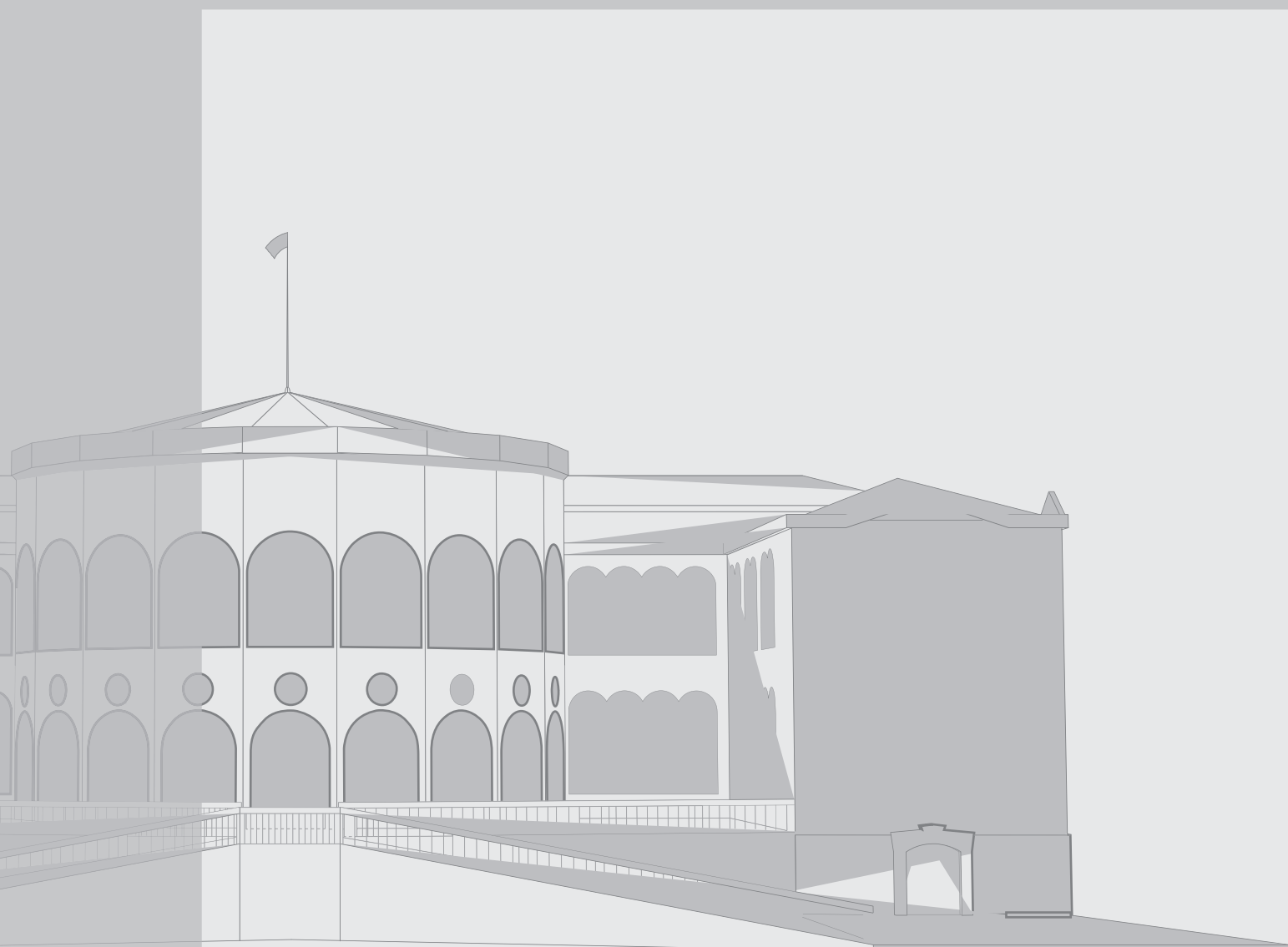


Perspektiv 03/08

Energipolitikk og klima – velge vinnere eller sette avgifter?

Av Tore Berge



Stortingets utredningsseksjon yter faglig bistand til representanter, partigrupper og komiteer i Stortinget basert på spørsmål fra den enkelte oppdragsgiver.

Seksjonen publiserer også egeninitierte notater som gjøres allment tilgjengelig.

Tidligere utgitt:

- 01/05 *Ny britisk lov skal beskytte barn mot overgripere de møter på Internett*
- 01/06 *De nordiske medlemslandenes parlamenter og EU – om innvirkning på sine regjeringers EU-politikk*
- 02/06 *En sammenlignende oversikt over grunnlovsbeskyttelsen av menneskerettigheter i OECD-området*
- 03/06 *Arbeidstakeres mobilitet under EØS-reglene om fri bevegelse for tjenester*
- 01/07 *Pasientmobilitet i EØS*
- 02/07 *Hva er Prüm-samarbeidet – og hvordan skiller det seg fra dagens operative politisamarbeid i Europa?*
- 03/07 *Flat skatt - Estland*
- 04/07 *Delelinjen i Barentshavet – Planlagt samarbeid versus uforutsett konflikt?*
- 01/08 *Forbud mot kjøp av sex – Erfaringer fra Sverige og Finland*
- 02/08 *Barnevern og EØS*

<http://www.stortinget.no/administrasjon/perspektiv.html>

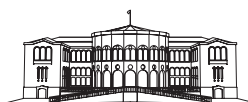
ENERGIPOLITIKK OG KLIMA – VELGE VINNERE ELLER SETTE AVGIFTER?

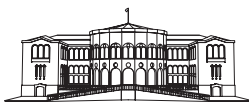
Energi er et sentralt tema i dagens politiske debatt. Det skyldes ikke minst den økte oppmerksomheten om klimaproblematikken. Stortingets utredningsseksjon merker dette gjennom en økning i oppdrag knyttet til energipolitikk generelt og til energi- og klimapolitikk spesielt. For å kunne gi våre oppdragsgivere best mulig bistand er det viktig å bygge opp seksjonens kompetanse innenfor dette omfattende temaet. I tillegg til å gi seksjonen verdifull kunnskap håper vi perspektivet også vil kunne ha nytteverdi for våre oppdragsgivere.

I dette perspektivet har vi fokusert på debatten om myndighetenes rolle i utviklingen av et klimavennlig energisystem. Er det myndighetenes oppgave å finansiere forskning på og utvikling av ny energiteknologi – og dermed velge ut framtidens energiteknologi – eller er det myndighetenes oppgave å sette høye nok avgifter på utslipp av klimagasser? I den internasjonale debatten er dette omtalt som *picking winners* eller *setting prices*.

Tore Berge
Seniorrådgiver

8. mai 2008





INNHold

1.	INNLEDNING	4
2.	ENERGISITUASJONEN I VERDEN	4
3.	KLIMAMÅLENE	7
3.1	EUs og Norges klimamål	7
3.2	Konsentrasjonen av klimagasser i atmosfæren	7
3.3	Menneskeskapt klimaendring.....	8
4.	ENERGI OG KLIMA	9
5.	NY ENERGIPOLITIKK – STØTTE TIL FOU ELLER AVGIFT PÅ CO ₂	9
5.1	Klimaproblemet – definert som markedsfeil	10
5.2	Pris er det beste virkemiddelet – i teorien	10
5.3	Både pris og FoU-støtte	11
6.	FOU INNENFOR ENERGISEKTOREN	12
7.	OFFENTLIG STØTTE TIL FOU – VELGE VINNERE?	13
7.1	Hva slags støtteordninger?	13
7.2	Hvilke faser av FoU-prosessen skal det offentlige støtte?	14
7.2.1	Støtte til grunnforskning?.....	14
7.2.2	Støtte til kommersialisering?	14
7.2.3	Støtte til hele utviklingsprosessen?	15
7.3	Læring og feiling	16
8.	GLOBAL UTFORDRING – GLOBAL LØSNING	16
8.1	Hva skjer i EU?	17
8.2	Hva skjer i USA?	18
9.	KONKLUSJONER	19



1. INNLEDNING

Samfunnet står overfor store energipolitiske utfordringer. Det overordnede spørsmålet kan synes å være om det i det hele tatt er mulig å levere nok energi til å dekke behovet. Det er forventet at jordas befolkning vokser fra nær 6,7 milliarder i april 2008 til om lag 9,4 milliarder i 2050.¹ Ifølge IEA manglet 1,6 milliarder mennesker tilgang på elektrisitet i 2002. Det er derfor behov for en massiv vekst i energiproduksjonen i verden. Samtidig opplever vi allerede økende energipriser. I tillegg til tilgangen på ressurser er energisektoren preget av en debatt om miljøutfordringene, klimaproblematikken og forsyningssikkerheten. Det er bred konsensus om at det er nødvendig å utnytte energien langt mer effektivt og å utvikle alternative energikilder.

Nesten alle jordas nasjoner, inkludert USA, har undertegnet FNs rammekonvensjon om klimaendringer. FNs rammekonvensjon legger til grunn at vi skal unngå farlige menneskeskapte klimaendringer. Spørsmålet vi ønsker å belyse i dette Perspektiv-notatet, er hvilken rolle myndighetene skal spille i utviklingen av verdens energisystem i lys av klimakonvensjonens målsetting. Skal myndighetene sette en pris på klimautslippene, en karbonpris i form av avgifter eller kvoter, og la markedet finne fram til løsningene, eller skal myndighetene finansiere forsknings- og utviklingsprosjekter – og dermed være med på å velge ut de teknologiske vinnerne?

2. ENERGISITUASJONEN I VERDEN

Ifølge IEA var verdens energiforbruk i 2005 478,5 EJ². Til sammenligning var energiforbruket i Norge i 2005 på 0,8 EJ, ifølge SSB.

I sitt referansealternativ anslår IEA at energiforbruket i 2030 vil ha økt med over 55%, til 741,9 EJ.³ Ifølge EU-kommisjonen og World Energy Council, WEC, kan energiproduksjonen i 2050 bli over dobbelt så høy som i dag.⁴ Årsaken til denne utviklingen er først og fremst økonomisk vekst i utviklingslandene. Slik sett vil økt energiforbruk være en nødvendig og ønsket utvikling.

UNDP foretok i 2000 en omfattende kartlegging og sammenstilling av jordas energiresurser, jf. tabellen på side 6. Studien viser at potensialet for energiproduksjon på jorda kan være flere tusen ganger større enn dagens årlige energibehov. Det finnes nyere studier, men dette er den mest omfattende. Alle studiene konkluderer med at tilgangen på energi er stor, men at det er nødvendig med ny teknologi for å utnytte potensialet. Det er også stor usikkerhet knyttet til alle anslagene. Poenget her er derfor ikke de eksakte tallene. Det er likevel interessant å se forskjellene mellom energikildene når det gjelder anslagene.

¹ US Census Board (2008) International Database, 2008 update.

² Joule er standard internasjonal måleenhet for energi og arbeid, SI enhet. Kraft er målt som joules pr. sekund, dvs. watt. EJ = Exajoule = 10^{18} J = 1 milliard milliard J. 1 000 000 J = 1 MJ = 0,27777778 kWh. 1 W = 1 J/sekund. 1 kWh = 3 600 000 J.

³ IEA (2007) World Energy Outlook. Mtoe – millioner tonn oljeekvivalenter. EJ - exajoule tilsvarer 23,88 Mtoe eller 278 TWh.

⁴ EU-kommisjonen (2006) World Energy Technology Outlook – 2050. WEC (2007) Deciding the Future: Energy Policy Scenarios to 2050.



Tilgangen på konvensjonelle fossile energikilder antas å kunne dekke energibehovet noen tiår. Med utviklingen av ny teknologi kan vi forvente at ukonvensjonelle kilder vil bli utnyttbare. Det vil øke tilgangen på fossile energikilder betydelig. Teoretisk vil det derfor kunne være mulig å dekke energibehovet med fossile energikilder også inn i de neste hundreårene. Det innebærer likevel en begrensning i forhold til fornybare energikilder.

De fornybare energikildene vil være tilgjengelige så lenge sola skinner, eller – med andre ord – så lenge det er liv på jorda. Fra flere hold blir det derfor argumentert for at vi heller enn å videreutvikle de fossile energikildene bør satse på å utvikle de fornybare energiressursene så fort som mulig. Kartleggingen fra UNDP gir grunnlag for å hevde at fornybar energi i hvert fall i teorien vil kunne dekke verdens fremtidige energibehov. Ifølge *Fornybar energi 2007*⁵ er den årlige innstrålingen fra sola til jorda mer enn 10 000 ganger verdens energiforbruk.

Fornybar energi blir oppfattet som et miljøvennlig alternativ, med lavere utslipp av klimagasser og med mindre forurensning enn fossile energikilder. Samtidig er det også problemstillinger knyttet til å utnytte fornybare energikilder. Debatten om energi- og klimaeffektene, forurensningen, arealbehovet og økte matvarepriser som følge av økt produksjon av biodrivstoff er et eksempel. Det er viktig at vi har en helhetlig tilnærming til utviklingen av nye energikilder, og ikke kun fokuserer på enkelte forhold.

Spørsmålet synes derfor ikke å være om vi har de tilstrekkelige energiressursene, men om vi kan make å utnytte dem på en måte som er i overensstemmelse med våre mål knyttet til klima, miljø, sosial fordeling etc.

⁵ Informasjonshefte om fornybar energi utgitt av NVE, Enova, Forskningsrådet og Innovasjon Norge.



Tabell 1: Globale fossile og fissile ressurser, exajoules, EJ

Kilde	Reserver	Ressurs	Ressursbase ^a	Ytterligere forekomster
Olje	11 110	21 310	32 420	45 000
konvensjonelle	6 000	6 070	12 080	
ukonvensjonelle	5 110	15 240	20 350	45 000
Gass	14 880	34 930	49 810	930 000
konvensjonelle	5 450	11 110	16 570	
ukonvensjonelle	9 420	23 810	33 240	930 000
Kull	20 670	179 000	199 670	
Fossile totalt	46 660	235 240	281 890	975 000
Uran ^b				
åpen syklus ^c	1 890	3 520	5 410	7 100
lukket syklus ^c	113 000	211 000	325 000	426 000
Totalt	48 000-150 000	446 000	575 000	1 400 000

(Kilde: UNDP (2000) World Energy Assessment)

^a Ressursbase er sum reserver og ressurser. Ressurser er definert som identifiserte og antatte fysiske forekomster av fossile energikilder som potensielt er økonomisk utvinnbare. Reserver er definert som identifiserte ressurser som er kommersielt utvinnbare med dagens teknologiske og økonomiske forutsetninger. Ytterligere forekomster er materialer som ikke er utvinnbare teknisk eller økonomisk i dag, dvs. i hovedsak ukonvensjonelle kilder.

^b Thorium er ikke med i denne oversikten fra UNDP og kommer i tillegg – anslagsvis 4,5 millioner tonn på verdensbasis, ifølge UNDP.

^c Ny reaktorteknologi gir økt energiutnyttelse. Med åpen syklus gir 1 tonn uran 589 TJ, mens med lukket syklus gir 1 tonn uran 35 340 TJ.

Tabell 2: Global fornybar energiressursbase, exajoules pr. år

Kilde	Dagens produksjon	Teknisk potensial	Teoretisk potensial
Vannkraft	9	50	147
Biomasse	50	>276	2 900
Solenergi	0,1	>1 575	3 900 000
Vindenergi	0,12	640	6 000
Geotermisk energi	0,6	5 000	140 000 000
Havenergi	ikke kjent	Ikke kjent	7 400
Total	56	>7 600	>144 000 000

(Kilde: UNDP (2000) World Energy Assessment)



3. KLIMAMÅLENE

FNs rammekonvensjon om klimaendringer, UNFCCC, fra 1994 er ratifisert av 192 land. Målet med konvensjonen er beskrevet i Artikkel 2 og innebærer å stabilisere konsentrasjoner av klimagasser i atmosfæren på et nivå som forhindrer farlige menneskeskapte endringer av klimasystemet. Dermed har i praksis alle land, inkludert USA, akseptert at utslippet av klimagasser er et problem, og at det er behov for å hindre uønsket vekst i konsentrasjonen av klimagasser. Det ble derimot ikke fastsatt et konkret måltall for dette nivået.

I desember 2007 ble 187 land enige om en felles handlingsplan, *Bali Action Plan* – også kalt *Bali Roadmap* – fram mot inngåelse av en internasjonal klimaavtale i København i 2009. Partene ble enige om at det er nødvendig med store kutt i utslippet av klimagasser og at det er nødvendig å reagere raskt. Målet er at partene skal fastsette konkrete mål i København.

3.1 EUs og Norges klimamål

EU har satt som mål at den globale temperaturstigningen ikke skal overskride 2°C sammenlignet med førindustrielt nivå. Flertallet på Stortinget er enig i dette målet.⁶ Det innebærer at konsentrasjonen av klimagasser i atmosfæren ikke må overstige det nivået som er i samsvar med temperaturmålet.

Det er en løpende diskusjon om hvor høy konsentrasjonen av klimagasser i atmosfæren kan være for at temperaturen ikke skal overstige 2°C. Ifølge Bjerknessenteret er den rådende oppfatningen at konsentrasjonen av klimagasser ikke må bli høyere enn 450 ppm CO_{2e} (450 deler pr. million målt i CO₂-ekvivalenter).

EU-kommisjonen foreslår at EU på egenhånd skal ha et mål om å redusere utslippet av klimagasser med 20% innen 2020. Dersom det blir enighet om en internasjonal klimaavtale, er forslaget at EU skal redusere sine utslipp med 30% innen 2020.

Regjeringspartiene, Høyre, KrF og Venstre har i sitt klimaforlik blitt enige om at Norge skal ha som mål å være klimanøytralt i 2030. For å oppnå det er målsettingen at om lag to tredjedeler av utslippsreduksjonene skal foretas i Norge, mens Norge skal sørge for globale utslippsreduksjoner tilsvarende de resterende innenlandske utslippene av klimagasser.⁷

3.2 Konsentrasjonen av klimagasser i atmosfæren

Ifølge Stern (2006)⁸ vil det være svært krevende å nå dette målet, og dersom vi ikke handler raskt, vil vi heller ikke kunne nå et mål om å stabilisere konsentrasjonen av klimagasser på 550 ppm CO_{2e}. Det vil i så fall innebære en antatt temperaturstigning på om lag 3°C.

⁶ Arbeiderpartiet, Sosialistisk Venstreparti, Senterpartiet, Høyre, Kristelig Folkeparti og Venstre (2008) Avtale om klimameldingen.

⁷ Ibid.

⁸ Stern (2006) Stern Review: The Economics of Climate Change.



Det er betydelig usikkerhet og forvirring når det gjelder målet for konsentrasjonen av klimagasser.⁹ CO₂ omfatter bare CO₂ og ikke andre klimagasser. CO_{2e (Kyoto)} omfatter alle klimagassene som er dekket i Kyotoprotokollen. CO_{2e (Total)} tar hensyn til at noen av virkningene av klimagassutslippene reduserer drivhuseffekten. Denne dempende effekten er mer kortvarig enn den forsterkende effekten klimagassutslippene har.

CO_{2e (Kyoto)} og CO_{2e (Total)} for 2005 er beregnet til henholdsvis om lag 460 ppm og 375 ppm, mens CO₂ var målt til 379 ppm. Det er usikkerhet knyttet til begge tallene for CO_{2e} - spesielt for CO_{2e (Total)}. CO_{2e (Kyoto)} er beregnet til å være høyere enn måltallet for konsentrasjonen av klimagasser i atmosfæren dersom vi skal unngå en økning i temperaturen på over 2°C. Dette har skapt en del usikkerhet i forhold til om klimaendringene allerede har tippet over grensen.

Ifølge *RealClimate* er det nettoeffekten av klimagassene (CO_{2e (Total)}) som gir den beste fremstillingen av konsentrasjonen av klimagasser i atmosfæren. *RealClimate* mener derfor at vi fortsatt har mulighet til å nå målet om å begrense konsentrasjonen av klimagasser i atmosfæren til 450 ppm. Det betyr ikke at det vil bli enkelt. Fra førindustriell tid har konsentrasjonen av CO₂ økt, fra 278 ppm til om lag 385 ppm i dag, 2007/2008. Veksten i konsentrasjonen er målt til 2 ppm i året, og den er økende. I 2007 var veksten i konsentrasjonen av CO₂ i atmosfæren 2,4 ppm.¹⁰

For første gang siden 1998 steg konsentrasjonen av metan i 2007. Metan er, ifølge *US National Oceanic and Atmospheric Administration*, NOAA, 25 ganger mer potent som drivhusgass enn CO₂, men konsentrasjonen er mye mindre. Store mengder metan er lagret i frossen tilstand i områder med permafrost og på havbunnen. Forskerne overvåker nå nøye for å registrere tegn på utslipp fra metan på grunn av tining av permafrosten i arktiske strøk og på havbunnen. Det kan i så fall føre til en selvforsterkende prosess, som vil kunne ha dramatiske konsekvenser. Ifølge NOAA var den globale gjennomsnittstemperaturen over land i mars 2008 den høyest målte noensinne siden målingene startet i 1880.

3.3 Menneskeskapt klimaendring

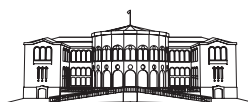
Det store flertallet av klimaforskere er enige om at det er svært sannsynlig at menneskeskapt utslipp av klimagasser fører til klimaendringer. Temaet er grundigere belyst, og enigheten er større enn i de fleste andre vitenskapelige spørsmål. De store internasjonale oljeselskapene, som BP, Shell, Total og StatoilHydro, har tatt dette til etterretning. Likevel er det fortsatt diskusjon om konklusjonene til FN's klimapanel, IPCC.

Klimasystemet er komplekst. Det er derfor usikkerhet knyttet til klimaforskningen. Men det er få som benekter at drivhuseffekten er en realitet, at klimagassene bidrar til å forsterke den, og at menneskelig aktivitet fører til økt konsentrasjon av klimagasser i atmosfæren.

Diskusjonen handler først og fremst om hvor store klimaendringene vil bli, og i hvor stor grad klimaendringene påvirkes av menneskelig aktivitet. De såkalte klimaskeptikerne hevder at IPCC trekker sine konklusjoner for langt. Andre mener det motsatte. IPCC har ikke tatt med

⁹ <http://www.realclimate.org/index.php/archives/2007/10/co2-equivalents/>

¹⁰ US National Oceanic and Atmospheric Administration (2008) The NOAA Annual Greenhouse Gas Index (AGGI)



katastrofescenarioene i sine rapporter. IPCC viser til flere selvforsterkende elementer i klimasystemet, som smelting av havisen og landisen, endringer i de store havstrømmene og opptining av permafrosten. Klimaendringene kan derfor nå terskelverdier – *tipping points* – hvor det kan bli for sent å sette inn mottiltak for å unngå dramatiske konsekvenser.¹¹

4. ENERGI OG KLIMA

Menneskenes påvirkning på klimaet knyttes først og fremst til vår bruk av energi. Dersom utslippet av klimagasser skal reduseres i betydelig omfang, må vi endre vår energiproduksjon og vårt energiforbruk. Det er i dag ingen anerkjente kompetansmiljøer som hevder at det finnes én teknologisk løsning – en såkalt *silver bullet*-teknologi – som kan dekke energibehovet uten å komme i konflikt med pris, miljø og sikkerhet.

En rekke kilder, som *Global Energy Technology Strategy Program*, *World Energy Council: 2007 Survey of Energy Resources* og *Fornybar energi 2007*, gir grundig presentasjon av de ulike energiteknologiene, deres potensial og deres utfordringer. Med den økte fokuseringen på energiforskning og energiteknologi produseres det daglig nye innspill i denne debatten.

Det er bred enighet om at vi må utvikle en portefølje av flere energiteknologier som sammen skal føre til den nødvendige reduksjonen i utslippet av klimagasser. Spørsmålet vi stiller her, er hvordan denne energiporteføljen skal utvikles.

5. NY ENERGI POLITIKK – STØTTE TIL FOU ELLER AVGIFT PÅ CO₂

I debatten om myndighetenes politikk for å redusere utslippet av klimagasser kan vi identifisere to ytterpunkter.

På den ene side blir det hevdet at myndighetene må fokusere på utvikling av ny teknologi før de fastsetter utslippsbegrensninger – *technology push*.¹² Argumentet for en teknologiledet politikk er todelt:

- Behovet for ny teknologi er så stort at det offentlige må bidra. Utfordringene er så store at det offentlige må mangedoble sin støtte til FoU.
- Krav om reduserte utslipp nå vil bli unødvendig kostbart før ny teknologi er utviklet.¹³

På den annen side blir det hevdet at teknologisk utvikling må skje som et resultat av markedskreftene, og at myndighetene skal fokusere på å fastsette de riktige rammevilkårene og incentivene for markedet – *market pull*.¹⁴ Argumentet for markedsorientert politikk er også todelt:

¹¹ Se f.eks. Lenton, T.M. et al (2008) Tipping elements in the Earth's climate system, Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA, February 12. 2008.

¹² Bl.a. har Bush-administrasjonen argumentert for en slik strategi.

¹³ Grubb, M. (2005) Technology Innovation and Climate Change Policy: an overview of issues and options.

¹⁴ Se f.eks. Helm, D. (2006) Energy policy: politics v economics, New College, Oxford.



- Nye teknologiske løsninger skal realiseres i markedet. Teknologisk utvikling må derfor skje av næringsaktørene i markedet, som et resultat av økonomiske incentiver. Myndighetene kan ikke velge ut hvilke teknologier eller hvilke aktører som skal bli vinnere. Det må markedet selv gjøre.
- En tilstrekkelig høy pris på utslipp av klimagasser i form av kvoter eller avgifter vil gi de riktige incentivene, slik at bedriftene utvikler ny klimavennlig teknologi.

Satt på spissen er spørsmålet hvorvidt energipolitikken skal handle om å finansiere utviklingen av ny energiteknologi, eller handle om å fastsette nye rammevilkår for markedet. Som i så mange saker er ”sannheten” et sted imellom.

5.1 Klimaproblemet – definert som markedsfeil

Ifølge *nyklassisk økonomisk teori* kan klimaproblemet forklares med at utslippet av klimagasser ikke blir prissatt i markedet. Markedet klarer ikke å løse problemet. Klimaproblemet må derfor forstås som en markedsfeil.¹⁵ Ifølge teorien involverer klimaproblemet to ulike markedsfeil.¹⁶

Den ene markedsfeilen skyldes de eksterne effektene av utslipp fra forbrenning av fossilt brensel – dvs. kostnader som påføres samfunnet, men som ikke er reflektert i brenselprisen. Etterspørselen etter lavutslippsteknologi er liten, fordi utslippet av klimagasser ikke prises i markedet. Myndighetenes viktigste virkemiddel er derfor å sette en tilstrekkelig høy pris på utslippet av klimagasser.

Den andre markedsfeilen er den generelle underinvesteringen i FoU. Gevinstene av innovasjon tilfaller ikke bare den enkelte bedrift. Bedriftene underinvesterer derfor i FoU i forhold til det som ville være samfunnsøkonomisk optimalt. Innovasjonen kan gi samfunnsøkonomiske gevinster som bedriften ikke kan innkassere. Konkurrentene kan lage kopier og utnytte den nye teknologien, uten å gjennomføre den samme omfattende FoU-innsatsen. Samtidig som energimarkedene har blitt liberalisert, har satsingen på FoU innenfor energi blitt kraftig redusert.

5.2 Pris er det beste virkemiddelet – i teorien

Skal vi løse klimaproblemene, må vi utvikle ny energiteknologi. Spørsmålet er hvordan. Økonomene legger vekt på at vi ikke kan forutsi hvilke løsninger og muligheter vi vil utvikle i fremtiden. Myndighetene bør derfor ikke forsøke å plukke ut teknologiske vinnere. Løsningene skal ikke realiseres av myndighetene, men av produsentene og forbrukerne i markedet. De må derfor utvikles i markedet. Klimaproblemet og utviklingen av ny energiteknologi synes ikke mer egnet for planøkonomi enn andre utfordringer.

Helm (2006)¹⁷ mener at politikerne bør skape langsiktige markeder for karbonreduksjon, og ikke velge teknologiske vinnere. Politikerne bør fastsette mål for utslippene av klimagasser og for

¹⁵ Ifølge Stern-rapporten er klimaendringene den største markedsfeilen noensinne. *Business as usual* er ikke et alternativ.

¹⁶ Se f.eks. Dinan, T.M. (2006) Congressional Budget Office - Evaluating the Role of Prices and R&D in Reducing Carbon Dioxide Emissions.

¹⁷ Helm, D. (2006) Op.cit.



energiforsyningen. Det å nå målene bør i hovedsak overlates til markedet, gjennom markedsbaserte virkemidler. Den billigste måten å nå karbonmålene på er å sette en pris på karbon, enten direkte, via en karbonavgift, eller via et kvotesystem. Denne prisen skal så stimulere til investeringer og FoU. En karbonpris motiverer både etterspørselssiden og tilbudssiden til å respondere, og politikerne slipper å velge vinnere.

Dette er teorien. Stadig flere økonomer understreker at det er forskjell på teori og praksis.

5.3 Både pris og FoU-støtte

Problemet med karbonprising er at det er vanskelig å fastsette riktig nivå. Det gjelder både avgifter og kvoter. Ifølge Foxon (2003)¹⁸ er det ikke økonomiske, men politiske årsaker til at det er problematisk. Karbonpriser bør innføres. Det vil bedre incentivene, men Foxon mener at det i realiteten ikke vil være tilstrekkelig. Karbonprisen må økes til politisk uakseptable nivåer for å gi vesentlig reduksjon i utslippene på kort sikt. En økning i karbonprisen vil endre produkter, infrastruktur og atferd over tid, men Foxon mener at økt offentlig støtte til FoU for å få en raskere utvikling av miljøvennlig teknologi vil gi raskere og billigere resultater. Manglende sikkerhet knyttet til fremtidig karbonprising kan redusere incentivene til å innovere innen ny lavutslippsteknologi. Behovet for rask og omfattende handling gjør at utviklingen av ny lavutslippsteknologi ikke kan avvende utviklingen av en effektiv global karbonprising, ifølge Foxon.

Dinan (2006)¹⁹ har gjort en litteraturstudie for den amerikanske kongressen og konkluderer med at markedsfeilene knyttet til klimaproblemet og underinvesteringene i FoU må motvirkes med:

- økte kostnader ved utslipp av klimagasser – pris på karbon i form av avgift eller i form av omsettelige kvoter. Prisene bør økes gradvis.
- økt offentlig støtte til FoU, til teknologier som kan redusere utslippene

Politikken er, ifølge Dinan, mest effektiv og har lavest kostnader dersom disse to tiltakene brukes samtidig. Dinan anbefaler å innføre karbonprising raskt for å unngå høyere kostnader på lang sikt. Prisen på karbon bør økes gradvis. Dette vil kunne føre til en rask reduksjon i utslippene ved bruk av eksisterende teknologi – og vil dermed kunne gi ekstra tid til å utvikle nye teknologier, som må til for å oppnå større reduksjoner.

¹⁸ Foxon, T.J. (2003) Inducing innovation for a low-carbon future: drivers, barriers and policies, The Carbon Trust

¹⁹ Dinan, T.M. (2006) Congressional Budget Office - Evaluating the Role of Prices and R&D in Reducing Carbon Dioxide Emissions



6. FOU INNENFOR ENERGISEKTOREN

Satsingen på FoU og ny teknologi varierer mellom industrisektorene. Innenfor IKT og farmasi utgjør FoU typisk 10-20% av omsetningen, mens FoU bare utgjør 0,4% av omsetningen innenfor kraftproduksjon.

Tabell 3: FoU i % av omsetning

	Kraftproduksjon	Bilindustri	Elektronikk	Farmasøytisk	Industrisektoren
USA	0,5	3,3	8	15	
OECD	0,33	-	-	-	2,65

(Kilde: Stern review 2006)

Innenfor FoU-intensive sektorer, som IKT og farmasøytisk industri, er konkurransen basert på produkt differensiering. Innenfor kraftsektoren (elektrisitet) er konkurransen i hovedsak begrenset til pris. Det er en langt svakere driver. I tillegg er investeringene store og langsiktige. Investeringene vil uansett alltid skape motstand, jf. lokalisering av vindmøller. Prisbasert konkurranse gir også langt mindre grunnlag for å ta stor risiko for å oppnå store gevinster, slik det er mulig ved utvikling av helt nye produkter som fanger konsumentenes interesse. Oljesektoren har større satsing på FoU enn kraftsektoren. Det skyldes først og fremst de store inntektene knyttet til oljeressursene. FoU er også betydelig innenfor transportsektoren, men verken i oljesektoren eller i transportsektoren har fokus først og fremst vært på reduksjon i klimagassutslippene. Det er nå i ferd med å endres, bl.a. ved oljeselskapenes satsing på CCS – karbonfangst og -lagring – og bilprodusentenes satsing på mer energieffektive motorer, hybridbiler etc.

Stern (2006) viser til at kraftsektoren er en svært lite innovativ sektor, og at hindringene for innovasjon er større enn i andre sektorer. Det skyldes følgende:

1. Læreprosessen er treg – det er ikke vilje til å betale høyere pris for nye produkter. Erfaringsmessig går det mange tiår før ny energiproduksjon blir kommersielt levedyktig. Andre typer produkter, som datamaskiner og mobiltelefoner, har nisjemarkeder, hvor et tilstrekkelig antall forbrukere har vilje til å betale en høyere pris for nye modeller. Det gjør det mulig å finansiere teknologiutvikling og videreføre læringsprosessen – og dermed redusere kostnadene. Slik er det ikke innenfor energisektoren. Bare få er villig til å betale mer for karbonfri energi. Ettersom det typisk tar flere tiår å redusere kostnadene, skaper dette et finansielt gap som kapitalmarkedene ikke klarer å fylle. Kraftsektoren opererer også typisk i et strengt regulert marked. Selskapene tar nødvendig risiko og satser ikke på teknologier som kan være dyrere eller mindre pålitelige. Dette innebærer at ny energiteknologi raskt faller ned i *valley of death*, dvs. overgangen fra å være et FoU-produkt til å bli en kommersiell vare. Denne fasen i innovasjonsprosessen kalles ofte *blodbadet* i Norge.
2. Infrastrukturen er dyr, langsiktig og reduserer mulighetene for nye løsninger. Nasjonale nett er vanligvis skreddersydd for store kraftverk. Teknologier som ikke følger samme modell, vil ha problemer med å komme inn på markedet.
3. Subsidiert energi skaper markedsfeil. I et fritt marked burde alle aktører møte de totale kostnadene, men slik er det ikke. I flere markeder blir eksisterende teknologi subsidiert. Det ble anslått at subsidiering av fossile brensel i 2002 var på \$20-30



milliarder i OECD og \$150-250 milliarder globalt. IEA har anslått at subsidiering av energi globalt var på \$250 milliarder i 2005. Disse subsidiene forsterker problemene med å internalisere miljøkostnadene som følger av klimagassutslippene og reduserer incentivene til å satse på lavutslippsteknologier.

4. Konkurransen er begrenset. Kraftmarkedene er dominert av store aktører, og kraftnettene utgjør naturlige monopol. Det fører til mindre konkurranse og lavere press når det gjelder innovasjon. Kraftmarkedet er preget av regulering, og regulatoren kan hindre aktørene i å ta ut full effekt av sine innovative investeringer.

Offentlig finansiering av FoU innenfor energisektoren globalt har blitt halvert siden 1980-tallet. Det forsterker problemet ytterligere.

7. OFFENTLIG STØTTE TIL FOU – VELGE VINNERE?

Det er få som direkte hevder at myndighetene skal velge vinnere – det har nærmest blitt som å banne i kirken. Likevel vil konsekvensene av at myndighetene må støtte FoU, nødvendigvis måtte innebære nettopp det.

Selv om det tilsynelatende er økende enighet om at det offentlige må støtte FoU i energisektoren, er det uenighet om hvordan og på hvilke områder dette skal skje.

7.1 Hva slags støtteordninger?

Det offentlige kan stimulere til økt FoU med subsidier, enten direkte eller via skatteregler, reguleringer/standarder, ved å restrukturere markedet eller ved å begrense utnyttelsen av ny kunnskap ved å gi patenter og midlertidig monopol. Offentlige anskaffelser er et populært tiltak, men det er ikke tilstrekkelig for å løse klimaproblemet. Derimot kan offentlige anskaffelser være viktig for å utløse nye innovative løsninger. Regulering, f.eks. i form av internasjonale standarder, vil kunne være effektivt for å fremme utviklingen av konkrete løsninger. Samtidig vil regulering knyttet til løsninger og tiltak kunne fremme utviklingen av én teknologi, på bekostning av andre og kanskje bedre løsninger. Da er det bedre med resultatbasert regulering, dvs. at det ikke er metoden, men resultatet som blir regulert.²⁰

Problemet med disse tiltakene er at markedsfeil skal repareres med nye markedsfeil. Det vil, ifølge Foxon²¹, nesten garantert føre til nye, uønskede bieffekter. FoU-støtte kan føre til unødvendig mye og unyttig FoU, eller dytte ut privat FoU, og dermed gi mindre effektive investeringer.

Patentrettigheter kan gi tilsvarende resultat i konkurransen om å være først. Patenter gir et midlertidig monopol for rettighetshaveren. Det blir hevdet at det er nødvendig for at bedrifter skal sikres nødvendige inntekter fra sine investeringer i FoU. På den annen side blir det hevdet at selv midlertidige monopol kan føre til overpriser og en langsommere teknologisk utvikling,

²⁰ Yang og Oppenheimer (2007) A Manhattan Project for climate change?

²¹ Foxon, T.J. (2003) Inducing innovation for a low-carbon future: drivers, barriers and policies, The Carbon Trust



sammenlignet med en situasjon hvor kunnskap deles mer fritt. Spesielt er det bekymring knyttet til muligheten for å patentere offentlig finansiert forskning.

Det er dessverre ekstremt vanskelig å anslå størrelsen på disse bieffektene. Det er derfor, ifølge Foxon, neppe mulig å finne fram til den optimale offentlige intervensjonen som kan maksimere den økonomiske effektiviteten.

7.2 Hvilke faser av FoU-prosessen skal det offentlige støtte?

Grubb²² mener at innsikten om at det er behov for både å sette en pris på utslippene av klimagasser og å støtte FoU, ikke innebærer et brudd med økonomisk teori. Han mener det innebærer innsyn i ulike deler av innovasjonsprosessen. Innovasjonsprosessen er kompleks og må inneholde begge perspektiver. Grubb mener næringslivet ikke vil investere store midler i utvikling av ny klimavennlig teknologi uten klar offentlig styring. Han mener innovasjonsprosessen består av seks atskilte faser:

- Grunnforskning
- Teknologispesifikk forskning
- Markedsdemonstrasjon
- Kommersialisering
- Markedsakkumulering
- Utspredelse i stor skala

7.2.1 Støtte til grunnforskning?

Ut fra den klassiske forståelsen at markedet må finne de riktige løsningene, er det mange som argumenterer for at myndighetene først og fremst skal støtte grunnforskning lengst fra markedet.

Offentlig støtte er, ifølge Dinan, mest effektivt når det rettes mot forskning på teknologier som er i en tidlig utviklingsfase. Dette synet støttes av bl.a. Furman et al (2007).²³ Myndigheter bør rette sin støtte mot grunnforskning, spesielt innenfor områder hvor næringslivet har få incentiver. Nærmere markedet er det myndighetenes oppgave først og fremst å sikre troverdige, tydelige og stabile rammevilkår for private investeringer.²⁴

7.2.2 Støtte til kommersialisering?

På den annen side er det mange som viser til at *valley of death* er den største utfordringen.²⁵ Det er derfor viktig at myndighetene støtter utvikling av demonstrasjonsprosjekter og utspredelse og bruk av nye teknologier, f.eks. gjennom grønne sertifikater.

²² Grubb, M (2005) Technology Innovation and Climate Change Policy: an overview of issues and options.

²³ Furman, J et al (2007) An Economic Strategy to Address Climate Change and Promote Energy Security, The Hamilton Project.

²⁴ Se f.eks. Stern-rapporten.

²⁵ Se f.eks. Grubb (op.cit.)



Stern mener at teknologinøytrale virkemidler skal kombineres med incentiver direkte rettet mot å utvikle en portefølje av ulike teknologier. Farene ved at offentlig ansatte skal velge vinnere, understreker behovet for at teknologinøytrale virkemidler er utgangspunktet for offentlig politikk innenfor alle sektorer. Markedet er bedre til å finne kommersielle suksesser. Likevel kan det være nødvendig å rette politikken inn mot spesifikke teknologier, på grunn av eksternaliteter, usikkerhet, problemer i kapitalmarkedet og behovet for raske resultater.

Læreprosessen gir normalt lavere priser over tid, og etablerte teknologier vil ha en fordel i forhold til nye teknologier. Teknologinøytrale virkemidler kan således gjøre det vanskelige å utvikle ny teknologi. Det kan vi, ifølge Stern, se i markeder hvor det brukes teknologinøytrale virkemidler, som i USA. Der utgjør landbasert vindkraft 92% av ny kapasitet lavkarbonkraft.

Det er også et høna-og-egget-perspektiv på utviklingen av ny energiteknologi. For eksempel vil bilfabrikantene være tilbakeholdne med å utvikle biler som går på nye drivstoff, når det ikke er infrastruktur for å fylle bilene med de nye drivstoffene. På samme måte vil ikke energiselskapene etablere ny infrastruktur når det ikke er biler til å bruke den. Usikkerhet knyttet til hvilke teknologier som vil vinne, gir handlingslammelse i seg selv - *pathway dilemma*. Ingen tør ta de nødvendige grepene. Begge disse forholdene kan gi grunnlag for offentlige inngrep. Fastsetting av standarder kan være et aktuelt tiltak.

7.2.3 Støtte til hele utviklingsprosessen?

Grubb²⁶ mener det er nødvendig med offentlig finansiering av både grunnforskning, anvendt forskning og utvikling av demonstrasjoner. På den andre siden av dødsdalen er det nødvendig med offentlig regulering i form av patenter og ”karbonprising” – avgifter og/eller kvoter. Private investorer vil ikke satse på klimavennlig teknologi dersom det offentlige ikke sikrer stabile og gunstige rammevilkår. Det er, ifølge Grubb, nødvendig med fire ulike politiske tiltakspakker:

- *Market Engagement Programmes*, som setter utprøvingsteknologi i kontakt med privat sektor
- *Strategic Deployment Policies* – bygge opp marked og dermed redusere kostnadene
- *Barrier Removal* – etablere et likeverdig utgangspunkt for ny teknologi ved å fjerne hindringer og barrierer som er til fordel for etablert teknologi
- *Internalisation Policies* – som kvotehandel og karbonavgifter

Market Engagement Programmes kan f.eks. inkludere teknologiinkubatorer og ”testing i felten” – såkalte akselerasjonsprogrammer.

Strategic Deployment Policies er, ifølge Grubb, trolig de mest kontroversielle. Dette omhandler teknologier som det allerede er bevist er kommersialiserbare, men som er fanget i små volum og høye kostnader. Tiltaket her er å gi støtte som bidrar til at teknologiene utnyttes i stor skala. Typiske tiltak er *feed-in tariffs*, fornybare obligasjoner/grønne sertifikater og andre teknologi- eller drivstoffbestemmelser. Dette innebærer reguleringer som gjør ellers ulønnsomme teknologier lønnsomme. Økonomene har så langt ikke funnet en bredt akseptert teoretisk basis for

²⁶ Grubb, M (2005) Technology Innovation and Climate Change Policy: an overview of issues and options.



disse tiltakene. Utspredelsen av vindmøller i Danmark og biobrensel i Brasil er eksempler på en slik politikk. Disse tiltakene skal gjøre ny teknologi lønnsom på et tidligere stadium. Teorien viser at kostnadene ved en teknologi reduseres med økt bruk. Denne lærekurven kan påvirkes gjennom slike tiltak – *learning investments*.

7.3 Læring og feiling

Kritikerne av offentlig støtte til innovasjon fokuserer gjerne på feilene og kostnadene knyttet til myndighetenes direkte inngrep og valg av vinnere. Men det er åpenbart at verken myndigheter eller bedrifter har perfekt kunnskap om fremtidens teknologiske og kommersielle muligheter. I tillegg er det også faglig aksept for at myndighetene skal bidra til å løse samfunnsmessige mål som ikke kan nås i markedet alene. Ifølge Foxon innebærer det at myndighetene har en viktig oppgave i å utvikle betingelser som innebærer at vinnere kan utvikles og oppnå tilstrekkelige investeringer. Innovasjonsforskningen gir ikke en fasit på hvordan politikken skal utformes – snarere understreker den viktigheten av usikkerhet og behovet for å lære, både på teknologisk, på institusjonelt og på politisk nivå, og viktigheten av interaksjon mellom aktørene.

Ekeland²⁷ mener en viktig oppgave for myndighetene er å velge bort fiaskoene, dvs. de prosjektene det er mulig å forutsi ikke vil være gjennomførbare. Det forutsetter at myndighetene har tilstrekkelig kompetanse til å vurdere de reelle teknologiske mulighetene ved prosjektene.

Myndighetene må overvåke og evaluere FoU-arbeidet. Det er viktig at myndighetene kan trekke seg ut, og at de aksepterer at noen teknologier vil feile. Men selv teknologiske feil kan gi verdifull kunnskap. Myndighetene kan ta større risiko og satse på et bredere spekter av teknologier enn det private aktører i markedet kan.

Foxons²⁸ viktigste budskap er at innovasjon ikke skjer ved en lineær prosess, men i et komplisert interaktivt system. Begrepet ”markedsfeil” som en beskrivelse av den virkelige verden sammenlignet med et teoretisk optimalt marked er ikke tilstrekkelig for å rettlede i utformingen av myndighetenes innovasjonspolitik. Innovasjon kan forstås som en prosess hvor tekniske muligheter matches mot markedsmuligheter, gjennom aktiviteter som eksperimentering, prøveproduksjon og markedsføring.

8. GLOBAL UTFORDRING – GLOBAL LØSNING

Klimaproblemet og utfordringene knyttet til å utvikle ny energiteknologi og dekke framtidige energibehov er åpenbart av global karakter. Det blir argumentet for at det er nødvendig å øke satsingen på FoU innenfor energisektoren så mye som praktisk mulig.²⁹ I tillegg hevder flere at det er nødvendig med en internasjonal koordinering av FoU-arbeidet. Teknologipolitikken vil først og fremst være nasjonal, styrt av nasjonenes ønske om å skape et teknologisk fortrinn og eksport- og vekstmuligheter. Men dette vil ikke være tilstrekkelig. Det er nødvendig med internasjonalt samarbeid for å oppnå tilstrekkelig omfang og hastighet i teknologiutviklingen.

²⁷ Ekeland, A (2008) Kan vi øke suksessraten? NIFU STEP. Foredrag under Energiuka 2008, Oslo.

²⁸ Foxon, T.J. (2003) Inducing innovation for a low-carbon future: drivers, barriers and policies, The Carbon Trust.

²⁹ Energy Shame, Nature 7. september 2006



Pilat (2007) argumenter for at det i tillegg til å øke FoU-arbeidet er nødvendig å sikre en bedre harmonisering av FoU-arbeidet med nasjonale og internasjonale energimål, og sikre en bedre koordinering av FoU-arbeidet internasjonalt. Det er i dag mye duplisering mellom landene. Det er ikke nødvendigvis den mest hensiktsmessige og effektive arbeidsmåten.³⁰

Egenhofer et al (2007)³¹ argumenterer for at det er nødvendig med en internasjonalt styrt FoU-prosess, en såkalt *distributed innovation*, styrt av internasjonale faggrupper, som kan kvalitetssikre at prosjektene har kommersiell relevans. Egenhofer foreslår at det etableres en internasjonal *Consultative Group on Climate Innovation*. Han mener det er viktig at innovasjonsprosessene er åpne.

Det er ikke vanskelig å argumentere for at en internasjonal strategi for å velge teknologivinnere vil kunne være enda mer hasardiøs enn en nasjonal strategi. Innsatsen vil kunne være enda større – og konsekvensene av å feile likeså. Det å fordele FoU-investeringene er heller ikke nødvendigvis mye enklere enn å bli enige om karbonpriser, kvoter eller klimamål.

Vi stiller oss skeptiske til om det er mulig å skreddersy et internasjonalt FoU-arbeid innenfor energisektoren. Derimot er det åpenbart viktig at både nasjonale og internasjonale myndigheter og institusjoner har et best mulig grunnlag for å fatte fornuftige vedtak. Det synes som om de fleste land kartlegger egne ressurser og prosjekter knyttet til FoU innenfor energisektoren. Denne kunnskapen bør brukes til å foreta best mulig kvalifiserte valg, også ut fra en målsetting om å unngå unødvendig duplisering av FoU-arbeidet og å ha en mest mulig hensiktsmessig arbeidsdeling mellom landene. EU vil kunne spille en særskilt rolle i utviklingen av metoder og mekanismer for en internasjonalt basert teknologistrategi.

8.1 Hva skjer i EU?

EUs system for utslippstillatelser for klimagasser, ETS, er en sentral del av EUs energi- og klimapolitikk. Kommisjonen foreslår at utslippstillatelsene skal reduseres med 21% fra nivået i 2005 innen 2020. I løpet av perioden 2013–2020 vil alle utslippstillatelser bli omsatt i en felles auksjon for hele EU, og ingen utslippstillatelser vil være gratis. Utslippene fra de sektorene som ikke er omfattet av ETS, som husholdninger, landtransport, landbruk og avfall, skal reduseres med 10%. Kommisjonen har foreslått bindende nasjonale mål, fra +20% til -20%, avhengig av medlemslandenes forutsetninger. Ifølge EU-kommisjonen kan klimautfordringene bare løses gjennom en global avtale. Dersom medlemslandene i EU blir enige om kommisjonens forslag til en mer ambisiøs klimapolitikk, vil det være et godt argument for å kunne oppnå en internasjonal klimaavtale i København i 2009.³²

EU kommisjonen (2007)³³ foreslår at det utarbeides en europeisk strategisk energiteknologiplan - *SET-Plan*. Planen forutsetter samordning på EU-nivå. Beslutningstakerne må kommunisere og

³⁰ Pilat, D (2007) Technology and Innovation Policies in OECD Countries: Perspectives for Energy Technology.

³¹ Egenhofer et al (2007) Low-carbon technologies in the Post-Bali Period: Accelerating their Development and Deployment, European Climate Platform, ECP Report No. 4. December 2007.

³² Se EU-kommisjonens klima- og energipakke på http://ec.europa.eu/energy/climate_actions/index_en.htm.

³³ EU-kommisjonen (2007) Towards a European Strategic Energy Technology Plan: Towards a low carbon future.



fatte vedtak på en mer strukturert og handlingsorientert måte. Kommisjonen vil derfor etablere en *Styringsgruppe for Strategisk Energi Teknologi* i 2008. Gruppen skal ledes av kommisjonen og bestå av høytstående representanter for de nasjonale myndighetene i medlemslandene. Gruppens mandat vil være å initiere felles handlinger, koordinere politikk og programmer, sikre tilstrekkelige ressurser og overvåke og evaluere utviklingen på en systematisk måte for å nå de felles målsettingene. EUs mål er 20% reduksjon i klimagassutslippene innen 2020, 20% andel fornybar energi og 20% reduksjon i EUs primære energiforbruk innen 2020.

For å kunne planlegge effektivt og strategisk, må styringsgruppen ha tilgang på korrekt informasjon. Kommisjonens *Joint Research Centre* vil derfor foreta en teknologikartlegging av *state of the art*, barrierer og potensialer for de ulike teknologiene, og en kapasitetskartlegging av de finansielle og menneskelige ressursene.

Kommisjonen ønsker å sikre mobilisering av nødvendig kritisk masse med hensyn til aktiviteter og aktører. Kommisjonen har derfor valgt ut seks industrielle initiativer, etter en åpen konsultasjonsprosess med innspill fra relevante aktører:

1. European Wind Initiative – fokus på store turbiner og store systemer relevante for både onshore og offshore
2. Solar European Initiative – fokus på storskalademonstrasjon av solceller - *photovoltaics*, PV, og på konsentrert solkraft.
3. Bio-Energy Initiative – fokus på annen generasjon biobrensel innenfor en helhetlig bioenergiestrategi.
4. European CO2 Capture, Transport and Storage Initiative – fokus på nullutslipp fra kraftverk med fossile brensel i industriell skala.
5. European Electricity Grid Initiative – fokus på utvikling av smarte elektrisitetssystem, inkludert lagring.
6. Sustainable Nuclear Fission Initiative – fokus på utvikling av IV-generasjon-teknologi.

Det er behov for et sterkere samarbeid på EU-nivå mellom de nasjonale forskningssentrene. Kommisjonen foreslår at det etableres en *European Energy Research Alliance*. Målet er å gå fra å samarbeide om prosjekter til å implementere felles programmer, i tråd med SET-planens prioriteringer.

Det overordnede målet er å utvikle et bærekraftig og integrert europeisk energisystem. Det forutsetter massive investeringer. For å komme dit vil det, ifølge kommisjonen, være nødvendig å ta i bruk både teknologirettede og markedsrettede virkemidler.

8.2 Hva skjer i USA?

I ly av Bush-administrasjonens energipolitikk har det vært en betydelig forskningsinnsats. Det amerikanske energidepartementet har tolv laboratorier og teknologisentre, med over 30 000 forskere og ingeniører.³⁴ Vi skal ikke gå i detalj her, men fokusere på ett nytt initiativ.

³⁴ Se <http://www.doe.gov/organization/labs-techcenters.htm> for linker til sentrene.



Flere har krevd et *Manhattan Project*³⁵ eller *Apollo Moon Mission* for ny energiteknologi, som respons på alle utfordringene knyttet til energi – forsyningssikkerhet, klima, priser etc. Begge disse berømte prosjektene var rettet mot én enkelt teknologi. Den skulle etableres i løpet av noen få år og for én enkelt kunde – den amerikanske regjeringen, som også hadde de dypeste lommene

Energiutfordringene krever, ifølge Bonvillian (2007)³⁶, en helt annen utviklingsmodell, hvor næringslivet må utvikle en kompleks blanding av energiteknologier over flere tiår. I løpet av de siste 50 årene har det vanskeligste trinnet i den teknologiske utviklingen vært å bygge bro over *valley of death*. De føderale myndighetene i USA har, ifølge Bonvillian, spilt en hovedrolle ved å støtte FoU på den ene siden av broen og ved å støtte utvikling av prototyper og etablere marked på den andre siden, spesielt gjennom sitt engasjement i forsvarsindustrien.

Defense Advanced Research Projects Agency, DARPA, har vært det mest effektive virkemiddelet. DARPA har hatt som rolle å overføre forskningsgjennombrudd til implementert teknologi. Den store utfordringen i vår tid er å oppnå gjennombrudd i energiteknologi og overføre dette til kommersiell teknologi. Bonvillian mener det bør etableres et *Advanced Research Projects Agency-Energy*, ARPA-E. ARPA-E kan ikke pålegge privat sektor teknologiske løsninger. Oppgaven vil være å utvide mulighetene og redusere barrierer og hindringer for ny teknologi. ARPA-E må samarbeide med privat sektor for å evaluere og utvikle energiteknologier. ARPA-E må, i likhet med DARPA, være lite, effektivt og fleksibelt, med en flat struktur og med de best kvalifiserte menneskene. Føderal FoU-støtte må økes betydelig, og satsingen må være langsiktig.

Bush har godkjent opprettelsen av ARPA-E og har foreslått å bevilge \$300 millioner i 2008.

9. KONKLUSJONER

Det er grunnlag for offentlige tiltak når det er forskjell mellom de samfunnsmessige og de private kostnadene – f.eks. når bedriftene ikke tar hensyn til miljøkostnadene. Disse forholdene er generelle når det gjelder innovasjon i sin alminnelighet. Spørsmålet er om det er enda sterkere barrierer mot innovasjon når det gjelder lavutslippsteknologier.

Grubb (2005) har tre hovedbudskap:

1. Vi kan takle klimaproblemet ved å utvikle en differensiert portefølje av tilgjengelige teknologier – ikke ved én *silver bullet*-løsning.
2. Offentlig FoU-støtte må styrkes. Overføringen av offentlig støttet teknologiutvikling til privat næringsliv er den store utfordringen.
3. Karbonprising er helt sentralt, men vil ikke alene sikre implementering. Det er i tillegg behov for direkte tiltak som kan fremme innovasjon innenfor energisektoren.

³⁵ Utviklingen av atombomben.

³⁶ Bonvillian, WB (2007) Establishing the Advanced Research Projects Agency-Energy (ARPA-E), testimony before the Subcommittee on Energy and Environment, House Committee on Science and Technology.



Myndighetene må spille en avgjørende rolle når det gjelder klimautfordringen og utviklingen av ny energiteknologi. Markedet klarer ikke å løse utfordringene på egenhånd. Økt pris på utslipp av klimagasser vil være det viktigste tiltaket, men det er vanskelig å se for seg at det er politisk mulig å fastsette globale priser som er høye nok. Myndighetene må derfor også ta i bruk andre virkemidler.

Det blir pekt på at utfordringen er så stor at alle ressurser må settes inn for å utvikle ny teknologi. Samtidig blir det understreket at myndighetene ikke bør plukke ut vinnere. Det fører sjelden til suksess, men stilt overfor tidspresset må myndighetene gjøre teknologivalg.

Mange land gjennomfører en kartlegging av egne ressurser og egen kompetanse knyttet til energiteknologi – i Norge bl.a. gjennom Energi21. Satsingsområdene velges ut på bakgrunn av dette arbeidet. Selv om tidspresset tvinger fram fokusering på kortsiktige gevinster, er det også viktig å fokusere på å utvikle helt nye teknologier.

Ut fra både erfaring og teori blir det hevdet at myndighetene ikke bør knytte sine reguleringer til bruk av konkrete løsninger, men til konkrete resultatmål.³⁷ Det bør være reduksjonen i utslipp som er målet, ikke bruken av én spesiell teknologi. Den pågående debatten om mål for bruk av biodrivstoff er et illustrerende eksempel.

Fornybar energi blir i mange sammenhenger sett på som det bærekraftige alternativet. Det er det mange gode grunner til. Fornybar energi er pr. definisjon uuttømmelig og fremstår som den miljøvennlige løsningen. Men det er også miljøproblemer knyttet til fornybar energi, bl.a. problemer som følge av lav energiintensitet, ekstensiv areal- og ressursbruk og forurensning knyttet til produksjon, transport og forbrenning av biomasse. Det bør derfor diskuteres om det bør settes konkrete krav til de energiteknologier som skal utvikles.

Fremtidens energi skal ifølge World Energy Council (2007)³⁸ være

- *Accessible* - affordable modern energy for all
- *Available* - reliable and secure delivery
- *Acceptable* - meeting social and environmental goals

Det er en viktig oppgave å gi disse kravene et konkret innhold. De vil kunne bli et nyttig verktøy når myndighetene skal velge hvilke teknologier de bør støtte. Med utgangspunkt i en kravspesifikasjon som setter standard for utslipp, arealbruk, forsyningssikkerhet, pris etc., kan ulike teknologier vurderes opp mot hverandre.

³⁷ Se f.eks. Helm (2006) Op.cit.

³⁸ WEC (2007) Op.cit.



ISBN-978-82-8196-021-3

ISSN 1890-2537