløb)³⁹. Elbiler kommer økonomisk dårligt ud i tabel 5.11 hvilket skyldes en antagelse om at en elbil koster 5000 kr ekstra om året i investeringer i forhold til en almindelig benzinbil. Dette kan ikke finansieres af brændselsbesparelsen. Kan ekstrainvesteringen reduceres til ca. 1500 kr årligt, kommer elbilen særdeles godt ud.

³⁶ I "Redegørelse vedrørende eloverløb" fra Energistyrelsen 1996-06-18 vurderes ud fra systemsimuleringer at eloverløbet ville kunne sænkes ca. 100 GWh hvis alle fjernvarmeverker havde kapacitet til 24 timers fuld kraftvarmeproduktion.

³⁷ Konvertering af alle dieseltog til el ville iflg. DSB give et øget elforbrug på omkring 0,4 TWh og spare omkring 3,5 PJ diesel. Eldrevne tog vil altså kun kunne omsætte en mindre del af eloverløbet. Togdriften vil endvidere kun i meget begrænset omfang kunne indrettes så togene kun kører når der er eloverløb.

³⁸ Skøn fra Videncenter for Elbiler.

³⁹ Elforbruget i elbilerne tænkes placeret optimalt i løbet af en uge m.h.p. at opnå bedst mulig sammenhæng mellem elproduktion og elforbrug inden for det samlede elsystem.

Enhed: kr/MWh fjernet eloverløb	VP erstatte NG-GM	Varme- besparelser i NG-GM område	Store- bælts- forbin- delse 300 MW	Flytning af elfor- brug	Varme- lager (flytning af elpro- duktion)	Elbil
Værdi af elproduktion	-190	-190	-190	-190	-190	-190
Værdi af brændsel	172	247	123	130	146	1135
Værdi af D&V	33	60	-10	0	0	0
Værdi af anlægsinvesteringer	-53	-259	-145	-2	-15	-2899
Værdi af fjernet kritisk overløb	13	13	13	13	13	13
Samfundsøkonomi ex. miljø	-26	-130	-209	-49	-47	-1941
National miljøbetragtning:						
Værdi af CO ₂	96	138	204	214	122	357
Værdi af SO ₂	0	0	1	1	0	0
Værdi af NO _x	15	21	25	26	9	14
Værdi af miljø i alt	111	159	230	242	131	371
Samfundsøkonomi inkl. miljø	85	30	20	192	84	-1570
International miljøbetragtning:						
Værdi af CO ₂	-91	-49	16	27	-65	170
Værdi af SO ₂	-3	-3	-1	-1	-2	-3
Værdi af NO _x	0	7	10	12	-6	0
Værdi af miljø i alt	-94	-45	25	37	-74	167
Samfundsøkonomi inkl. miljø	-119	-175	-184	-12	-121	-1774

Tabel 5.11. Samfundsøkonomisk vurdering af udvalgte tiltag. Den uskraverede miljøværdiberegning svarer til at der ikke regnes med miljøværdi af elektricitet (og omvendt). Beregnet ved en elpris på 19 øre/kWh.

Ud over de i tabel 5.11 beskrevne tiltag er der regnet på de nedenfor beskrevne tiltag:

Brint til transport

At anvende brint til transport adskiller sig ikke så meget fra at anvende elbiler (set i forhold til eloverløbs-problematikken). Brinten produceres ud fra el ved elektrolyse og anvendes herefter i en forbrændingsmotor eller en brændselscelle. Brint er derfor i denne sammenhæng blot et andet lagermedie end et el-batteri. Der er forskel på virkningsgrader i omsætning fra brint til el og tilbage og oplagring af el i batteri og afladning gennem en elmotor. Desuden vil der være forskelle på investerings- og driftsom-

kostninger. Endelig er det formentlig lettere at oplagre store mængder brint end store mængder el. Disse forhold har arbejdsgruppen ikke vurderet nærmere.

Potentialet for brintbiler i relation til eloverløbet må formodes at være på niveau med potentialet for elbiler. Økonomien er ikke vurderet nærmere.

Ellager

En beregning på et ellager baseret på reversibel brændselscelle – som må betragtes som yderst usikker da teknologien er under udvikling og data er svære at skaffe - udviser negativ samfundsøkonomi.

Solvarme

Solvarme i kraftvarmeområder vil kunne reducere den varmebundne elproduktion og dermed eloverløbet. På grund af solvarmens produktionsprofil (høj produktion om sommeren, hvor eloverløbet er lavt) forekommer solvarme umiddelbart at være et dårligt tiltag imod eloverløb. Solvarme kommer i alle de foretagne beregninger negativt ud⁴⁰. Dette skyldes især de høje anlægsomkostninger.

5.2.4.6 Pakkeløsninger

I det foregående er vurderet enkelt-tiltag til reduktion af det eksporterbare eloverløb. Det fremgår af tabel 5.6 og 5.7 at intet enkelt-tiltag er i stand til at fjerne hele eloverløbet (hvis dette måtte være ønskeligt). Stop af vindmøller ville ganske vist kunne tage det meste, men dette ville være samfundsøkonomisk uinteressant. Der er derfor foretaget beregninger, hvor en ”pakke” af tiltag sammensættes med henblik på at fjerne eller forsøge at fjerne hele eloverløbet.

AAU har gennemført en systemsimulering for Vestdanmark på en ”pakke” bestående af:

- 650 MW varmepumper kombineret med nedregulering af kraftvarmeværker.
- Flytning af 200 MW fleksibelt elforbrug.
- Varmelagerkapacitet på 60 GWh⁴¹.

⁴⁰ Solvarmens benyttelsestid er sat til 3000 timer. I virkeligheden vil en væsentlig del af benyttelsestimerne ligge om sommeren, hvor der ikke er (så meget) overløb. Dette er der ikke taget højde for i beregningen. Hvis dette blev indregnet ville solvarmeanlægget komme endnu ringere ud (som tiltag imod eloverløb – der er ikke taget stilling til solvarme generelt).

⁴¹ Hvoraf 30 GWh anses for allerede eksisterende.

Beregningen vises i tabel 5.12.

Pakkeberegninger (Vestdanmark)		Fleksibelt elforbrug (200 MW); 60 GWh varmelager; 650 MW VP erstatte KV.	
Beskrivelse	Enhed	Elpris 19 øre/kWh	Elpris 9 øre/kWh
Brændselsbesparelser m.m.:			
Kul	TWh	1,02	1,02
Olie	TWh	0,79	0,79
Naturgas	TWh	5,87	5,87
Biomasse	TWh	1,60	1,60
Brændselsbesparelse i alt	TWh	9,28	9,28
Ændring af eloverløb	TWh	-4,99	-4,99
Emissionsreduktioner:			
CO ₂ -besparelse	ktons	1773	1773
SO ₂ -besparelse	ktons	2,05	2,05
NO _x -besparelse	ktons	5,05	5,05
Samfundsøkonomi:			
Værdi af elproduktion	Mkr/år	-947	-449
Værdi af brændsel	Mkr/år	748	748
Værdi af drift og vedligeholdelse	Mkr/år	93	93
Værdi af anlægsinvesteringer	Mkr/år	-374	-374
Værdi af netinvesteringer	Mkr/år	310	310
Samfundsøkonomi ekskl. miljø	Mkr/år	-170	328
National miljøbetragtning:			
Værdi af CO ₂	Mkr/år	443	443
Værdi af SO ₂	Mkr/år	21	21
Værdi af NO _x	Mkr/år	73	73
Værdi af miljøomkostninger ialt	Mkr/år	537	537
Samfundsøkonomi inkl. miljø	Mkr/år	367	865

Tabel 5.12. Beregning på "pakke" der fjerner det kritiske og det meste af det eksportbare eloverløb. Energi- og miljøberegningen foretaget af AAU. Økonomiberegningen af Energistyrelsen. National miljøbetragtning. Denne "pakke" kan fjerne hele det kritiske eloverløb og omkring 78% af det samlede eloverløb i 2020 i Vestdanmark.

Brændselsbesparelsen er ca. dobbelt så stor som mængden af fjernet overløb, og CO₂-besparelsen er knap 1,8 mio. tons. Disse tal skifter dog fortegn i en international miljøbetragtning.

Det elsystem som vil være resultatet af gennemførelse af ovennævnte ”pakke”, vil være meget anderledes end i dag. Det vil bl.a. rumme en fleksibilitet i forhold til elmarkedet som dagens system ikke har.

Hvor man i referencen er tvunget til at sælge eloverløbet, kan man med det fleksible elsystem i højere grad vælge om man vil eksportere eller ej. Hvis miljøgevinsten i udlandet ikke tilskrives Danmark, vil der være bedst samfundsøkonomi i at reducere eksporten. I den omvendte situation, hvor miljøgevinsten tilskrives Danmark er der bedst økonomi i at eksportere. I denne situation kan et fleksibelt el-system med anvendelse af varmelagre og flytbart elforbrug anvendes til at placere eksporten i forhold til prisvariationerne på markedet med henblik på at opnå den bedste pris. Det er ikke endeligt afklaret, hvor stor en økonomisk gevinst der kan opnås ved en optimeret omplacering af eloverløbet.

Herudover giver et fleksibelt elsystem øgede muligheder for at levere regulerkraft.

Tilsvarende kan der opstilles en pakke for Østdanmark til at reducere det eksporterbare eloverløb. Der er ikke regnet økonomi for denne pakke.

AAU har udført yderligere en beregning, hvor stort set resten af eloverløbet fjernes. I forhold til tiltagene ovenfor medregnes yderligere to tiltag:

Konvertering af 270.000 biler under to tons(i Vestdanmark) til eldrift (1 TWh/år i Vestdanmark, som antages fleksibelt indenfor en uge).

Alle decentrale kraftvarmeværker samt 50% af vindparkerne kan varetage spændings- og frekvensregulering.

Økonomien i denne yderligere reduktion af eloverløbet er dog relativt dårlig da elbilerne som tidligere nævnt kommer dårligt ud som tiltag imod eloverløb - i hvert fald med de priser der kendes i dag.

5.3 Ikke gennemregnede tiltag

En række tiltag er ikke gennemregnet samfundsøkonomisk. Det drejer sig hovedsageligt om en række tiltag der ikke retter sig imod reduktion af eloverløbet, men snarere mod systembalancen eller systemstabiliteten.

Udvalget startede med at se relativt bredt på ”ubalancer” hvoraf eloverløb kun er én type. Der blev derfor også foreslået en række tiltag med virkning på andre ubalancesituationer og/eller regulerkraftmarkedet. Efterfølgende har det vist sig vanskeligt at

give en kvantitativ analyse af øvrige ubalancesituationer på grund af bl.a. uafklarede definitioner. Nedenfor gives en kort gennemgang.

5.3.1 Systemstabilitet, herunder frekvens- og spændingsregulering

Systemstabiliteten i elsystemet er afhængig af kraftværkernes og transmissionsnettets dimensionering og drift. Elsystemet skal være designet således at de statiske og dynamiske egenskaber er tilstrækkelige til at kunne håndtere ubalancer og hændelser som udfald af kraftværker og ledninger. I takt med at en stigende andel af produktionsanlæggene udgøres af mindre enheder, er der behov for at også disse kan deltage i frekvens- og spændingsreguleringen. Dette tiltag retter sig ikke mod overløbet, men snarere mod systemstabiliteten.

Da de centrale værkers produktion i fremtiden forventes at udgøre en mindre del af totalproduktionen og da vindmøller og decentrale værker ikke i dag har samme gode spændingsstabiliserende egenskaber som de centrale værker, er der alt andet lige en risiko for, at elsystemet i fremtiden vil være mindre robust. Hvis der ikke tages højde herfor i den kommende planlægning af elsystemet, vil der være en større risiko for at elsystemet bryder sammen selv ved en mindre hændelse. Der findes en række tiltag som vil kunne afhjælpe stabilitetsproblematikken i det fremtidige elsystem. Det kan dreje sig om både vindmøller og decentrale anlæg med systemstabiliserende egenskaber og anvendelse af andre nye netkomponenter. Systemstabiliteten bør undersøges i det videre arbejde. En tilpasning af elsystemet til de nye produktionsforhold vil kræve investeringer i det eksisterende elsystem og i nye netkomponenter.

I dag indgår det bl.a. som krav i forbindelse med de store havmølleprojekter at de kan deltage i reguleringsarbejdet.

5.3.2 Delvis bortkøling på decentrale kraftvarmeværker

De decentrale kraftvarmeværker producerer kun el når der er et varmebehov. I perioder med mangel på el eller behov for opregulering kunne man fremskaffe ekstra kapacitet ved at bortkøle varme fra decentrale værker. Dette tiltag retter sig ikke mod eloverløbet, men mod andre ubalancesituationer. Det vil muliggøre at decentrale kraftvarmeværker kan levere opreguleringsydelse, når varmelageret er ved at være fyldt.

5.3.3 Bedre vindkraftprognoser

Hver dag udarbejder systemansvaret en vindkraftprognose for det efterfølgende driftsdøgn. Prognosen er i dag meget usikker og giver derfor anledning til, at der i den konkrete driftssituation kan være væsentligt mere eller mindre vindkraft end man tro-

ede et døgn tidligere. Dette medfører køb af reguleringsydelse og dermed et økonomisk tab⁴². Forbedring af vindkraftprognoserne ville muliggøre besparelser på køb af reguleringsydelse og mindre risiko for at der opstår kritiske driftssituationer, men de vil næppe have den store indflydelse på eloverløbet. Der er allerede i dag projekter i gang til forbedring af vindkraftprognoserne.

Eltra, Elkraft System, Elsam, Energi E2 og Seas deltager med DTU, Risø og DMI i Zephyr projektet som skal forbedre prognoserne for vindproduktion. Zephyr skal installeres hos elskaberne ultimo 2001.

5.3.4 Øget udnyttelse af industriel overskudsvarme

Ved en øget udnyttelse af industriel overskudsvarme til fjernvarme vil varmeleverancen – og dermed eloverløbet – fra kraftvarmeværker kunne reduceres. Dette tiltag retter sig mod eloverløbet, men af tidsmæssige årsager er der ikke blevet regnet på tiltaget. Tiltaget virker på samme måde som erstatning af kraftvarme med kedeldrift, blot er kedler erstattet med overskudsvarme, hvilket medfører andre pris- og miljøvirkninger.

5.4 Virkemidler og barrierer

I de foregående afsnit er gennemgået en række tiltag, som kan reducere eloverløbet. Der er foretaget en samfundsøkonomisk og miljømæssig vurdering af hvilke tiltag som under en række forudsætninger er velegnede til reduktion af det kritiske eloverløb og/eller eloverløbet i det hele taget.

Det ligger klart at det kritiske eloverløb bør fjernes med virkemidler i det danske elsystem frem for at bygge ledninger til at eksportere det. Såfremt det er samfundsøkonomisk fordelagtigt bør der også sigtes mod at reducere det eksporterbare eloverløb, men som det fremgår af afsnit 5.3, er dette afhængigt af især den forventede elpris og den miljømæssige værdisætning af eksport.

Det er imidlertid vigtigt at hvis der er tiltag som er samfundsøkonomisk fordelagtige, da bør der tages stilling til om eventuelle lovgivningsmæssige, afgiftsmæssige eller andre barrierer imod iværksættelse af disse tiltag kan fjernes eller begrænses.

Dette er emnet for nærværende afsnit.

⁴² I dag vurderes det økonomiske tab på grund af fejlskøn på vindkraften til ca. 2 øre/kWh på hele vindkraftmængden.

5.4.1 Selskabsøkonomiske forhold ved reduktion af eloverløb

Som det fremgår af det foregående må *kritisk* eloverløb ikke få lov at forekomme i praksis. Den del af det kritiske eloverløb, som ikke fjernes af markedet, *skal* derfor fjernes af systemansvaret.

Reduktion af det *eksporterbare* eloverløb vil kun finde sted i praksis, såfremt det er selskabsøkonomisk fordelagtigt, idet det ikke kan begrundes, at systemansvaret griber ind i driften af systemet, med mindre der er tale om kritisk eloverløb.

Arbejdsgruppen har derfor også analyseret de selskabsøkonomiske virkninger ved reduktion af eloverløbet, herunder virkninger af afgifterne.

Der er som i de samfundsøkonomiske regnestykker beregnet økonomiske virkninger pr. MWh fjernet eloverløb. Der er beregnet virkninger for tre aktører: værksejeren, staten og elforbrugerne. Virkningerne for disse tre aktører gennemgås nedenfor.

Værksejeren

Værksejeren kan f.eks. være Elsam, Energi E2 eller en decentral kraftvarmeproducent. Værksejeren mister ved reduktion af eloverløbet et elsalg og eventuelt et elproduktionsstilskud ved at reducere sin elproduktion. Til gengæld spares brændselskøb og brændselsafgifter. Medfører tiltaget øget anvendelse af fjernvarmekedler, skal der betales afgift af kedelbrændslet, dog ikke hvis det er biomasse.

For værksejeren vil der desuden være konsekvenser for drifts- og vedligeholdelsesomkostningerne samt evt. investeringerne. Disse er antaget at være de samme som i de samfundsøkonomiske analyser.

Værksejeren skal evt. købe el til en varmepumpe, en elpatron eller lignende. Dette er antaget at kunne ske til børsprisen plus en nettarif. Om dette vil kunne ske i praksis, eller om forbruget skal købes til den almindelige elforbrugstarif inkl. betaling for PSO-strøm⁴³, skal afklares nærmere. Herudover skal værksejeren betale elafgift. Det er for nemheds skyld antaget at f.eks. en varmepumpe eller en elpatron ejes af den samme som ejer kraftvarmeværket. Dette er ikke er givet på forhånd, men gør beregningerne simple.

⁴³ PSO står for Public Service Obligations. PSO-omkostninger omfatter bl.a. køb af prioriteret el og omkostninger til forskning og udvikling.

Staten

Virkningerne for staten af tiltag mod eloverløb er ændringer i afgifter og tilskud. Hvis tiltaget indebærer reduktion af produktionen på et kraftvarmeværk, taber staten den brændselsafgift, som ellers skulle betales. Evt. sparer staten betaling af elproduktions-tilskud (hvis der er tale om et decentrale kraftvarmeværk på naturgas).

Erstattes kraftvarmeproduktion med kedeldrift, får staten en ekstra indtægt på kedelbrændslet (dog ikke hvis det er biomasse).

Hvis tiltaget medfører øget brug af el i varmepumpe, elpatron eller lignende, får staten en indtægt fra elafgiften.

Elforbrugerne

Virkningen for elforbrugerne beregnes som de ekstra eller sparede betalinger, som systemansvaret opkræver.

Hvis tiltaget mod eloverløb indebærer reduktion af prioriteret elproduktion, sparer elforbrugerne (via systemansvaret) køb af el til prioriteret pris. Hvis elproduktionen reduceres på et decentralt kraftvarmeværk, vil der typisk være tale om køb af el til lavlasttarif (godt 20 øre/kWh i dag). Hvis det er produktionen på en vindmølle, som reduceres, spares 43-60 øre/kWh. Den prioriterede el sælges videre på børsen til en væsentligt lavere pris. Forskellen mellem den prioriterede elpris og børsprisen er det støttebeløb, som elforbrugerne sparer.

For den kritiske del af eloverløbet sparer systemansvaret (og dermed elforbrugerne) endvidere omkostninger til fjernelse heraf (her antaget som omkostningerne ved nedlukning af vindkraft; svarende til metoden der anvendtes ved de samfundsøkonomiske beregninger). Der indgår i beregningerne en værdi på 32 kr/MWh, svarende til en forudsætning om at systemansvaret betaler en erstatning til vindmølleproducenter i 8% af overløbstiden for nedlukning af vindmøller.

I tabel 5.13 og 5.14 nedenfor er vist en række eksempler på selskabsøkonomiske virkninger for de tre aktører. I tabel 5.13 er antaget en elpris på 9 øre/kWh og i tabel 5.14 er antaget en elpris på 19 øre/kWh. Det er beregningsteknisk antaget, at der ikke betales erstatning til de værks-ejere, der bidrager til reduktion af eloverløbet.

Det understreges, at beregningen er meget følsom over for elpris, brændselspriser m.m. Resultaterne skal derfor mest læses som indikatorer for den overordnede tendens i de selskabsøkonomiske forhold.

Enhed: kr/MWh fjernet eloverløb	Varme- pumpe erstatte NG-KV	Elpatron erstatte NG-KV	Stop af vind- mølle	NG- kedel erstatte NG-KV	Træpille- kedel erstatte NG-KV	Bypass erstatte Kul-KV
Værks-ejer:						
Elsalg inkl. elproduktions- tilskud	-199	-124	-430	-286	-286	-90
Brændselskøb inkl. afgift	424	264	0	177	413	-91
D&V	33	26	30	47	21	12
Anlægsinvesteringer	-53	-4	0	0	-30	0
Elkøb inkl. elafgift	-243	-454	0	0	0	0
I alt	-39	-293	-400	-62	117	-169
Staten:						
Elafgift og elproduktions- tilskud	246	399	0	70	70	0
Naturgasafgiftsbetaling	-207	-129	0	-25	-298	0
Kul/olieafgiftsbetaling	0	0	0	0	0	154
Svovlafgiftsbetaling	0	0	0	0	0	-1
I alt	39	270	0	45	-228	153
Elforbrugere:						
Elkøb/salg	88	55	340	126	126	0
Værdi af reduceret kritisk overløb	32	32	32	32	32	32
I alt	120	87	372	158	158	32
<i>Simpel samfundsøkonomi</i>	<i>66</i>	<i>44</i>	<i>-55</i>	<i>83</i>	<i>73</i>	<i>-11</i>
<i>Samfundsøkonomi inkl. miljø, national betragtning</i>	<i>177</i>	<i>113</i>	<i>-55</i>	<i>164</i>	<i>221</i>	<i>106</i>
<i>Samfundsøkonomi inkl. miljø, international betragtning</i>	<i>-27</i>	<i>-92</i>	<i>-260</i>	<i>-40</i>	<i>16</i>	<i>-99</i>

Tabel 5.13 Selskabsøkonomiske virkninger af at reducere eloverløbet med 1 MWh for de tre aktører: værksejer, stat og elforbrugere. Til sammenligning er vist resultatet af den tidligere beskrevne samfundsøkonomiske beregning. Det skal bemærkes at man ikke kan regne sig frem til samfundsøkonomien ved at lægge de selskabsøkonomiske værdier sammen, da det ikke i alle tilfælde er de samme brændselspriser der indgår. Beregnet ved en elpris på 9 øre/kWh. Det er antaget at der til varmpumpen og elpatronen kan købes el til markedspris plus nettarif.

Beregningen viser at værks-ejerne generelt taber penge på at reducere eloverløbet, dog med træpillekedel til erstatning af naturgaskraftvarme som markant undtagelse. Bereg-

ningerne viser også at der ikke er nogen klar sammenhæng mellem hvad der er selskabsøkonomisk fordelagtigt for værks-ejerne, og hvad der er samfundsøkonomisk fornuftigt.

- Erstatning af naturgaskraftvarme med varmepumpe giver et tab på 39 kr pr. MWh reduceret eloverløb. En væsentlig del af forklaringen ligger i ekstra afgift, idet elafgiften er større end den sparede brændselsafgift. Et stykke i retning af afgiftsmæssig neutralitet ville man kunne komme hvis varmepumper kunne nøjes med at betale elvarmesatsen og ikke som nu den fulde elafgift. Dette ville forbedre varmepumperne med ca. 20 kr/MWh eloverløb hvilket dog ikke er tilstrækkeligt til fuld afgiftsmæssig neutralitet. Det ville samlet set med de anvendte forudsætninger være en fordel for elforbrugerne hvis systemansvaret betalte et mindre tilskud til værksejeren for elanvendelse i varmepumpen (ved lave elpriser). De juridiske forhold i forbindelse hermed behandles i afsnit 5.4.3.
- Brug af elvarmepatroner giver et underskud på 300 kr/MWh, idet elafgiften slår meget kraftigt igennem på grund af den – i forhold til varmepumpen – væsentligt lavere elvirkningsgrad. Hvis anvendelse af elpatroner skal være selskabsøkonomisk fordelagtigt, kræves væsentlige ændringer af elafgiften.
- Stop af vindmøller er den selskabsøkonomisk ringeste måde at reducere (eksporterbart) eloverløb på for værksejerne – men til gengæld det der er bedst for elforbrugerne. Der er ingen virkninger for staten, fordi elproduktionstilskuddet til vindmøller betales over elregningen. Der er regnet med en afregningspris for vindmøller på 60 øre/kWh. Dette gælder for de fleste eksisterende nyere møller, mens helt nye møller såvel som ældre møller der har opbrugt deres ? timer kun får 43 øre/kWh.
- Erstatning af naturgaskraftvarme med kedeldrift på naturgas kan ikke betale sig for værksejerne i øjeblikket. Staten har en lille fordel og elforbrugerne en stor fordel ved at reducere eloverløbet på denne måde.
- Der er stor fordel for værks-ejerne ved at erstatte naturgaskraftvarme med træpillekedler. Dette skyldes hovedsageligt den store afgiftsfordel hvilket viser sig i det store provenutab for staten.
- Der er et betydeligt selskabsøkonomisk tab for værksejeren ved bypass på et kul-kraftvarmeverk. Dette skyldes hovedsageligt afgiftsforholdene, idet det er antaget at kraftvarmedrift er forbundet med en stor afgiftsmæssig fordel. Hvis den antagne afgiftsmæssige virkningsgrad på kulraftvarme på 135% (som svarer til en ligestilling af kraftvarmefordelen mellem varmeforbrugerne og elproducenten) øges til f.eks. 250% (svarende til at hele kraftvarmefordelen tilfalder varmeforbrugerne), øges underskuddet for værks-ejeren fra 169 til 281 kr/MWh (og statens provenuegevinst stiger tilsvarende).

Det fremgår af beregningerne at afgifter og tilskud har stor betydning for selskabsøkonomien i at reducere eloverløbet. For tiltag, der kun anvendes imod det *kritiske overløb*, er der tale om et relativt lille volumen. Dermed bliver eventuelle erstatninger

til værksejere der pålægges ændringer i driften af systemansvaret, af overskueligt omfang, og den samfundsøkonomiske skævvridning bliver ligeledes begrænset. Der bør dog være mulighed for at kompensere værksejerne for evt. tab, jf. afsnit 5.4.3.

Eventuelle overvejelser om ændringer af afgifter og tilskud må altså antages at have størst relevans i forbindelse med reduktion af det *eksporterbare overløb*. I perioden op til 2020 i Vestdanmark får det kritiske eloverløb dog et vist volumen (omkring 1300 GWh), og da kan afgiftsforholdene komme til at spille en væsentlig rolle også i forbindelse med det kritiske overløb.

Indretningen af afgiftssystemet kan imidlertid i sig selv være en medvirkende årsag til uøkonomisk eksport af eloverløb. Det nuværende kraftvarmeafgiftssystem giver således incitament til elproduktion på de centrale kraftvarmeværker, også på tidspunkter hvor markedsprisen på el reelt er lavere end de samfundsøkonomiske produktionsomkostninger. Dette forhold bør inddrages i forbindelse med samlede overvejelser om ændring af kraftvarmeafgiftssystemet, specielt de nuværende fordelingsregler mellem el og varme.

Tabel 5.14 viser de samme beregninger – men med en elpris på 19 øre/kWh. Det selskabsøkonomiske billede er overordnet det samme som ovenfor, men alt andet lige bliver det dyrere for værksejeren at reducere eloverløbet, og gevinsten for elforbrugere ved at reducere eloverløbet bliver mindre. Virkningerne for staten er uændrede.

Enhed: kr/MWh fjernet eloverløb	Varme- pumpe erstatte NG-KV	Elpatron erstatte NG-KV	Stop af vind- mølle	NG- kedel erstatte NG-KV	Træpille- kedel erstatte NG-KV	Bypass erstatte Kul-KV
Værks-ejer:						
Elsalg inkl. elproduktions- tilskud	-199	-124	-430	-286	-286	-190
Brændselskøb inkl. afgift	424	264	0	177	413	-91
D&V	33	26	30	47	21	12
Anlægsinvesteringer	-53	-4	0	0	-30	0
Elkøb inkl. elafgift	-274	-511	0	0	0	0
I alt	-69	-350	-400	-62	117	-269
Staten:						
Elafgift og elproduktions- tilskud	246	399	0	70	70	0
Naturgasafgiftsbetaling	-207	-129	0	-25	-298	0
Kul/olieafgiftsbetaling	0	0	0	0	0	154
Svovlafgiftsbetaling	0	0	0	0	0	-1
I alt	39	270	0	45	-228	153
Elforbrugere:						
Elkøb/salg	18	11	410	26	26	0
Værdi af reduceret kritisk overløb	32	32	32	32	32	32
I alt	50	43	272	58	58	32
<i>Simpel samfundsøkonomi</i>	<i>-26</i>	<i>-48</i>	<i>-147</i>	<i>-9</i>	<i>-19</i>	<i>-103</i>
<i>Samfundsøkonomi inkl. miljø, national betragtning</i>	<i>85</i>	<i>21</i>	<i>-147</i>	<i>72</i>	<i>129</i>	<i>14</i>
<i>Samfundsøkonomi inkl. miljø, international betragtning</i>	<i>-119</i>	<i>-184</i>	<i>-352</i>	<i>-132</i>	<i>-76</i>	<i>-191</i>

Tabel 5.14 Selskabsøkonomiske virkninger af at reducere eloverløbet med 1 MWh for de tre aktører: værksejer, stat og elforbrugere. Til sammenligning er vist resultatet af den tidligere beskrevne samfundsøkonomiske beregning. Det skal bemærkes at man ikke kan regne sig frem til samfundsøkonomien ved at lægge de selskabsøkonomiske værdier sammen, da det ikke i alle tilfælde er de samme brændselspriser der indgår. Beregnet ved en elpris på 19 øre/kWh. Det er antaget at der til varmpumpen og elpatronen kan købes el til markedspris plus nettarif.

Andre selskabsøkonomiske beregninger

Ud over de i tabel 5.13 viste beregninger er der foretaget tilskuds- og afgiftsberegninger på en række af de andre tiltag som er omtalt i det foregående. Af de foretagne beregninger fremgår bl.a.:

- at flytning af kraftvarmeproduktion med varmelager og flytning af elforbrug har positiv selskabsøkonomi for ”værksejeren”; i tilfælde hvor varmelageret bruges til at flytte decentral produktion væk fra høj- og spidslastperioder, bliver der dog tale om et tab for ”værksejeren”;
- at det er selskabsøkonomisk væsentligt ringere at placere en varmepumpe i et kul-kraftvarmeområde end i et naturgas-kraftvarmeområde;
- at der er tæt på at være selskabsøkonomisk balance for værks-ejeren ved at erstatte gaskraftvarme med geotermi, forudsat et anlægstilskud på 20% samt
- at energibesparelser bliver belønnet med 13 til 23 øre/kWh (lavest i kul-kraft-varmeområder).

Andre aktører

Det er valgt ikke at regne på de selskabsøkonomiske virkninger for brændselsleverandørerne, idet konsekvenserne for disse aktører afhænger af en række mindre kendte og usikre forhold. Det kan dog bemærkes at for fire af de seks beregnede tiltag – hvor der er tale om substitution af naturgas-kraftvarme - vil der være tale om tab for gasselskaberne, idet salget af gas reduceres. Hvordan dette tab fordeler sig på henholdsvis DONG og de regionale gasselskaber afhænger af selskabernes omkostninger, kontraktforhold og alternative afsætningsmuligheder.

Der er heller ikke regnet direkte på de økonomiske virkninger for varmemeforbrugerne. Imidlertid fremgår virkningen for varmemeforbrugerne indirekte af tabel 5.13 i de tilfælde, hvor der er tale om decentral kraftvarme på naturgas, idet disse anlæg som hvile-i-sig-selv virksomheder typisk vil videreføre tab/gevinst til varmemeforbrugerne. F.eks. vil det med en elpris på 9 øre/kWh koste værksejeren 39 kr/MWh at erstatte naturgas-kraftvarme med varmepumpe. Denne ekstraomkostning vil for en hvile-i-sig-selv virksomhed kun kunne hentes hos varmemeforbrugerne.

5.4.2 Forudsætningskrivelser og bekendtgørelse om elproduktionstilskud

En række af de tiltag som ser ud til at være relevante i forbindelse med reduktion af det kritiske eloverløb eller overløb i det hele taget, involverer stop af decentrale kraftvarmeværker på naturgas.

Stop af naturgas-kraftvarme er imidlertid i strid med gældende administrationspraksis på to punkter:



1. Af § 10 i bekendtgørelse om tilskud til elproduktion (nr. 798 af 23. oktober 1997) fremgår, at Energistyrelsen kan undtage decentrale kraftvarmeværker det *samlede* tilskud til elproduktion for en måned ad gangen, såfremt det ikke drives kontinuerligt som kraftvarmeanlæg. Ved kontinuerlig drift forstås at spids- og reservekapacitet kun må anvendes hvor kraftvarmeproduktion ikke fysisk kan dække varmebehovet.
2. Af den generelle forudsættningsskrivelse efter varmforsyningsloven fremgår bl.a.: ”Ved etablering af naturgasfyret decentral kraftvarme forudsættes normalt en dækningsgrad på 90% af den samlede årlige varmeproduktion”.

Disse to krav udspringer af formålsparagraffen i lov om varmforsyning:

§1. Lovens formål er at fremme den mest samfundsøkonomiske og miljøvenlige anvendelse af energi til bygningers opvarmning og forsyning med varmt vand samt at formindske energiforsyningsafhængighed af olie.

St. 2. Tilrettelæggelse af varmforsyningen skal i overensstemmelse med de i stk. 1 nævnte formål ske med henblik på at fremme samproduktion mest muligt.

Kraftvarmeproduktionen skal altså maksimeres under hensyntagen til samfundsøkonomi, miljø og olieafhængighed. Det må derfor antages, at såfremt en samlet samfundsøkonomisk og miljømæssig afvejning peger på at kraftvarmedrift ikke skal oprettholdes ubetinget - men at det f.eks. i forbindelse med kritisk overløb kan være fornuftigt at reducere kraftvarmeproduktionen – da bør det være i overensstemmelse med gældende lov og bekendtgørelse at begrænse kraftvarmeproduktionen, uden at elproduktionstilskuddet nødvendigvis bør bortfalde for en hel måned.

Der forekommer at være to muligheder:

Systemansvaret gives mulighed for at beordre stop af decentrale kraftvarmeværker på naturgas under kritisk eloverløb mod kompensation for driftstab og uden at dette får konsekvenser for elproduktionstilskuddet i øvrigt.

Driften af de decentrale værker gives fri uden at dette får konsekvenser for elproduktionstilskuddet i øvrigt. Systemansvaret bør stadig gives mulighed for at beordre stop af decentrale kraftvarmeværker på naturgas under kritisk eloverløb mod kompensation for driftstab.

Den første mulighed vurderes umiddelbart at være uproblematisk i forhold til varmforsyningsloven, mens den anden kræver nærmere overvejelser⁴⁴. Begge vil dog kræve politisk mandat.

5.4.3 Systemansvarets kontrol over elsystemets drift

Det er ikke tilstrækkeligt at et tiltag, der retter sig mod kritisk eloverløb, er samfundsøkonomisk godt eller teknisk muligt. Det er også nødvendigt at tiltaget kan aktiveres præcist, når der er brug for det. Derfor er det vigtigt, at systemansvaret har beføjelser til at foretage indgreb i elsystemets drift, når der er risiko for kritisk eloverløb.

5.4.3.1 Lovgrundlaget

Begrebet ”kritisk eloverløb” findes ikke i elforsyningsloven. Imødegåelse af kritisk eloverløb er imidlertid en del af at sikre ”elsystemets tekniske kvalitet og balance”, og man må gå ud fra at kritisk eloverløb udløser det der i elforsyningsloven hedder ”(overhængende risiko for) netsammenbrud”.

Elforsyningslovens § 25, 27, 31, 57 og 59a indeholder en række bestemmelser som giver systemansvaret nogle pligter og rettigheder i relation til håndtering af det kritiske eloverløb. I denne forbindelse er systemansvarets hovedopgave at opretholde den tekniske kvalitet og balance (§ 27 a, stk. 1, nr. 1).

Lovteksten kan fortolkes således:

For *planfasen*, dvs. dagen før driftsdøgnet, gælder:

1. Systemansvaret offentliggør kapaciteten på udlandsforbindelserne (§ 27 c, stk.1).
2. Brugere af nettet - dog ikke de prioriterede anlæg⁴⁵ - anmelder efter regler offentliggjort af systemansvaret⁴⁶ produktionsplaner m.m. til systemansvaret som skal godkende dem (§ 27 c, stk.2 og 3) inden driftsdøgnet.
3. Systemansvaret kan ved udsigt til kapacitetsbegrænsning i nettet mod betaling pålægge ændringer i *godkendte* produktionsplaner. Betalingskravet bortfalder hvis produktionsplanen ikke er godkendt, *og* der ikke er plads i nettet (§ 27 c, stk. 4, nr. 1). Da prioriteret produktion ikke indsender produktionsplaner, har systemansvaret ikke tilsvarende muligheder for prioriteret produktion. Dette hænger sammen med systemansvarets *aftageforpligtelse* (§ 57, stk. 1) for el fra decentral kraftvarme, vindkraft og anlæg på kraftvarmegarantien (prioriteret el).

⁴⁴ En af disse overvejelser går på, om tilladelse til bygning af biomassekedler i naturgasområder vil stille sig i vejen for fremtidige biogasprojekter.

⁴⁵ For de prioriterede anlæg sørger systemansvaret for at udarbejde en prognose.

⁴⁶ Og godkendt af miljø- og energiministeren.

For *driftsfasen*, dvs. i det aktuelle driftsdøgn, gælder:

1. Hvis produktion og forbrug ikke er i balance, kan systemansvaret *mod betaling* påbyde *ikke-prioriterede* anlæg at ændre produktion (§ 27 c, stk. 4). Denne mulighed kan aktiveres hvis systemansvaret kan se, at der om kort tid vil blive et problem med kritisk eloverløb.
2. Ved overhængende risiko for netsammenbrud kan systemansvaret *uden betaling* kræve omlægning af produktionen m.m. (§ 27 c, stk. 6). Dette forstås som en her-og-nu aktion hvor ovennævnte mulighed allerede er udtømt, og hvor der – f.eks. som følge af en pludselig stigning i vindkraftproduktionen – opstår behov for yderligere aflastning af produktionen.
3. Hvis produktionen i den aktuelle driftstime ikke svarer til produktionsplanen, kan systemansvaret opkræve betaling for regulerkraft (§ 27 c, stk. 5) for ikke-prioriterede producenter. Denne bestemmelse har dog formentlig kun ringe betydning i forbindelse med kritisk eloverløb.

For at forebygge mangel på transportkapacitet kan systemansvaret afvise en anmodning om transport eller transit (§ 25, stk. 5). Det giver systemansvaret mulighed for at reducere/nedlukke evt. import/transit fra Tyskland ved truende kritisk eloverløb, idet prioriteret el går forud for anden el⁴⁷. Påvirkningen fra Tyskland kan forstærke eloverløbet i Danmark fordi der er en anden tidskadence i markedet mod Tyskland. Det betyder at import fra Tyskland kan beslaglægge kapacitet på forbindelserne til Norge og Sverige, før vi har opgjort et eventuelt eloverløb hos os selv. Dette øger det kritiske eloverløb i Jylland-Fyn. Hvis Vestdanmark skal reducere eller nulstille kapaciteten på forbindelsen til Tyskland påvirker dette hele markedsfunktionen.

Endelig kan systemansvaret *af hensyn til markedets funktion* indgå *aftaler* om op- og nedregulering, såfremt der er kapacitetsbegrænsninger, jf. § 31, stk. 2 og 5⁴⁸. Det vurderes at denne bestemmelse *ikke* kan anvendes i forbindelse med truende kritisk eloverløb, idet bestemmelsen primært sigter mod at beskytte forbrugerne mod høje elpriser ved en monopollignende situation som følge af netbegrænsninger. I overløbssituationer vil der være tendens til den omvendte situation: at elprisen presses nedad på grund af for stort udbud.

Hvis systemansvaret identificerer kritisk eloverløb, enten i *planfasen* eller i *driftsfasen*, skal (en del af) den bundne elproduktion fjernes, så der i den samlede produktion bliver plads i nettet, herunder overføringsforbindelserne til udlandet. Det fremgår af ovenstående at der er væsentlig forskel på den prioriterede og den ikke-prioriterede elproduktion:

⁴⁷ Det må antages at kravet om at behandle alle netbrugere lige vil betyde, at dansk kondens skal nedreguleres lige så meget som importeret el. Men under kritisk overløb vil kondensproduktionen være væk.

⁴⁸ Miljø- og energiministeren kan fastsætte nærmere regler om disse aftaler

1. Indmeldt *ikke-prioriteret* varmebunden el eller ikke-prioriteret vindkraft kan bortkobles. Der ydes erstatning til disse producenter hvis produktionsplanen er godkendt. Umiddelbart ville det mest nærliggende være at anlæggene blev bortkoblet i prioriteret rækkefølge i forhold til den indmeldte pris. Men dette strider antagelig mod § 59 a, stk. 2, som pålægger systemansvaret at sikre ikke-prioriteret VE-strøm afsætning på linie med prioriteret VE-strøm i tilfælde af netbegrænsninger.
2. Aftagepligten for *prioriteret* el forhindrer at man kan bortkoble prioriteret varmebunden elproduktion og vindkraft - med undtagelse af de tidspunkter hvor elsystemet er ved at bryde sammen, og da sker det uden erstatning. Hvis prioriteret produktion skal begrænses, opstår problemet med at vælge blandt prioriterede elproducenter, som ikke har nogen markedspris. Desuden reducerer det potentialet at det kun er den ikke-prioriterede del af elproduktionen som (mod erstatning) kan nedreguleres ved kritisk overløb, og endelig giver det risiko for at det kritiske overløb ikke kan fjernes med de samfundsøkonomisk bedste tiltag.

Da der til bekæmpelse af det kritiske overløb vil være behov for at kunne nedregulere også *prioriteret* el, indeholder den nuværende elforsyningslov altså ikke de nødvendige bestemmelser. Der burde være en bestemmelse som muliggjorde at systemansvaret selektivt kan bortkoble prioriterede elproducenter i de nødvendige timer for at undgå kritisk eloverløb. Problemet med at vælge *hvem* der skal bortkobles, kan f.eks. løses ved at give erstatning for driftstab. Der opstår i givet fald også et spørgsmål om hvem som skal betale erstatningen i sidste ende (de andre elproducenter?, elforbrugerne?), og et spørgsmål om hvorvidt selekteringen skal ske efter bestemte principper. En mulighed som kan overvejes, er at anlæg bortkobles efter en på forhånd offentliggjort "trappekurve" der angiver hvilke anlæg, som udkobles ved hvilken elpris.

5.4.3.2 Systemansvarets objektivitet

Systemansvaret må ikke forskelsbehandle forskellige brugere af nettet (§ 28, stk. 2).

Det har været nævnt som et potentielt problem, at systemansvaret bliver en markedsaktør ved at foretage indgreb i elsystemets drift som potentielt kan påvirke prisen. Systemansvaret kan ved at trække kritisk eloverløb ud af markedet komme til at presse markedsprisen op, og det kan i den forbindelse have betydning om systemansvaret fjerner det kritiske eloverløb i *planfasen* eller i *driftfasen*. Dette vil af nogen kunne opfattes som at systemansvaret ikke længere er neutralt; f.eks. at man tilgodeser (nogle af) producenterne frem for forbrugerne. Problemet må håndteres i forbindelse med den videre udformning af en konkret driftsinstruks.

5.4.3.3 Markedsmekanismer til håndtering af kritisk overløb

Der bør sigtes mod at man i den daglige drift tager de billigst mulige tiltag i anvendelse i de situationer, hvor det er ønskeligt eller nødvendigt at reducere eloverløbet. Det forekommer derfor hensigtsmæssigt at vurdere om markedsmekanismerne på en eller

anden måde vil kunne anvendes til at prioritere tiltag imod f.eks. det kritiske overløb time for time. Dette kræver dog nærmere overvejelser og kan derfor ikke iværksættes umiddelbart.

5.4.3.4 Markedsmekanismer til håndtering af det eksporterbare eloverløb

Da det *eksporterbare* eloverløb i sagens natur kan eksporteres, er det ikke realistisk at systemansvaret forsøger at påvirke dette. Der er set fra markedet tale om en almindelig eksport på linie med anden eksport.

En eventuel reduktion af det eksporterbare eloverløb bør derfor ske ad frivillighedens vej, dvs. hvis det eksporterbare overløb skal reduceres da skal det være økonomisk attraktivt for aktørerne.

5.4.4 Barrierer og virkemidler i forhold til fleksibelt elforbrug

Som vist i afsnit 5.2.4.5. vil flytning af elforbrug være blandt de mest rentable virkemidler (beregnet ud fra de mest rentable potentialer; d.v.s. potentialer inden for større erhvervsvirksomheder). Det er derfor relevant at overveje hvordan elforbruget kan gøres mere prisfølsomt.

Større elforbrugere der har adgang til at handle på det frie marked, skal i dag betale for el efter følgende principper:

- En vis andel af elforbruget skal være prioriteret strøm (i Østdanmark er det f.eks. p.t. ca. 1/3 af forbruget). Denne del af forbruget afregnes med systemansvaret efter en treditstarif.
- Den resterende del af forbruget købes på markedet, gennem et handelsselskab. Forbrugeren har mulighed for at vælge mellem mere eller mindre børsafhængige prisprofiler. Yderpunkterne er en helt fast elpris over hele året og en 100% børsafhængig pris, der følger udsvingene i Nordpool-prisen (hvilket kræver at forbrugeren har en time-elmåler).
- For hele elforbruget skal forbrugeren endvidere til systemansvaret betale for PSO-omkostninger (efter en fast tarif) og net- og systemomkostninger (efter en treditstarif).

Det skal understreges at principperne for elbetalingen kan ændre sig i fremtiden.

En række større forbrugere planlægger allerede i dag ud fra treditst-tariffens profil, idet de har flyttet en del af deres forbrug til de billige perioder. Meget tyder dog på at der er brug for yderligere aktiviteter, hvis forbruget i højere grad skal gøres fleksibelt.

Elforbrugerne kan opnå en lavere gennemsnitlig elpris hvis de køber el til en realtidstarif, som afspejler Nordpools priser. Fx kunne el til køleforbrug købes efter Nordpool-priser hvis man havde et islager. Oplysninger om fordelene ved at anvende realtidstariffer kunne fremme udbredelsen.

De systemansvarliges tarif er et væsentlig element i dannelsen af det samlede prissignal - ikke mindst for erhvervene som betaler relativt lave afgifter til staten (når forbruget ikke anvendes til rumvarme). Mulighederne for at give bedre prissignaler til forbrugerne via de systemansvarliges tarif bør derfor overvejes.

Netselskaberne rådgiver i dag primært om egentlige energibesparelser. En mulighed er at udvide dette, således at fremme af det fleksible forbrug i højere grad bliver inddraget.

De meget store industrielle forbrugere som indgår en aftale om energieffektivisering med Energistyrelsen, vurderes at være særdeles relevante i forbindelse med fleksibilitet i elforbruget. Disse virksomheder har stor fokus på deres elregning. Mulighederne for at fremme fleksibelt elforbrug som led i aftalerne, bør derfor overvejes.

Endelig kunne man tænke sig, at der blev indført krav om, at særligt udstyr skulle indgå ved køb af visse anlæg. Fx kunne man tænke sig krav om lagerkapacitet i forbindelse med visse køleformål.

Der er behov for en nærmere afklaring og koordinering af de mulige virkemidler på forbrugssiden der er ridset op oven for. DSM-samarbejdet⁴⁹ mellem Energistyrelsen og netselskaberne kan være et godt forum herfor.

5.5 Konklusioner på analysearbejdet

I dette afsnit uddrages en række overordnede konklusioner fra de foregående afsnits vurderinger af samfundsøkonomi, potentialer og barrierer. Da der er væsentlig økonomisk forskel på indgreb mod kritisk overløb og eksporterbart eloverløb, deles konklusionerne i to dele.

5.5.1 Økonomiske og miljømæssige konklusioner vedrørende kritisk eloverløb

- Kritisk eloverløb forekommer ikke i Østdanmark i dag. Følsomhedsvurderinger viser dog, at kritisk eloverløb vil kunne forekomme i fremtiden, specielt i eks-

⁴⁹ DSM står for Demand Side Management, som betyder "styring på forbrugssiden". Anvendes normalt for elselskabernes lovpligtige arbejde med energibesparelser

tremssituationer. Der forekommer kritisk eloverløb i Vestdanmark i dag og i stigende omfang fremover. Tiltag mod kritisk eloverløb skal derfor primært aktiveres i Vestdanmark (men bør også kunne aktiveres i Østdanmark).

- Det er samfundsøkonomisk fordelagtigt at fjerne det kritiske eloverløb med interne tiltag frem for at bygge nye elledninger dertil. Dette gælder uanset elpris og uanset om man benytter en national eller en international miljøbetragtning.
- På grund af det kritiske eloverløbs korte benyttelsestid og lave volumen bør tiltag med ingen eller lave investeringer prioriteres.
- På grund af det kritiske eloverløbs korte benyttelsestid og lave volumen er de samfundsøkonomiske omkostninger små.
- Stop af vindmøller kan fjerne stort set hele det kritiske eloverløb, men dette tiltag er ikke det bedste samfundsøkonomisk. Derfor bør flere tiltag kunne aktiveres, og der bør sammensættes en "pakke" af tiltag, som indgår i systemansvarets daglige driftsrutine.
- De samfundsøkonomisk bedste tiltag til reduktion af kritisk eloverløb er i prioriteret rækkefølge flytning af kraftvarmeproduktion med varmelagre, flytning af elforbrug, stop for kraftvarmeverker kombineret med varmeproduktion på eksisterende kedler, anvendelse af elpatroner og afbrydelse af vindmøller.
- Der findes i dag tiltag, som tilsammen har et potentiale, der muliggør fjernelse af hele det kritiske eloverløb til begrænsede omkostninger. Der vil dog være omkostninger i forbindelse med udbygning af kommunikation, reguleringssystemer og organisation for at stop af vindmøller og kraftvarmeverker kan kontrolleres.
- Intet enkelttiltag kan fjerne hele det kritiske overløb på længere sigt, og der bør derfor sammensættes en "pakke" af tiltag, som indgår i systemansvarets daglige driftsrutine.

5.5.2 Økonomiske og miljømæssige konklusioner vedrørende eksporterbart overløb

Om det samfundsøkonomisk er en god idé at reducere eloverløb generelt (dvs. også det eksporterbare eloverløb) afhænger især af to ting: Elprisen på elmarkedet samt den miljømæssige værdi af eksport fra Danmark. Dette illustreres i tabel 5.15.

Bør eksporterbart eloverløb begrænses?	<i>Miljøværdi medregnes ikke i samfundsøkonomien</i>	<i>Miljøværdi medregnes, men miljøværdi af eksport er tabt for Danmark</i>	<i>Miljøværdi medregnes, og miljøværdi af eksport kommer Danmark til gode</i>
<i>Ingen markedsreaktion ved overløb (elpris 19 øre/kWh)</i>	Nej	Ja	Nej
<i>Kraftig markedsreaktion ved eloverløb (elpris 9 øre/kWh)</i>	Ja	Ja	Nej

Tabel 5.15. Generel konklusion på de samfundsøkonomiske analyser. Der er tale om generaliserede konklusioner på baggrund af de foregående afsnit med henblik på at illustrere den *overordnede tendens* i beregningerne. Tabellen er ikke gyldig for de enkelte tiltag.

Det ses, at forudsætningen om, hvorvidt miljøværdien af eksporten kommer Danmark til gode økonomisk, er helt afgørende for beslutningen om, hvorvidt Danmark bør reducere det eksporterbare eloverløb eller ej. Indtil videre må det antages, at miljøværdien af eksporten ikke kommer Danmark til gode økonomisk. Det tilsiger, at man bør reducere det eksporterbare eloverløb. Hertil kommer den øgede fleksibilitet i elsystemet ved etablering af tiltag som f.eks. varmepumper. Herved kan man f.eks. udnytte billig el i år, hvor elprisen er væsentligt lavere end i "normale" år. Endvidere kan der være en markedsmæssig fordel i ikke blot at fjerne det kritiske overløb men også lidt af det eksporterbare overløb. Herigennem ville man komme lidt væk fra de situationer, hvor netbegrænsninger skævvrider markedsprisen.

Det bør endvidere bemærkes, at selvom det i situationen, hvor miljøværdien af eksporten kommer Danmark til gode, generelt ikke kan betale sig samfundsøkonomisk at reducere eloverløbet, kan det måske alligevel betale sig at investere i et fleksibelt elsystem. Dette skyldes, at fleksibiliteten i denne situation alternativt kan anvendes til at opnå en bedre udnyttelse af prisvariationerne på markedet. Det har inden for dette arbejde dog ikke været muligt konkret at sætte værdi på denne fordel.

Omvendt tilsiger usikkerheden omkring miljøværdien af eksporten, elprisen m.m., at der ikke pludselig investeres massivt i en omlægning af elsystemet. På grund af disse usikkerheder bør der løbende følges op på eloverløbsproblematikken i energiplanlægningen.

Under alle omstændigheder bør Danmark arbejde på, at miljøomkostningerne internaliseres i elprisen (f.eks. ved indførelse af internationalt omsættelige forureningstilladelser for kraftværkerne), således at Danmark får en ekstra økonomisk indtægt af det miljøvenlige eloverløb, som eksporteres.

De samfundsøkonomisk bedste tiltag til reduktion af eksporterbart eloverløb er:

- Flytning af elforbrug (dog kun de første ca. 100 MW; disse bør realiseres under DSM-programmerne under alle omstændigheder).
- Flytning af elproduktion v.h.a. varmelagre (lille potentiale).
- Varmepumper til erstatning af kraftvarme.
- Kedler til erstatning af kraftvarme (naturgas- og træpillekedler bedst).

Hertil kommer, at en række tiltag, der normalt ikke sættes i forbindelse med eloverløbet, har en reducerende virkning på dette, og denne reducerende virkning har en positiv økonomisk værdi. Specielt skal det nævnes, at en elektrisk storebæltsforbindelse vil kunne have en værdi i forhold til reduktion af eloverløbet i Vestdanmark. Det vil i lyset heraf være relevant at tage fornyet stilling til etableringen af en elektrisk storebæltsforbindelse på baggrund af en vurdering af de samlede fordele og omkostninger.

Generelt vil en øget fleksibilitet i elproduktionen og elforbruget være hensigtsmæssig m.h.p. at kunne reagere bedre på udsving i markedsprisen på el, og dermed undgå "tvungen eksport" på de tidspunkter, hvor markedsprisen på el er lav. En sådan fleksibilitet opnås ikke alene gennem investeringer i de rette tekniske anlæg, men også gennem justeringer i de organisatoriske og økonomiske rammer, jf. neden for om barrierer og virkemidler.

5.5.3 Konklusioner vedr. barrierer og virkemidler i forhold til reduktion af eloverløb

Eloverløbet reduceres kun, såfremt der er de tilstrækkelige juridiske "håndtag" og selskabsøkonomiske incitamenter dertil.

Til fjernelse af det *kritiske* eloverløb kan det på sigt blive muligt at anvende forskellige markedsøkonomiske mekanismer. Desuden vil en øget fleksibilitet i elsystemet til imødegåelse af det eksporterbare eloverløb også mindske risikoen for kritisk eloverløb. Imidlertid er der behov for på kort sigt:

- At foretage en justering af elforsyningsloven med henblik på at sikre, at systemansvaret har tilstrækkelige juridiske beføjelser til imødegåelse af det kritiske eloverløb i den daglige drift. Det bør være muligt for systemansvaret at skride ind allerede i planfasen.
- At ændre Energistyrelsens administrative praksis, således at begrænsning af driften på decentrale kraftvarmeværker er et muligt virkemiddel under kritisk eloverløb, uden at de decentrale producenter mister store tilskudsbeløb.

Det *eksporterbare* eloverløb kan ikke som det kritiske eloverløb reduceres ved direkte indgreb fra systemansvaret. Det bør håndteres ved at skabe så god overensstemmelse

som muligt mellem de selskabsøkonomiske incitamenters og det samfundsøkonomisk ønskelige.

Generelt viser de selskabsøkonomiske analyser, at der ikke er sammenhæng mellem de selskabsøkonomiske incitamenters til at reducere eloverløbet og de samfundsøkonomiske analyser af, hvornår det bør gøres. *Værksejerne* vil i de fleste tilfælde tabe penge ved at reducere eloverløbet. Der er dog en undtagelse, nemlig erstatning af kraftvarme med biomassefyrede kedler.

En væsentlig forklaring på den manglende sammenhæng mellem selskabs- og samfundsøkonomi er det eksisterende afgiftssystem, idet værksejerne bliver belastet af ekstra afgiftsbetaling ved reduktion af eloverløbet. F.eks. kan nævnes, at erstatning af naturgaskraftvarme med varmepumpedrift belaster værksejeren med omkring 4 øre/kWh eloverløb, der fjernes, mens staten tjener et tilsvarende beløb. Hvis naturgaskraftvarme erstattes med naturgas-kedeldrift, taber værksejeren omkring 6 øre/kWh, mens staten tjener 4-5 øre/kWh. Reduktion af kulraftvarmeproduktion ved bypass medfører et tab for værksejeren på 28⁵⁰ øre/kWh, mens staten vinder et tilsvarende beløb. Erstattes naturgaskraftvarme med varmeproduktion på træpillefyr, *vinder* værksejeren dog 12 øre/kWh, mens staten taber 23 øre/kWh i afgifter.

Ved reduktion af eloverløbet er virkningen af afgifterne således af stor betydning og kan i nogle tilfælde være blokerende for imødegåelse af eloverløb.

Energi- og CO₂-afgifterne tjener mange forskellige formål og er udtryk for balance mellem mange forskellige hensyn, der ligger uden for rammerne af denne rapport.

- Arbejdsgruppen vil dog på baggrund af de foretagne analyser pege på, at det nuværende afgiftssystem giver u hensigtsmæssige incitamenters i forhold til eloverløb. Dette forhold bør inddrages i forbindelse med samlede overvejelser om ændring af afgiftsreglerne, ikke mindst de nuværende fordelingsregler mellem el og varme.

De selskabsøkonomiske analyser viser også, at *elforbrugerne* som hovedregel vil have fordel af at eloverløbet reduceres. I de situationer, hvor det er samfundsøkonomisk fornuftigt at reducere eloverløbet, og hvor tabet for værksejeren ved reduktion af eloverløbet er mindre end gevinsten for elforbrugerne og staten er der således basis for en økonomisk omfordeling, som holder værksejeren skadesløs uden at den samlede elpris stiger.

Der kan også være behov for at overveje ændringer i administrative regler over for den decentrale kraftvarmeproduktion. Som følge af dels forudsætningsskrivelser i medfør af varmeforsyningsloven, dels administrationen af elproduktionstilskud vil decentrale

⁵⁰ Under forudsætning af, at varmeforbrugerne har kraftvarmefordelen. Beløbet halveres, hvis kraftvarmefordelen er delt mellem el- og varmeforbrugerne.

kraftvarmeværker i dag være bundet til at producere kraftvarme også i lavlastperioder, hvor der i stigende grad vil kunne være tale om uøkonomisk eloverløb. Udover mulighederne for at stoppe kraftvarmedriften under kritisk eloverløb, som nævnt oven for, bør det derfor overvejes om det vil være forbundet med samlede økonomiske og miljømæssige fordele at driften på de decentrale anlæg mere generelt gives frit. Det vil også være relevant at undersøge, om der via den såkaldte tretidstarif kan gives yderligere incitamenter i lyset af eloverløbsproblematikken.

Med hensyn til flytning af elforbrug anbefales det, at dette tema inddrages i netselskabernes nuværende arbejde med elbesparelser – det såkaldte DSM-arbejde – med henblik på at de mest omkostningseffektive muligheder fremmes gennem bl.a. energirådgivning af større virksomheder. Som et led i DSM-arbejdet og koordineringen heraf mellem netselskaberne og Energistyrelsen kan valget mellem mere specifikke virkemidler såsom kampagner, rådgivning og evt. justering af tariffer nærmere tilrettelægges.

5.5.4. Det videre arbejde

Arbejdsgruppen har ikke med nærværende rapport givet alle svar omkring eloverløbsproblematikken. Der vil være behov for i de nærmeste år at arbejde videre med en række spørgsmål med tilknytning til eloverløbet. Her tænkes f.eks. på:

- Integration af eloverløbsproblematikken i den fremtidige energiplanlægning.
- Anvendelse af markedsmekanismerne i forbindelse med håndtering af eloverløbet.
- Udvikling af teknik, økonomi og jura, som muliggør, at decentrale anlæg og vindmøller i højere grad deltager i effekt- og spændingsreguleringen.
- Undersøgelse af systemstabilitetsforhold i et fremtidigt elsystem med en stor andel af elektriciteten produceret på decentrale kraftvarmeanlæg og vindmøller.
- Undersøgelse af de økonomiske fordele ved at investere i et fleksibelt elsystem, hvor prisvariationerne på elmarkedet udnyttes bedst muligt.

En række teknologier, der i dag er på forsknings- og udviklingsstadiet, vil på sigt kunne bidrage meget væsentligt til at håndtere eloverløbsproblemet. Her tænkes bl.a. på

- Teknologier inden for transportområdet, elbiler og/eller brintbiler.
- Nye styrings- og reguleringsteknologier.
- Forbedrede metoder til ellagring.

I de kommende års prioritering af forsknings- og udviklingsindsatsen på energiområdet bør der tages højde for de mulige gevinster, der vil kunne opnås i forhold til indpasningen af den bundne elproduktion. Også af denne grund er det derfor vigtigt at

understrege, at eloverløbsproblematikken bør integreres i den fremtidige energiplanlægning med henblik på, at prioriteringen af forskellige løsninger løbende kan justeres.

Forsyningssikkerhed er et højt prioriteret mål i den danske elforsyning. Hvis man af hensyn til forsyningssikkerheden ønsker, at det danske elsystem skal kunne køre ø-drift og være uafhængig af forbindelserne til udlandet, skal man være opmærksom på, at ø-drift vil kræve, at hele eloverløb kan fjernes. Den elmæssige forsyningssikkerhed er et emne, som har ligget uden for rammerne af arbejdsgruppens arbejde.

