

Report 1996:1

**Verdien av klimatiltak**

av

**H. Asbjørn Aaheim**

Februar 1996

## **FORORD**

Denne rapporten gjennomgår internasjonale studier som er gjort av kostnader og nytte ved å gjennomføre klimatiltak. Rapporten er skrevet på oppdrag fra Statens Forurensingstilsyn. Takk til Per-Egil Pedersen, Audun Rosland og Thomas Martinsen ved SFT, som har deltatt aktivt med synspunkter og ideer til innholdet i rapporten.

## **INNHold**

Sammendrag .....	3
<b>1</b> Innledning .....	5
<b>2</b> Kostnader ved gitte mål om klimagassutslipp .....	6
<b>2.1</b> Makro-økonomiske modeller eller mikro-orienterte studier? .....	6
<b>2.2</b> Mikro-orienterte analyser av klimatiltak i OECD .....	8
<b>2.3</b> Mikro-orienterte analyser av klimatiltak utenfor OECD .....	11
<b>2.4</b> Makro-økonomiske kostnadsanalyser av utslippsmål .....	13
<b>3</b> Klimakostnader og nytte av tiltak .....	17
<b>3.1</b> Skadevirkninger og kostnader ved klimaendringer .....	17
<b>3.2</b> Tradisjonelle nytt-kostnadsanalyser .....	21
<b>3.3</b> Integrerte makro-økonomiske modeller .....	23
<b>4</b> Prioriterte temaer for videre økonomiske analyser .....	27
<b>4.1</b> Aktuelle problemstillinger for oppfølging .....	27
<b>4.2</b> Diskontering .....	29
<b>4.3</b> Usikkerhet .....	31
<b>4.4</b> Oppsummering .....	32
Referanser .....	34

## SAMMENDRAG

Studier av verdien av å gjennomføre klimatilak kan en grovt sett dele inn i to. En kategori analyserer kostnaden ved å nå bestemte målsettinger om utslipp av klimagasser, vanligvis avgrenset til CO<sub>2</sub>-utslipp. Disse refereres ofte til som studier av kostnadseffektivitet. Den andre kategorien søker å komme fram til tiltak som gir netto nytte, eller effisiens. I studier av kostnadseffektivitet kan en konsentrere seg om å fastslå kostnaden ved utslipps-begrensninger, mens nytten er gitt indirekte gjennom de utslippsmålene en setter seg. Ved studier av effisiens må en også anslå kostnaden ved klimaendringer, eller gevinsten ved å gjennomføre tiltak. Disse studiene er derfor mer krevende, inneholder betydelig større usikkerhet, og er langt mer kontroversielle enn studier av kostnadseffektivitet.

Det benyttes ulike metoder ved begge typer studier. I mikro-orienterte analyser (“bottom-up”) vektlegges beskrivelse av fysiske endringer, som for eksempel egenskaper ved spesifikke teknologier og fysisk skade ved klimaendringer. Deretter verdsettes endringene i hovedsak med basis i observerte markedspriser. Makro-økonomiske analyser (“top-down”) vektlegger på den annen side beskrivelse av tilbuds- og etterspørsels-relasjoner. Her studeres endringer i markedene ved gjennomføring av klimatiltak, men denne metoden er mindre egnet til analyser av spesifikke teknologier.

Det er vanskelig å foreta sammenlikninger av resultatene fra studiene av kostnadseffektivitet ved de ulike metodene fordi referansepunktene ofte er forskjellige: Mens mikroorienterte studier ofte oppgir kostnader i f.eks. US\$ ved å redusere utslipp i forhold til et basisår, oppgis kostnadene ved makroøkonomiske analyser i form av prosentvis reduksjon i BNP i et utslipps-reduksjons-scenario i forhold til et referansescenario. Likevel synes de mikro-orienterte studiene å gi noe mer optimistiske anslag enn de makro-orienterte analysene. Dette kan ofte forklares ved valg av forutsetninger, særlig når det gjelder mulighetene for introduksjon og realisering av energi-effektiv teknologi i fremtiden.

Mikro-orienterte analyser beregner vanligvis et betydelig “angrefritt” potensiale for utslipps-reduksjoner, dvs. tiltak som det vil være lønnsomt å gjennomføre selv uten hensyn til klimavirkningen. Dette potensialet er beregnet til å variere fra 0 til 50 prosent av nåværende energiforbruk i ulike land. Potensialet avhenger i første rekke av hvor moderne landets kapitalutstyr er, og av sammensetningen av energiforbruket. Mange industrialiserte land med høyt kullforbruk har muligheter for å begrense utslippene i fremtiden til lave kostnader. Sammenlikninger mellom ulike studier for samme land viser imidlertid også store forskjeller.

Makro-økonomiske modell-beregninger er gjort for enkeltland, for regioner og for hele verden. De fleste studiene omfatter OECD-landene. Også resultatene fra disse studiene varierer betydelig. Innen mange økonomier er det imidlertid betydelige markedsvriddinger, ofte på grunn av energi-subsidier. Fjerning av slike subsidier vil medføre økonomisk lønnsomme reduksjoner i utslipp. For en gitt reduksjon i utslipp vil derfor kostnaden mellom land variere med pris-subsidiene, særlig på kull. For OECD-landene anslås reduksjonen i BNP til mellom 0.5 og 1.5 prosent rundt år 2010 for å redusere utslippene av CO<sub>2</sub> med 10 prosent i forhold til en referansebane. Andre beregninger viser at reduksjoner i CO<sub>2</sub>-utslipp på 30 - 110 års sikt reduserer verdens BNP med mellom 0.3 og 0.7 prosent pr. år pr. 10 prosent reduksjon i utslippene, men marginal-kostnaden er beregnet til å være stigende. Beregningene viser store variasjoner mellom regioner. Utslipps-reduksjoner vil bli særlig kostbare for Kina, fordi en der forventer høy økonomisk vekst, som i stor grad baserer seg på forbruk av kull. Kostnadene er

også sterkt avhengige av hvordan tiltakene gjennomføres, for eksempel om en tillater handel med utslippskvoter, og hvordan inntektene fra en avgift resirkuleres i økonomien. Med unntak av OECD-landene vet en ikke mye om hvordan kostnadene ved klimatiltak varierer mellom land.

Anslag over nytten av klimatiltak bestemmes av hvor store temperaturendringer en antar et gitt utslipp gir, hvilke virkninger temperaturendringer har, og hvordan disse virkningene slår ut i ulike land. Dette er forutsetninger økonomer må hente fra andre fagfelt, og er beheftet med stor usikkerhet. Anslag på verdien av disse endringene innebærer ytterligere usikkerhet, først og fremst fordi mange av virkningene av nåtidige utslipp ikke kommer før i forholdsvis fjern fremtid, som en har få holdepunkter for å anslå verdier i. Med bakgrunn i antakelse om at en doubling av CO<sub>2</sub>-konsentrasjonene i atmosfæren sammenliknet med før-industriell tid anslås klima-kostnaden ved en økning i global middeltemperatur på mellom 2.5 og 3° C til mellom 1 og 1.5 prosent av BNP. Bak disse aggregerte tallene skjuler det seg større forskjeller mellom enkelt-virkninger. Særlig kontroversielt er anslag over "verdien av dødelighet". Anslag for USA varierer i nåverdi mellom 5 og 37.4 1000 mrd. US\$ i ulike studier. Denne variasjonen skyldes i hovedsak ulike verdier på enkelt-liv.

En stabilisering av konsentrasjonene krever umiddelbar reduksjon i utslipp på 60 prosent. Dette gir en beregnet gevinst som knapt overstiger kostnadene ved å redusere utslippene med 10 prosent over neste 10-års periode. De fleste økonomiske analyser konkluderer derfor med at bare svært moderate klimatiltak svarer seg økonomisk. Konklusjonen avhenger imidlertid av at en krever at investeringer, økonomiske så vel som i klimatiltak, skal gi en økonomisk avkastning svarende til nåværende normal avkastning på real-kapital, av de fleste satt til 5 prosent pr. år. Med mer moderate krav til avkastningen av investeringer i klimatiltak viser en del studier at forholdsvis kraftige klimatiltak kan være lønnsomme. Spørsmålet om hvordan en skal diskontere nytten av klimatiltak er altså helt sentralt, men uavklart når en snakker om så lange tidsperspektiv som det er snakk om her.

Behovet for fremtidig økonomisk forskning om klima-endringer knytter seg derfor i stor grad til metodeutvikling, blant annet ved å anvende nyere teori. Diskonteringsproblematikken handler også om fordeling mellom generasjoner. Dessuten er det gjort få studier av hvordan hensynet til den store usikkerheten kan virke inn på beslutninger om klimapolitikk. Vurdering av usikkerhet er blant annet avgjørende for når en skal handle - vente å se, eller være "føre var". Anvendelse av nyere resultater fra spillteori vil også kunne bedre forståelsen av hvordan klimatiltak bør koordineres mellom land. Dessuten bør det utvikles metoder for å analysere klimapolitikk i sammenheng med politikk som retter seg mot andre miljøproblemer.

Økonomiske studier av klimaspørsmål er av forholdsvis ny dato og bygger derfor i hovedsak på å utnyttelse av et tradisjonelt metode-verktøy. Styrken ved å bruke et tradisjonelt apparat er at klima-spørsmålet bringes inn i en velkjent referanseramme med en godt utprøvd teori i bunn. Det er fortsatt mange spørsmål som bør belyses med dette verktøyet. Dette gjelder kanskje i første rekke problemer knyttet til virkninger i energi-markedene av en global klima-politikk, og til virkninger på handelsstrømmer mellom land av globale målsettinger om klimagassutslipp.

## 1. INNLEDNING

Et gammelt munnhell sier at “alle snakker om været, men ingen gjør noe med det”. Slik er det ikke lengre. På mindre enn 10 år har menneskeskapte klima-endringer utviklet seg til et prioritert tema i såvel nasjonal politikk-utforming som i internasjonale politiske prosesser. Den politiske erkjennelsen av klima-problemet har stilt mange nye utfordringer til beslutningsprosessen. For det første stilles det store krav til kommunikasjon mellom utviklingen av vitenskapelig kunnskap og de politiske beslutningene. For det andre er det fortsatt stor usikkerhet om hvilke virkninger utslipp av klimagasser har. For det tredje er det nødvendig å koordinere tiltak mot klima-ndringer mellom land for at de skal være til noen hjelp. Det er imidlertid vanskelig å bli enige om hva en skal gjøre, delvis på grunn av usikkerheten, men også fordi det er ulike oppfatninger mellom land om hvor viktig det er å gjøre noe.

Ved valg mellom alternative tiltak for å motvirke klimaendringer er det viktig å sørge for at en velder de tiltakene som gir mest mulig effekt for minst mulig innsats. Forskning omkring problemstillinger som knytter seg til denne oppgaven er behandlet i den nylig utgitte rapporten fra Arbeidsgruppe III i FN's Klimapanel (IPCC). Tematisk har forskningen i første rekke dreid seg om hva kostnadene ved tiltak for å begrense utslippene av klimagasser vil bli, og hvordan en skal koordinere klima-tiltak mellom land. I de senere årene har det også vært en markert økning i studier omkring nytten av klima-tiltak.

Denne oversikten går gjennom analyser som kan gi grunnlag for å vurdere verdien av å iverksette klimatiltak. Det er naturlig å dele en slik oversikt i to. I den ene typen studier analyseres kostnadene ved å oppnå gitte politiske målsettinger, vanligvis om utslipp av klimagasser. Kostnadene defineres som virkningen av å innføre tiltak som begrenser utslippene i forhold til et referansealternativ der en ikke har noen bestemte målsettinger om utslipp. Dersom disse kostnadene svarer til det beslutningstakerne er villige til å betale for å redusere utslippene, representerer altså et anslag på den indirekte verdien av målsettingen. Økonomiske energimodeller er velegnet for denne type analyser, og mesteparten av det analytiske verktøyet som er brukt ble opprinnelig utviklet med tanke på energianalyser. IPCCs rapport gir en bred oversikt over slike studier. Oversikten i kapittel 2 er derfor ment å summere opp hva en kan sies å være enige om når det gjelder kostnadene ved å begrense utslipp av klimagasser og hva eventuelle uenigheter består i.

I den andre typen analyser spørres det om hvor sterke tiltak det vil være lønnsomt å gjennomføre. Dette krever at en gjør anslag for hvor store skader klimaendringer vil kunne føre med seg, og at en verdsetter disse skadene. Slike anslag er naturlig nok usikre og dessuten meget kontroversielle. Det har vært en del aktivitet på området i de senere år, men slike analyser er fortsatt på “prøvestadiet”, og er derfor ikke viet like mye plass i IPCCs rapport som studiene av tiltakskostnader. Likevel har det etablert seg en viss “standard-litteratur” om nytten av tiltak som vi skal gå nærmere gjennom i kapittel 3.

Klimaspørsmålet har stilt økonomer overfor nye utfordringer. De grunnleggende forutsetningene som tradisjonelle økonomiske analyser bygger på er imidlertid endret i liten grad når en sammenlikner med analyseapparatet som benyttes til klima-analyser. Dette er litt overraskende fordi en del problemstillinger som en vanligvis kan gi en røff behandling i tradisjonelle økonomiske analyser er særlig viktige i klimasammenheng. Dette gjelder blant annet det lange tidsperspektivet for klima-ndringer, den store usikkerheten, og ikke minst

spørsmål om global fordeling av kostnader og gevinster. I kapittel 4 skal vi gå gjennom noen spørsmål som synes særlig kritiske, blant annet med tanke på å peke ut områder for framtidig innsats.

## 2 KOSTNADER VED GITTE MÅL OM KLIMAGASS-UTSLIPP

I kjølvannet av vedtaket om Klimakonvensjonen i 1992 signaliserte mange industrialiserte land målsettinger om å stabilisere, og i noen tilfelle redusere utslippene av CO<sub>2</sub>, hovedårsaken til klimaendringer. Bakgrunnen for disse signalene var intensjonen i Klimakonvensjonen om å arbeide for stabilisering av utslippene i industrialiserte land på 1990-nivå. Kostnadene ved å stabilisere CO<sub>2</sub>-utslipp har vært gjenstand for mange analyser, først og fremst for enkelt-land. Målet med disse analysene er å vise hvilke kostnadmessige implikasjoner politiske vedtak om utslippbegrensninger har. Dermed gir de bakgrunn for å vurdere om politikken er verd å gjennomføre eller ikke. I Norge er det en forholdsvis lang tradisjon for slike studier. Glomsrød og Vigerust (1985) studerte sammenhengen mellom økonomisk vekst og utslipp, mens SIMEN-prosjektet (Bye *et al.*, 1989) rettet seg direkte mot økonomiske konsekvenser av utslippsmålsettinger. I denne gjennomgangen skal vi i hovedsak konsentrere oss om regionale og globale studier.

Etterhvert som antallet studier har økt, virker det som om det er oppstått en viss konsensus om hva kostnaden ved å begrense utslippene av klimagasser er. Sett på bakgrunn av mulige årsaker til at anslag over kostnadene ved stabilisering kan variere, kan dette kanskje virke rart. Analysene vil variere avhengig av hvilken modell man velger, hva man tror om framtidige utslipp dersom det ikke settes i verk tiltak, og ikke minst hva en antar om variable som ikke bestemmes innenfor modell-konseptet (eksogene variable). Enigheten skyldes nok langt på vei at det har etablert seg en viss standard for hvilke forutsetninger en skal velge, og er neppe resultat av uavhengige forsøk. Matsuoka *et al.* (1994) viser at mens framskrivninger av CO<sub>2</sub>-utslipp fra før 1985 sprikte fra under 5 til noe over 100 mrd. tonn karbon i 2050, er intervallet i framskrivninger gjort etter 1990 skrumpet til mellom 8 og noe over 32 mrd tonn karbon.

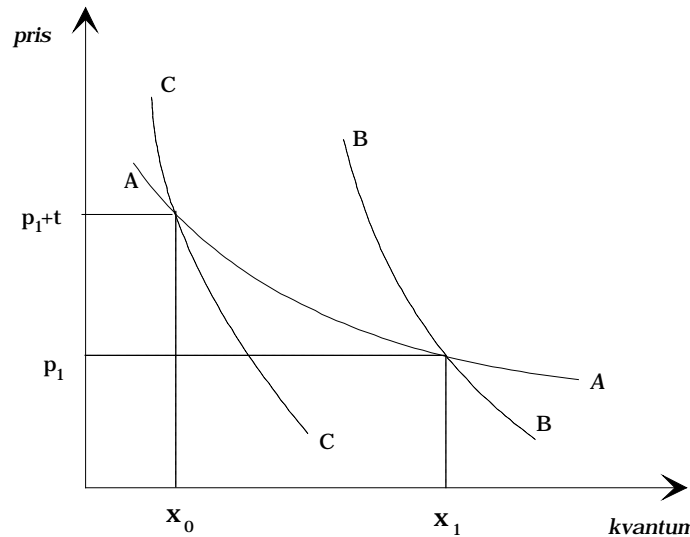
### 2.1 Makro-økonomiske modeller eller mikro-orienterte studier?

Det som tilsynelatende har størst innvirkning på kostnads-estimatet er valg av metode. Her står tilhengere av å bruke makroøkonomiske modeller på den ene siden og tilhengere av mikroorienterte analyser på den andre<sup>1</sup>. Dette er ikke først og fremst en strid mellom økonomer, men mer mellom økonomer og teknologer. Økonomene vektlegger beskrivelse av markedsaktørens tilpasning og tiltak for å endre denne i riktig retning, mens teknologer vektlegger mulighetene for å introdusere nye utslipp-begrensende teknologier, og vurderer lønnsomheten av en slik introduksjon.

*Figur 1. Etterspørsel etter CO<sub>2</sub> ved makro- og mikro-tilnærming*

---

<sup>1</sup> I engelskspråklig litteratur bruker en gjerne betegnelsen “top-down analysis” på de vi her kaller makroøkonomiske modellstudier, og “bottom-up analysis” på mikroorienterte analyser.



Forholdet mellom disse to metodiske innfallsvinklene kan illustreres ved å tenke seg en etterspørselsfunksjon etter fossile brenseler. CO<sub>2</sub>-utslipp er proporsjonalt med bruken av fossile brenseler dersom sammensetningen av karbonholdig energi er konstant. Da gir energi- etterspørselen også uttrykk for “etterspørsel etter CO<sub>2</sub>-utslipp” som indikert i Figur 1. La kurven A-A representere markedets etterspørselsfunksjon, for eksempel estimert med bakgrunn i observasjoner, og la punktet  $(x_1, p_1)$  være markedspunktet før tiltak settes iverk. Den typiske makroøkonomiske analysen av klimatiltak vil være å introdusere en avgift,  $t$ , som er tilstrekkelig for å nå utslipps-målsettingen  $x_0$ , og så beregne kostnaden i form av endring i netto nasjonalprodukt som følge av at prisen er steget fra  $p_1$  til  $p_1+t$ .

Det er vanlig å basere seg på observerte data når en skal velge parametre til etterspørselsfunksjonene i makroøkonomiske modeller. Teknologien bestemmer helningen på kurven A-A. Hvor stor avgift en trenger for å nå målet  $x_0$ , alternativt hvor store reduksjoner en kan få til ved å introdusere avgiften  $t$ , er altså teknologibestemt. Det er imidlertid uklart *hvilken* teknologi som ligger til grunn for parameter-verdiene. En kan for eksempel ikke si noe om virkningen av å introdusere solcelle-paneler uten at en gjør spesielle sektor-analyser av akkurat det. På den annen side vil parametrene reflektere en viss teknologisk utvikling gjennom den perioden de er estimert for. Det er altså ikke snakk om stasjonær teknologi heller.

Det er denne uklare tilknytningen til teknologi som teknologene naturlig nok er skeptiske til. Deres alternativ er å forestå en eksplisitt spesifikasjon av mulige teknologier, og så vurdere lønnsomheten ved hjelp av tradisjonell kost-nytte-analyse. La kurven B-B i Figur 1 representere teknologi som er i bruk på et bestemt tidspunkt. Denne vil være brattere enn A-A, blant annet fordi den observerte makro-etterspørselen inkluderer teknologiske endringer som kan forklares med endringer i prisene, for eksempel overgang til mindre bensinforbrukende biler når oljeprisene stiger. En prisendring vil derfor ikke slå så sterkt ut i utslippene for den spesifikke teknologien som B-B representerer. Spesifikasjon av nye, utslipps-besparende, teknologier medfører imidlertid at denne etterspørselskurven flyttes “innover” i diagrammet, f.eks. til C-C. For at denne metoden skal være sammenliknbar med den makroøkonomiske modellen, må en i prinsippet gå gjennom alle mulige teknologialternativ, og vurdere



lønnsomheten av dem. I praksis vil en imidlertid nøye seg med et utvalg teknologier for å vise om de er gjennomførbare, og hvilke reduksjoner de vil medføre.

Økonomenes kritikk av et slikt mikro-orientert utgangspunkt er i første rekke at lønnsomhetsvurderingene baserer seg på faste priser. La oss si at en faktisk gjorde en omfattende gjennomgang av teknologier med sikte på å finne ut hva som er lønnsomt dersom energiprisen skulle øke til  $p_{I+t}$ , som altså ville svare til “inntekten” av en spart enhet utslipp. Følgelig kunne en gjøre nytte-kostnadsanalyser av alle teknologier. Men hvis prisen økte vil det skje mye annet også. Folk ville endre adferd ved å redusere sitt forbruk av fossile brensler, blant annet ved å finne substitutter. Hvis utslipps-målsettingen var streng ville det få konsekvenser for hva oljeprodusentene fant det lønnsomt å gjøre osv. Forholdet mellom pris og kvantum ville altså ikke lengre se ut som det gjorde før avgiften ble innført. Bare i ett tilfelle vil resultatene fra en mikroanalyse være sammenfallende med makroanalysen. Det er i det tilfelle hvor de teknologiene en analyserer akkurat samsvarer med de som ligger implisitt i makro-etterspørselsfunksjonen, og at en vet nøyaktig hvordan etterspørselsfunksjonene ser ut, dvs. at C-C går gjennom punktet  $(x_0, p_{I+t})$ .

Diskusjonen om hvilken metode som er “best” har avtatt noe i de senere år, delvis fordi begge parter har innsett svakheter ved de metodene de selv bruker, og delvis fordi modellene videreutvikles blant annet med tanke på å imøtegå kritikken. Makroøkonomiske modeller er blitt mer disaggregerte. Dette gir muligheter for bedre spesifisering av teknologier. I modellene som brukes til klima-analyser vektlegges først og fremst spesifisering av energisektoren. Etterhvert har også teknologimodellene inkludert priselastisiteter, noe som gjør dem bedre i stand til å fange opp endringer i markedene. Følgelig er det i økende grad mulig å betrakte de to alternativene som metoder som utfyller hverandre, snarere enn å konkurrere. Ved noen problemstillinger kan det imidlertid være mer naturlig å benytte en metode framfor en annen. For å studere virkninger på verdenshandelen av globale målsettinger om klima må en bruke makro-økonomisk verktøy. Ved studier av etterpørselsvirkninger av å introdusere bestemte teknologier vil ofte mikro-orienterte studier egne seg best.

## 2.2 Mikro-orienterte analyser av klimatiltak i OECD

Mikroorienterte studier gjennomføres ved først å foreta en kartlegging av mulige tiltak for å redusere utslipp av klimagasser. Disse kan inkludere innføring av kjent, men lite brukt teknologi, bytte av mer energi-effektiv teknologi i virksomheter med gammelt og ineffektivt utstyr og kampanjer for å endre holdninger, for eksempel til energibruk. I praksis vil man konsentrere seg om virksomhet med et forholdsvis stort antatt potensiale, i første rekke energisektoren, transportsektoren og energikrevende industrivirksomheter. Også husholdningenes energiforbruk har vært gjenstand for mange studier.

Vurderinger av potensialet for utslippsreduksjoner bygger i hovedsak på enkle kost-nytte-analyser. Det er typisk for mikro-orienterte analyser at de kan vise til “angrefrie” tiltak, ofte i et betydelig omfang. Et tiltak kalles angrefritt når det både medfører reduserte utslipp og er forventet å være økonomisk lønnsomt. Tabell 1 viser intervall for angrefrie tiltak fra flere

*Tabell 1. Intervall og median for angrefrie utslippsreduksjoner for CO<sub>2</sub>. Prosent i forhold til basis.*

<b>Region</b>		<b>2000</b>	<b>2005/2010</b>	<b>2015/2020<sup>2</sup></b>	<b>2025/2030</b>
Nord-Amerika	Intervall	0 - 21	0 - 26	23 - 58	>61 - 82
	Median	11	>13	>41	>72
Andre land i OECD	Intervall	..	10 - 35	26 - 58	45 - 60
	Median	..	>17	>42	>53

mikro-orienterte analyser gjort for Nord-Amerika og for andre OECD-land.<sup>2</sup> Tallene er hentet fra IPCC (1995). “Større enn..”-tegn indikerer at spare-potensialet er minst så stort som vist.

Til tross for variasjonen mellom anslått potensiale i de forskjellige studiene, er hoved-tendensen at det er mulig å få til forholdsvis betydlige reduksjoner i CO<sub>2</sub>-utslippene uten at det koster noe. Den kraftige økningen av potensialet når en vurderer tiltak på lengre og lengre sikt henger delvis sammen med at en vanligvis antar at nye og bedre teknologier blir tatt i bruk i “spare-scenariet” og at en gir bedrifter og husholdninger tid til å foreta nye investeringer. For eksempel vil det ikke være nok at gass er billigere enn kull til et formål for at aktørene skal gå over fra å bruke kull til å bruke gass. En slik omstilling krever nye, store investeringer. Investeringsbeslutningen vil blant annet avhenge av hvor utslitt det utstyret en har fra før er. Omstillingen vil derfor kunne ta lang tid.

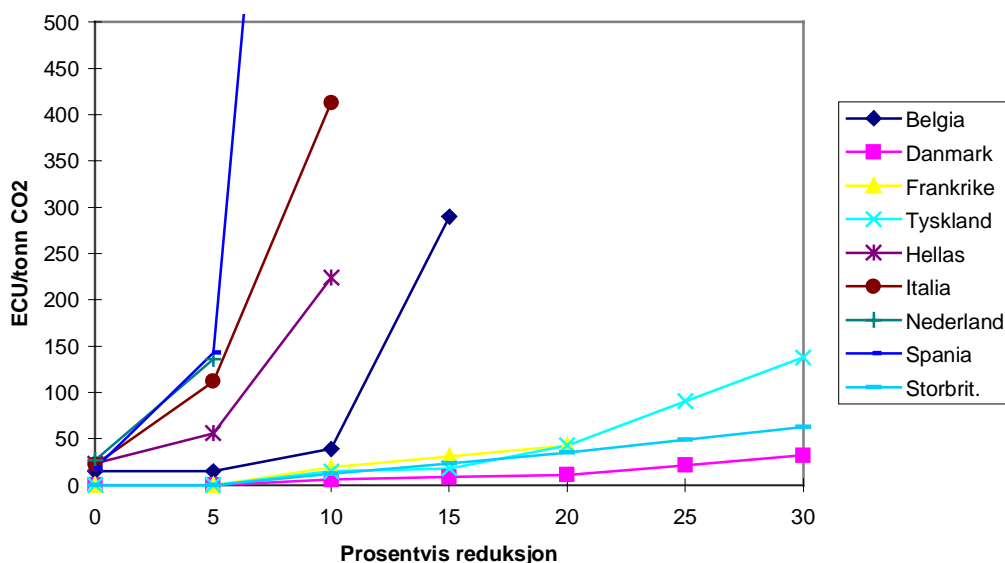
Det er svært mange årsaker til at resultater fra ulike studier varierer. Realisering av reduksjons-potensialet beregnet i mikroorienterte studier forutsetter en klar endring i folks bevissthet om eget energi-forbruk, og de utslippene det medfører. Resultatene vil derfor avhenger hva man mener det er realistisk å tro kan innføres av ny teknologi. Særlig de amerikanske studiene viser store forskjeller både i hva en antar en gitt teknologi vil føre til av reduksjoner, og hvilke virkemidler som skal til for å få dem gjennomført.

Det er vanskelig å sammenlikne resultater fra ulike land, blant annet fordi helt forskjellige tiltak vil være aktuelle i landene. Valgmulighetene avhenger ikke minst av energitilbudet i det enkelte land og av industristrukturen. Ved en del mikro-orienterte studier har en likevel hatt sammenlikninger mellom land for øyet. Figur 2 viser “kostnadsfunksjoner” for reduksjon av CO<sub>2</sub>-utslipp i en del EU-land, beregnet i COHERENCE (1991). Reduksjonene er regnet i prosent av 1988-utslipp og gjelder for 2010.

Det synes som om de aktuelle EU-landene kan deles inn i 2 grupper. På den ene siden en gruppe land som ikke vil kunne redusere sine utslipp vesentlig over 5 - 10 prosent uten betydelige kostnader, og på den andre en gruppe land som vil kunne redusere utslippene med over 30 prosent uten at kostnadene blir urovekkende høye. Det mest overraskende ved disse anslagene er kanskje hvilke land som er i hvilken gruppe: Høykostlandene omfatter Belgia, Hellas, Italia, Nederland og Spania, mens Danmark, Fankrike, Tyskland og Storbritannia utgjør lavkost-landene. Forfatterne av studien mener årsaken til disse forskjellene i hovedsak er forutsetningene om framtidig økonomisk vekst. De sørlige EU-landene antas å få en høyere

<sup>2</sup> For Nord-Amerika er dette Alliance to Save Energy *et al.* (1991) Carlsmith *et al.* (1990), Chandler and Nichols (1990), Chandler and Kolar (1990), Lovins and Lovins (1991), Mills *et al.* (1991), National Academy of Sciences (1991), Office of Technology Assessment (1991), Rubin *et al.* (1992), Stockholm Environmental Institute/Greenpeace (1993). For andre OECD-land gjelder det International Project for Sustainable Energy Paths (1993), Mills *et al.* (1991) COHERENCE (1991) og UNEP (1993).

Figur 2. Kostnader ved reduksjon av CO<sub>2</sub>-utslipp iflg. COHERENCE. Prosentvis utslipps-reduksjon i 2010 i forhold til utslippene i 1988.



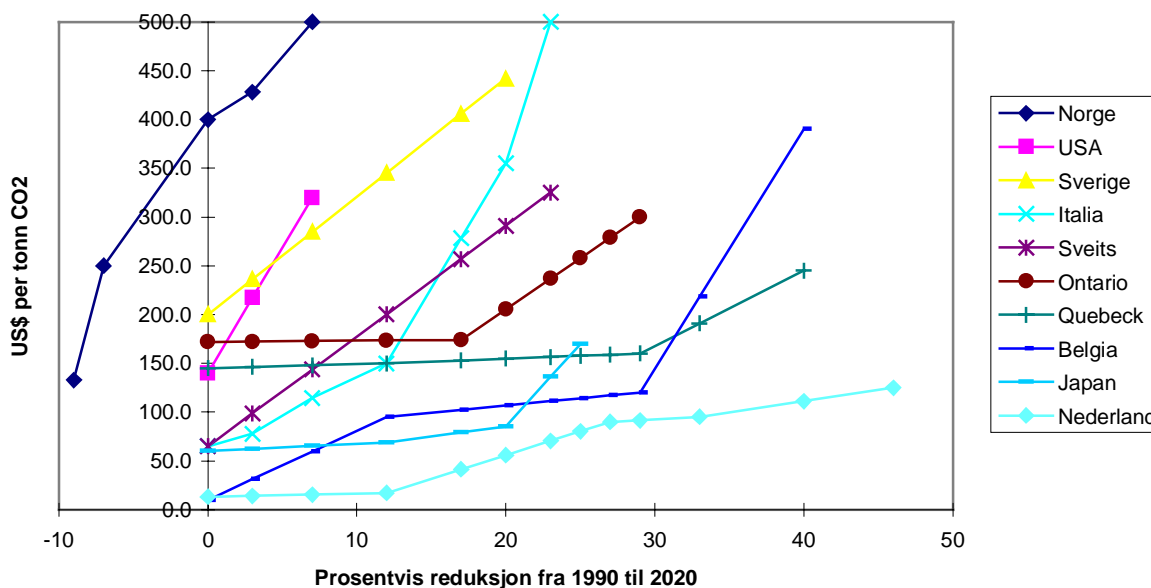
vekst fram mot 2010 i referansebanen enn landene i nord. Siden kostnadene regnes ut fra utslippene i et basisår, blir det vesentlig dyrere å få til reduksjoner når forventet vekst er høy enn når den er lav, rett og slett fordi det er større kvanta som skal fjernes. Et annet kritisk punkt er at kvaliteten på de teknologiske dataene varierer sterkt fra land til land.

ETSAP-studien (Kram (1993)) gir et helt annet inntrykk av hvordan klima-kostnadene varierer mellom land. I ETSAP-studien har en forutsatt samme økonomiske utvikling i landene, og en har forutsatt en harmonisering av energi-markedene innenfor EU. Kostnadsfunksjonen for et utvalg land i studien er gitt i Figur 3.

Resultatene ser ut til å passe bedre med intuisjonen. Høykostlandene Sveits, Sverige og Norge er land som i utgangspunktet har lave CO<sub>2</sub>-utslipp per capita. At Japan skal ha forholdsvis lave kostnader er imidlertid overraskende, og stemmer dårlig med inntrykk fra andre studier, se for eksempel Schipper and Meyers (1992). I motsetning til COHERENCE (1991) viser ETSAP-studien at Nederland er det landet som antas å ha de laveste kostnadene ved å redusere utslippene. Dette skyldes landets muligheter for å redusere CO<sub>2</sub>-utslipp og en antatt rimelig måte å lagre CO<sub>2</sub> på ved injisering av tomme gass-felt.

Både i COHERENCE og i ETSAP sammenliknes framtidige utslipp med utslippene i et basisår. Dersom en i et referansealternativ antar en normal forventet vekst, er hovedinntrykket av de mikroorienterte OECD-studiene er at det er et betydelig potensiale for gjennomføring av angrefrie-tiltak. Det er imidlertid store sprik når det gjelder størrelsen på dette potensialet, og hva kostnaden ved å redusere utslippene utover det angrefrie er. En del av dette spriket har det ikke vært mulig å forklare, mens en del skyldes forskjellige forutsetninger. Ulike antakelser om framtidig økonomisk utvikling, og hvordan markedet tilpasser seg nye situasjoner gir store utslag. Et særlig kritisk punkt er hva en tror reaksjonen i energimarkedet blir dersom energiforbruket reduseres drastisk. Utslagene av disse faktorene tyder på at det er viktig å ta hensyn til markedsadferden. For eksempel er det ofte vanskelig å forklare hvorfor angrefrie

Figur 3. Kostnader ved reduksjon av CO<sub>2</sub>-utslipp iflg. ETSAP. Prosentvis utslipps-reduksjon i 2010 i forhold til utslippene i 1990.



tiltak ikke iverksettes. Studiene er da heller ikke ment først og fremst å skulle gi prognoser for fremtidige klimagass-utslipp. Deres viktigste formål er å motivere for nasjonal energi/utslipps-planlegging, blant annet gjennom bevisstgjøring av de mulighetene relativt kjent teknologi kan representere.

### 2.3 Mikroorienterte analyser av klimatiltak utenfor OECD

Mange av landene utenfor OECD kjennetegnes ved svakt utviklede markeder. Fordi makro-økonomiske modeller bygger på teori om markedsadferd fremstår derfor ikke beregninger med slike modeller alltid som velegnet for analyser av klimatiltak. Eksistens av angrefrie tiltak vil for eksempel ofte kunne forklares ved at markedet ikke fungerer godt. På den måten vil en for utviklings-landene kunne ha særlig nytte av å sammenstille mikro-orienterte analyser og makro-økonomiske modell-analyser.

Delvis som en følge av at markedet fungerer helt forskjellig er et annet skille mellom mikroorienterte analyser i OECD og i andre land variasjonen i aktuelle tiltak. Mens tiltak i industrialiserte land ofte dreier seg om forholdsvis ny og ukjent teknologi, omfatter tiltakene i utviklingsland i større grad modernisering, dvs. innføring av velkjent teknologi. Årsaken til dette er blant annet at av de viktige barrierene mot endringer i utviklingsland knytter seg til mulighetene for å finansiere innovasjoner, og i utdanningsnivået, som har betydning for vedlikehold av kapitalutstyret. Landstudiene viser derfor betydelige virkninger av reparasjoner som kan utføres uten kostnader.

I UNEP (1993) gjennomgås mulige klimatiltak for Brasil, Egypt, India, Senegal, Thailand, Venezuela og Zimbabwe. Figur 4 viser kostnadsfunksjoner for disse landene. Tallene er hentet fra Shukla (1995). Hvert punkt på kostnadskurven representerer langtids grensekostnad for tiltak. Mellom 4 og 9 tiltak er vurdert for hvert land, og omfatter i første rekke økning av

*Figur 4. Beregnet gjennomsnittlig langtids marginalkostnad ved prosentvise reduksjoner i CO<sub>2</sub>-utslipp for utvalgte land iflg. UNEP-studie. US\$ per tonn CO<sub>2</sub>.*

energieffektiviteten og subsitusjon mellom energibærere. I India, Senegal og Zimbabwe er også skogforvaltning tatt med.

Antatte angrefrie tiltak varierer betydelig fra land til land. Mens analysen indikerer at Egypt kan halvere sine utslipp uten kostnader, har en ikke kommet over noen angrefrie tiltak i Venezuela. Kostnadsanslaget for utslippsreduksjoner varierer betydelig mellom land. Dette skyldes blant annet at en har vurdert forskjellige tiltak i ulike land. Potensialet for de ulike tiltakene varierer også sterkt. Noen mindre tiltak synes å kunne bli gjennomført med store gevinster. I Senegal kan en med stor lønnsomhet utnytte et vannkraftpotensiale, men dette potensialet er svært lite. I Zimbabwe regner en med at 23 prosent av utslippene kan reduseres ved å introdusere mer effektive kokemuligheter. Dette vil også være lønnsomt. I Egypt har en vurdert et tilsvarende tiltak, men de regner med en utslipps-reduksjon på bare 5 prosent som følge av dette, og de antar dessuten at det vil koste noe å få det gjennomført. Derimot regner man i Egypt med at en kan få til kostnadsfri overgang til mindre forurensende energi.

Likevel må man være svært forsiktig med å foreta sammenlikninger mellom landene. De aktuelle tiltakene er ikke først og fremst valgt ut med tanke på sammenlikning. I Thailand utgjør for eksempel introduksjon av kompakte lysrør en vesentlig del av de tiltakene som kan gjennomføres med økonomisk gevinst. Slike tiltak er ikke vurdert for andre land, eller de er bare vurdert som ett av flere aktuelle energisparingstiltak.

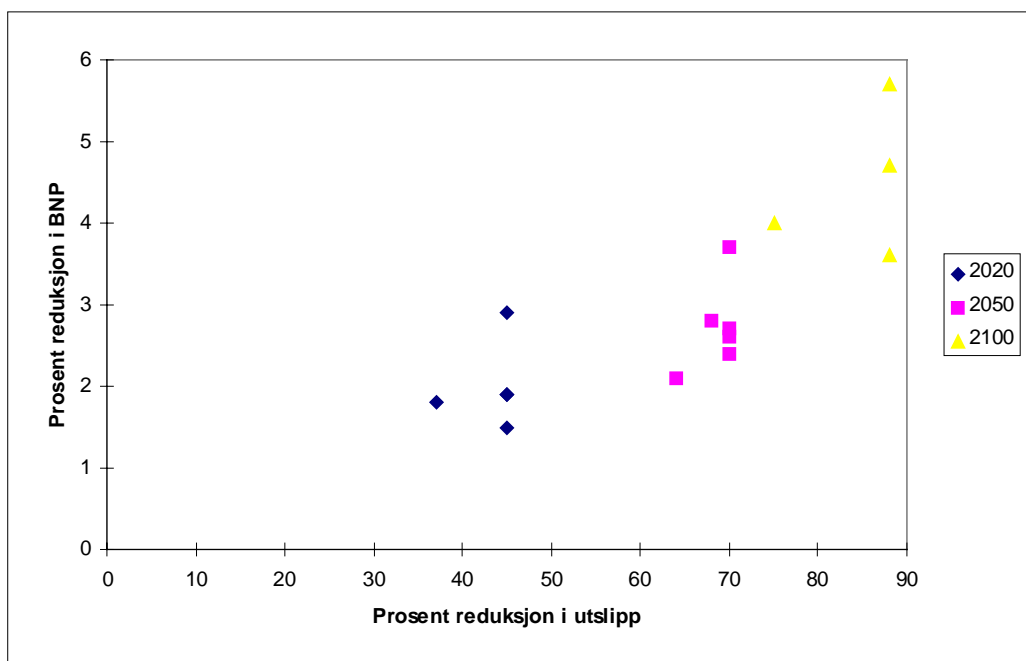
Sammenlikninger vanskeliggjøres også av at det er brukt vidt forskjellige metoder for hver land-studie. Igjen blir hovedformålet med beregningene å foreta en undersøkelse av hva et utvalg tiltak kan komme til å koste, dersom de settes iverk. Det er forholdsvis langt derfra til å uttale som om hva det vil koste nasjonen å redusere utslippene med et visst kvantum. Shukla (1995) hevder at resultatene er alt for sensitive for valg av metode innen hvert land til at man kan benytte resultatene for eksempel som grunnlag for finansiering av prosjekter gjennom Global Environmental Facility (GEF).

Et annet problem som disse studiene i liten grad drøfter er hvordan man eventuelt skal få gjennomført angrefrie tiltak. Det beregnede bidraget til utslippsreduksjoner fra mer effektive kokemuligheter i Zimbabwe forutsetter for eksempel at befolkningen har penger å investere for i husholdningene. Siden en stor del av befolkningen lever "utenfor" økonomien, er ofte dette ikke tilfelle. For å få realisert potensialet må det inntektsoverføringer til. Det er verd å merke seg at heller ikke markedsanalyser vil gi svar på hva en skal gjøre i slike tilfeller.

## **2.4 Makro-økonomiske kostnads-analyser av utslippsmål**

Det er gjort en mengde makroøkonomiske beregninger av kostnader ved å redusere utslipp av CO<sub>2</sub>. Den vanligste fremgangsmåten er å fastsette et mål for utslipp, for eksempel stabilisering i forhold til utslippene et nærmere angitt år, og så vurdere effekten av virkemidler som skal til for å nå målet. Som det gikk fram av drøftingen i avsnitt 2.1, vil en da kunne nøye seg med å vurdere avgift på karbonutslipp, dersom en har en god makroøkonomisk modell. Det vil blant annet si at de parametrene i modellen som reflekterer produksjonsteknologien også reflekterer adferd ved forholdsvis store endringer i økonomien. Dette krever imidlertid en relativt disaggregert modell. Alternativt kan en disaggregere endel nøkkel-sektorer i økonomien, som for eksempel elektrisitetsproduksjonen.

Figur 5. Prosentvis reduksjon i verdens BNP ved ulike utslippsreduksjoner i prosent av referansebane i 2020, 2050 og 2100. Kilde: Grubb et al. (1993)



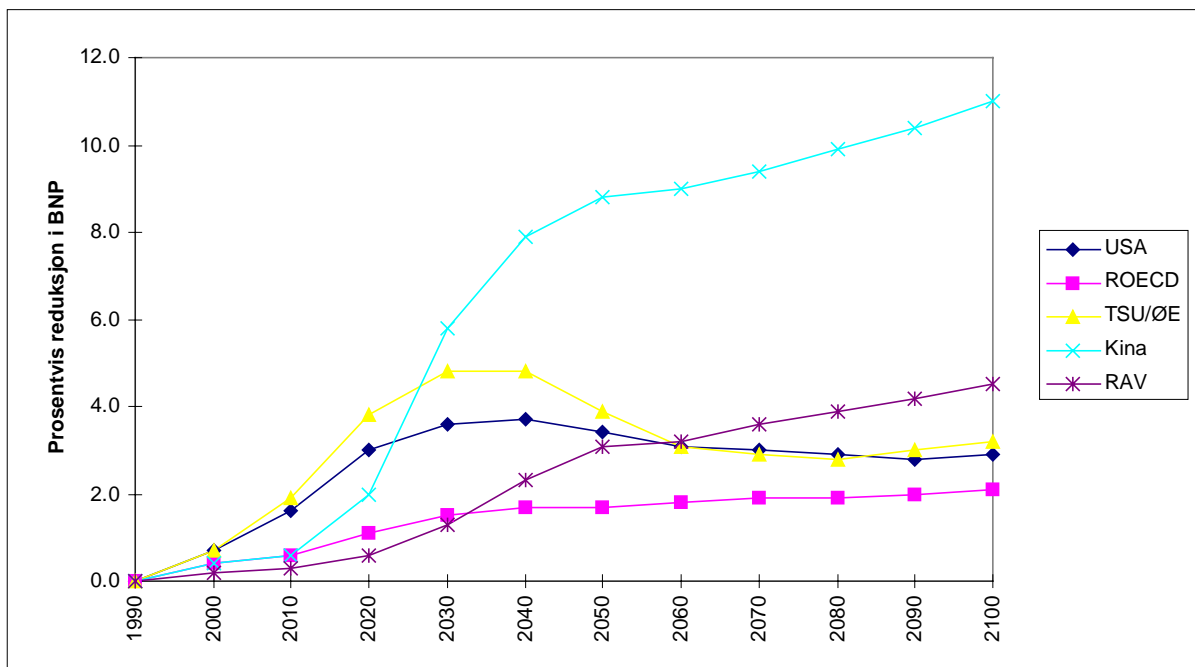
Skal en foreta en analyse av virkningene på verdensbasis sier det seg selv at mulighetene for å dele opp i ulike sektorer og i geografiske områder er begrenset. Det er heller ikke gjort mange analyser på verdensbasis. Den mest omfattende gjennomgangen har OECD stått for, der flere analyser er gjort med utgangspunkt i GREEN-modellen. Resultatene fra disse, samt noen andre er gjengitt i Figur 5, og stammer fra studiene Burniaux *et al.* (1991), Burniaux *et al.* (1992), Edmonds and Barns (1992), Manne (1992), Oliveira-Martins *et al.* (1992) og Rutherford (1992).

Figuren viser prosentvis reduksjon i utslipp i forhold til en referansebane uten særskilte klimatiltak for årene 2020, 2050 og 2100. Merk at utslippene ved referansebanene kan variere fra den ene studien til den andre. Kostnadene varierer fra 1.5 til 2.9 prosent nedgang i BNP for en reduksjon i utslippene på 45 prosent i 2020. I 2050 er BNP-virkningen 2.1 til 4.7 prosent for en reduksjon på 70 prosent, mens den er mellom 3.6 og 5.7 prosent for en utslippsreduksjon på nesten 90 prosent i 2100.

At studiene til tross for betydelige forskjeller gir uttrykk for en viss konsensus er ikke så rart. Mange av dem ble gjort nettopp med tanke på å renske bort forskjeller som kunne føres tilbake til valg av forutsetninger. Et litt påfallende trekk er likevel at intervallet mellom øverste og nederste anslag ikke øker vesentlig fra 2020 til 2100. I 2020 er dette intervallet på 1.4 prosentpoeng, i 2050 på 1.6 og i 2100 på 2.1 prosentpoeng. Dette kan tyde på at modellens særtrekk i første rekke er knyttet til temporære faktorer, som for eksempel utslippssammenhenger og relasjoner mellom tilbud og etterspørsel, mens dynamiske faktorer, som knytter seg til spørsmål om ressursfordeling over tid, er forholdsvis likt behandlet.

Tallene for virkningene på verdensøkonomien ved tiltak for å redusere CO<sub>2</sub>-utslipp skjuler store variasjoner mellom regioner og mellom land. Det er vanlig å anta en høyere framtidig

Figur 6. Beregnet prosentvis reduksjon i BNP i 5 verdensregioner ved begrensning av utslipp etter Manne and Richels (1991).



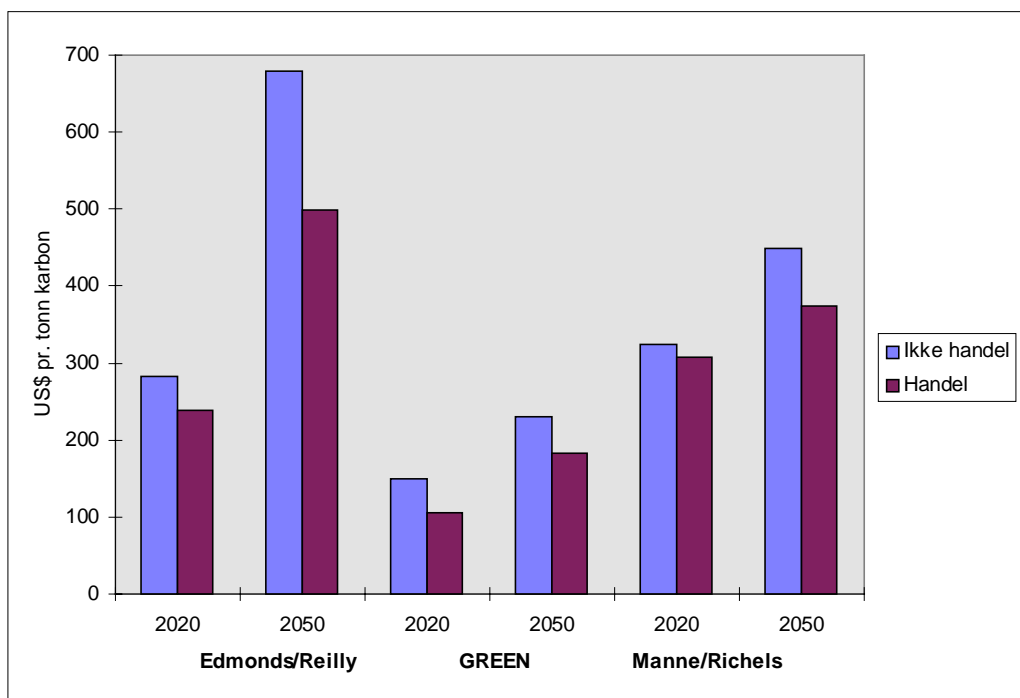
økonomisk vekst i utviklingsland enn i industrialiserte land. De fleste kostnadsstudiene som er foretatt er knyttet til enkeltland, først og fremst innenfor OECD. Noen studier er imidlertid også gjort for verdensregioner. Manne and Richels (1991) har beregnet kostnader for ulike verdensregioner ved å begrense verdens totale utslipp til en svak økning (15 prosent) fra 1990 til 2030 og stabilisering deretter. I modellen de bruker, GLOBAL 2100, er verden delt inn i USA, andre OECD-land (ROECD), tidligere Sovjet og andre Øst-Europeiske land (TSU/ØE), Kina og resten av verden (RAV).

Utslippsbegrensningene varierer mellom regionene: I USA, ROECD og TSU/ØE stabiliseres utslippene fra 1990 til 2000. Deretter reduseres de med 20 prosent til 2020, hvoretter utslippene igjen stabiliseres. I Kina og ROW doubles utslippene fra 1990 til 2100. Kravet om stabilisering etter 2030 innebærer en reduksjon på verdensbasis i CO<sub>2</sub>-utslippene på om lag 50 prosent i forhold til referansebanen i 2050, og nesten 75 prosent i 2100. Årlige, prosentvise tap i BNP for de 5 regionene er vist i figur 6.

Kostnadene er i stor grad bestemt av de enkelte regionenes muligheter for å substituere kullforbruket med andre energivarer. Problemer med å få dette til medfører betydelige kostnader for TSU/ØE og Kina. Kostnadene i disse regionene kan også forklares med høy forventet økonomisk vekst. Kostnadene for USA beregnes å bli større enn i ROECD, noe som delvis skyldes at økonomien i ROECD er mindre intensiv med hensyn til CO<sub>2</sub>-utslipp. I modellen til Manne og Richels drar ROECD også nytte av større reserver av olje og gass og mer atomkraft. De lave kostnadene i RAV kan først og fremst forklares med at mange av landene i denne gruppen er store olje-eksporterende land. Beskrankningene av kullforbruket rammer derfor ikke denne regionen i særlig grad før omkring 2025.



Figur 7. Sammenlikning av beregnet nødvendig karbonavgift, med og uten handel med utslippskvoter, for å redusere CO<sub>2</sub>-utslipp med 2 prosent per år i forhold til en referansebane.



Som ventet vil også forskjellene i kostnader mellom land innenfor hver region kunne variere betydelig. Det er imidlertid vanskelig å foreta sammenlikninger mellom dem, fordi det bare unntaksvis er gjennomført studier med tanke på slike sammenlikninger. For OECD-landene beregner de fleste en reduksjon i BNP på 0.5 til 1.5 prosent for 10 prosent reduksjon i utslippene rundt 2010. Hvordan en kommer fram til tallet kan imidlertid variere, og er blant annet avhengig av hvordan statens inntekter av karbon-avgiften blir brukt. Vi kommer tilbake til dette punktet i kapittel 4.

På grunn av de store regionale forskjellene i krav om reduksjoner, og i kostnadene ved å redusere CO<sub>2</sub>-utslipp, vil totalkostnaDen ved et utslippskrav være sterkt avhengig av om landene gis mulighet til å handle med utslippsreduksjoner eller ikke. Dean (1993) vurderer kostnadene ved utslippsreduksjoner beregnet i tre ulike modeller, Edmonds-Reilly<sup>3</sup>, GREEN-modellen og Manne og Richels modell, i to alternativer, et med og et uten handel med utslippskvoter. I begge alternativene antas det at veksten i utslippene reduseres med 2 prosent årlig i forhold til et referansealternativ. Ved å legge samme prosentvise nedgang til grunn vil forskjellene som oppstår først og fremst skyldes forskjeller i modell-struktur.

Figur 7 viser nødvendig avgift i årene 2020 og 2050 i de to alternativene. Fordelene ved å handle kvoter øker over tid, men utslaget på denne gevinsten varierer mellom studiene. Edmonds/Reilly beregner en reduksjon på nesten 30 prosent i avgiften i 2050 dersom utslippskvoter gjøres omsettbare. Utslagene i redusert BNP er ikke proporsjonale med avgiftene. GREEN-modellen gir noe større utslag i BNP enn i avgiften, mens for Edmonds-Reilly-modellen er utslagene noe mindre. Virkningene på BNP av beregningen i Manne-Richels-modellen er ikke tilgjengelige.

<sup>3</sup> Se Barns *et al.* (1992)

### 3 KLIMAKOSTNADER OG NYTTE AV KLIMATILTAK

Å foreta virkningsberegninger av tiltak for å nå bestemte mål for utslipp av CO<sub>2</sub> er på mange måter en “ideell” problemstilling for makroøkonomisk analyse. CO<sub>2</sub>-utslipp er proposjonalt med forbruk av fossile brenseler. Ved å foreta analyse av forbruket av fossile brenseler vil en i prinsippet også kunne analysere CO<sub>2</sub>-utslippene. For utslipps-analyser er det imidlertid viktig å skille mellom ulike fossile brenseler, fordi det er mulig å få til vesentlige reduksjoner ved å gå over fra en energiform til en annen, for eksempel fra kull til naturgass.

Resultatene av internasjonale drøftinger omkring klimaspørsmål stiller imidlertid stadig større krav til evaluering av klimatiltak. Et hovedpunkt i USA's skepsis mot Rio-avtalen var at en ikke visste nok om hvilken nytte en ville ha av å sette i verk tiltak. I tråd med Klimakonvensjonens intensjon om kostnadseffektiv klima-politikk vedtok Berlin-møtet at en ikke måtte se CO<sub>2</sub>-utslipp isolert, men vurdere samspillet mellom ulike klimagasser og deres samlede innvirkning på klimaet ved evaluering av landenes klimapolitikk. Dette medfører at en også må se klimaproblemet i sammenheng med andre miljøproblemer. Tiltak for å redusere utslipp av NO<sub>x</sub> tar i første rekke sikte på å løse andre miljøproblemer, men har indirekte virkninger på klima, og bør derfor vurderes i den sammenheng også. Disse faktorene gjør evaluering av klimatiltak til en langt mer kompleks affære enn de enkle utslippsanalysene. Det er nødvendig å skaffe rede på hvilke miljøvirkninger økonomisk aktivitet medfører, og hvilke økonomiske virkninger endringer i miljøet har. For det første trenger en da et analyseverktøy som tar hensyn til hvordan ulike utslipp omdannes til skade-komponenter og beskriver hvilke og hvor stort omfang skader oppstår. Dette krever integrering av kunnskap fra ulike fagdisipliner, og at en går løs på det evige dilemmaet med å verdsette miljøendringer (se Aunan *et al.*, 1995).

Etterhvert er det gjort en del forsøk på å foreta helhetlige nytte-kostnadsanalyser av klimatiltak. Metodisk varierer disse analysene fra forholdvis enkle betraktninger til integrering av store numeriske modeller, der det er vanskelig for utenforstående å begripe hva som egentlig bestemmer hva. På grunn av at analysene må basere seg på flere fagdisipliner, varierer også vektleggingen av ulike problemfelt endel mellom analysene. Noen modeller tar utgangspunkt i en økonomisk modell, og henger på en enkel relasjon mellom utslipp og temperaturendring som de knytter en mer eller mindre godt fundert kostnadsrelasjon til. I andre modeller er beskrivelsen av “økonomien” begrenset til antakelser om økonomisk vekst, men har raffinerte relasjoner mellom utslipp og klimaendring. Atter andre har lagt hovedvekt på beskrivelse av usikkerhet.

#### 3.1 Skadevirkninger og kostnader ved klimaendringer

Gevinsten ved å gjennomføre klimatiltak er at en unngår kostnader ved klimaendringer. En god nytte-kostnadsanalyse av klimatiltak krever derfor inngående kunnskap om hvilke konsekvenser klimaendringer kan ha. Anslag over kostnadene utgjør bare en del av denne konsekvensbeskrivelsen, men er ofte kontroversiell fordi mange av konsekvensene medfører endringer i faktorer som ikke kan verdsettes ved hjelp av markedspriser. Verdiane må derfor anslås på annen måte. Siden verdsettingsprosessen i seg selv er meget problematisk, kan det ofte være vel så nyttig å anslå endringer i ikke-økonomiske faktorer i fysiske termer. Vil en

Tabell 2. Sammendrag av resultater fra scenario-analyse med IMAGE-modellen, Alcamo et al. (1994)

År/ Scenario	Utslipp		Areal (10 <sup>3</sup> km <sup>2</sup> i 1990). Prosentvis endring		Gj. sn. temp.-endring (°C 1990)	
	Mrd t. C	Tg CH <sub>4</sub> a <sup>-1</sup>	Landbruk	Skog	Nord	Sør
<b>1990</b>	6.1	492	26.7	47.2	14.2	13.0
<b>2050:</b>						
<b>Referanse</b>	15.2	688	+9	-26	+1.4	+1.0
<b>Bio vs areal</b>	15.2	692	+30	-32	+1.5	+1.0
<b>Ingen bio</b>	17.0	477	+9	-26	+1.4	+1.0
<b>Havstrøm</b>	15.2	686	+12	-27	+0.0	+1.1
<b>2100:</b>						
<b>Referanse</b>	24.0	778	+14	-27	+2.4	+1.8
<b>Bio vs areal</b>	24.0	793	+65	-31	+2.7	+2.0
<b>Ingen bio</b>	29.2	746	+15	-27	+2.4	+1.9
<b>Havstrøm</b>	24.0	778	+18	-28	+1.2	+2.0

analysere politikk-alternativ samlet, kommer en imidlertid ikke utenom verdsettings-problemet.

Ved hjelp av IMAGE-modellen, som blant annet benyttes til IPCCs scenario-analyser, kan en anslå betydningen av ikke-økonomiske forhold. Modellen beskriver regionale klimavirkninger av økonomiske scenarier. Den består av tre moduler. I en bestemmes økonomisk aktivitet for 13 regioner, inklusive energiproduksjon/-forbruk. En annen bestemmer virkningen på gjennomsnittstemperaturen av et visst utslipp, mens man i den tredje modulen har modellert miljøvirkningene av temperaturendringer for de 13 regionene. Eventuelle økonomiske virkninger av klimaendringer er ikke inkludert.

Den økonomiske modulen er i første rekke basert på antakelser om økonomisk vekst, og inneholder ingen økonomisk adferd. Alcamo et al. (1994) presenterer tre følsomhetsberegninger med modellen. Referansealternativet er kalibrert gjennom IPCCs 1992 scenario. Følsomheten er knyttet til hvilke effekter klimaendringer får, og sammenliknes med et referansescenario, A. I scenario B antar en at økningen i forbruket av bio-brensler som forutsettes i referansealternativet krever reduksjon i dyrket korn-areal. Det er altså det samme forbruket av bio-brensler i de to alternativene, men det skilles mellom hvor brenselet dyrkes. I scenario C tar en ut alle bio-brensler fra referansealternativet og erstatter det med oljeforbruk. I scenario D antas det at havstrømmene på jorda vil forsinkes vesentlig i forhold til referansealternativet som følge av klimaendringer. Dette fører til en relativ nedkjøling på nordlige halvkule fram mot 2050. Effekten på den sørlige halvkule er mindre. D kan betraktes som et "overraskelses-scenario". Hovedresultatene er gjengitt i Tabell 2.

Anslaget for temperaturvirkningen i referanse-alternativet ser ut til å være forsiktig. Konsentrasjonen av CO<sub>2</sub> i atmosfæren i referansealternativet er beregnet til 522 ppm i 2050 og 777 ppm i 2100. Temperatur-økningen i nord i forhold til dagens nivå ligger på henholdsvis 1.4 og 2.4 grader mens den i sør ligger på henholdsvis 1.0 og 1.8 grader. Landbruksarealet er rimeligvis sterkt avhengig av hvilket scenario en betrakter. Ser vi bort fra D, som gir betydelig mindre forventet klimaendring, er virkningene på temperaturen tilsynelatende små. En må imidlertid huske at forskjellene i scenariene ikke er veldig store. At temperaturendringen er nesten upåvirket av at vi fjerner bio-brensler helt fra referansealternativet gjenspeiler at bio-brensler ikke betyr mye for dekning av energiforbruket i global sammenheng. På den annen side kan det ha betydning hvor en tar biobrenselet fra. Dersom en er nødt til å dekke økningen i

dette forbruket ved å redusere landbruksarealet, vil en på lang sikt (rundt 2100) få en kraftigere oppvarming enn i referansealternativet, særlig på den nordlige halvkule.

Matsuoka *et al.* (1994) har også analysert sensitiviteten ved klimaendringer av alternativene utslipps-stabilisering og 1 prosent reduksjon i utslippene av CO<sub>2</sub> under forutsetning om enten høy eller lav framtidig økonomisk vekst. De antar at en høy økonomisk vekst vil gi en 8-dobling av utslippene fram mot 2100, mens moderat vekst gir litt mer enn en fordobling uten tiltak. En prosent reduksjon medfører at utslippene i 2100 er under 2 mrd. tonn karbon, mot dagens nivå på litt over 5 mrd. tonn. De kommer fram til at temperatur-sensitiviteten<sup>4</sup> er den mest kritiske faktoren ved beregning av klima-effekten. Med sensitivitet på 3°C ved 2×CO<sub>2</sub> varierer temperatur-økningen fra 2°C dersom utslippene reduseres med 1 prosent per år til om lag 10°C ved høy vekst i år 2100. En sensitivitet på 2°C medfører økning på mellom 1.7°C og 6°C. De gjør regionale analyser for Asia, og kommer fram til at økning i frekvensen av flommer, og tørke som de mest følbare virkningene av klimaendringer i denne regionen. Uten en eksplisitt nytte-kostnadsanalyse konkluderer de i favør av å innføre tiltak på et tidlig stadium.

Den økonomiske modulen i IMAGE er utviklet videre i ESCAPE<sup>5</sup>, som baserer seg på priselastisiteter. Noen handel finnes det imidlertid ikke i denne modellen. En tilsvarende, men betydelig mindre og enklere modell, ICAM, er utviklet ved Carnegie Mellon University i USA<sup>6</sup>. Heller ikke denne legger noen økonomisk likevektstankegang til grunn. I ICAM-modellen legges det imidlertid stor vekt på anslag på og analyse av usikkerhet.

Flere økonomer har tatt fatt i disse og liknede studier, og forsøkt å beregne kostnadene ved endringer. Anslagene varierer til dels betydelig mellom ulike studier. Det skyldes delvis at anslag på skadeomfanget rent fysisk varierer, og at en gitt skade er verdsatt ulikt i ulike studier. Referansepunktet for klimaendrings-kostnaden er vanligvis 2×CO<sub>2</sub>, men man opererer også med ulik temperatur-sensitivitet. Tabell 3 sammenlikner kostnadsanslag for USA i fem studier. Fire av studiene opererer med en temperatur-sensitivitet på 2.5 - 3°C. For disse varierer samlet kostnad for USA mellom 1 og 1.5 prosent av BNP. Titus (1992) opererer med høyere temperaturøkning. Likevel er forklaringen på at hans totalanslag er vesentlig høyere, at han har anslått en langt større kostnad som følge av skog-skader enn andre gjør.

Særlig kontroversielt er naturlig nok spørsmålet om hvordan en skal verdsette dødelighet. Her varierer anslagene i tabellen fra 5 til 37.4 1000 mrd. US\$. Igjen skyldes forskjellene uenighet om hvor stor dødelighet klimaendringer kan komme til å forårsake, og hva "prisen" på en menneske skal settes til. For eksempel verdsetter Tol et menneskeliv til det dobbelte av Fankhauser, samtidig som han anslår en noe høyere dødelighet.

Tabell 3. Anslag for økonomisk skade ved 2× CO<sub>2</sub> i USA ved ulike studier. 1000 Mrd. US\$.

<b>Virkning</b>	<b>Cline (1992)</b>	<b>Titus (1992)</b>	<b>Tol (1993)*</b>	<b>Nordhaus</b>	<b>Fankhauser</b>
-----------------	---------------------	---------------------	--------------------	-----------------	-------------------

<sup>4</sup> Med temperatursensitivitet mener vi her forventet økning i temperatur ved en fordobling av CO<sub>2</sub>-konsentrasjonene i atmosfæren sammenliknet med før-industriell tid, betegnet: °C ved 2×CO<sub>2</sub>.

<sup>5</sup> Se Hulme *et al.* (1995).

<sup>6</sup> Se Dowlatabadi and Morgan (1993).

	$2\times CO_2$ : 2.5°C	$2\times CO_2$ : 4°C	$2\times CO_2$ : 3°C	(1991)** $2\times CO_2$ : 3°C	(1995)** $2\times CO_2$ : 2.5°C
<b>Havnivå</b>	6.1	5.0	8.5	10.7	7.9
<b>Landbruk</b>	15.2	1.0	10.0	1.0	7.4
<b>Skog-tap</b>	2.9	38.0	..	0.0	0.6
<b>Energi</b>	9.0	7.1	..	1.0	6.9
<b>Vannfors.</b>	6.1	9.9	..		13.7
<b>Andre sektorer</b>	1.5	..	..		..
<b>Øko-system</b>	3.5	..	5.0		7.4
<b>Velferdstap</b>	..	..	12.0		..
<b>Dødelighet</b>	5.0	8.2	37.4	35.9	10.0
<b>Migrasjon</b>	0.4	..	1.0		0.5
<b>Luft-forurens.</b>	3.0	23.7	..		6.4
<b>Vann-forurens</b>	..	28.4	..		
<b>Ulykker</b>	0.7	..	0.3		0.2
<b>I alt</b>	53.4	121.3	74.2	48.6	61.0
<b>% av BNP (1988)</b>	1.1	2.5	1.5	1.0	1.3

\* Gjelder både USA og Canada

\*\*Nordhaus(1991) spesifiserer ikke de 9 siste postene, men anslår dem til 0.75 % av BNP

\*\*\* Vannforsyning og vannforurensing er slått sammen

Fankhauser (1995) mener man kan verdsette menneskeliv på to måter. En er å beregne nåverdien av produksjonstapet som følger av at et menneske dør. Hvis økt dødelighet først og fremst rammer eldre, vil imidlertid kostnadene ved tap av menneskeliv kunne bli svært liten, noe som er urimelig. Et annet problem er at verdien av menneskeliv blir inntektsavhengig. Alternativt kan en anslå verdien av menneskeliv etter betalingsvilligheten for å redusere dødelighetsrisikoen ("verdien av et statistisk liv"). Dermed unngår man avhengighet av individuelle hensyn, som for eksempel at eldre og syke skulle være mindre verd enn unge og friske. Verdien av et statistisk liv er imidlertid også inntektsavhengig, noe som får stor betydning for sammenlikninger mellom land. Spørsmålet er hvor viktig det er å anslå verdien av et menneskeliv. I mange tilfelle vil det være tilstrekkelig å anslå hvilken virkning på dødelighet klimaendringer kan ha, og oppgi dette ved siden av anslag over kostnader og nytte. Verdsettingsprosedyren kan ofte bare bidra til å ta kelegge analysen. I tabell 4 gjengis verdsettingen av dødelighet for ulike regioner, sammenliknet med anslag for antall døde. Tallene demonstrerer i første rekke at en ikke må bruke nytte-beregninger ukritisk. For eksempel er det økonomiske tapet av et menneskeliv i EU er verdsatt 6 ganger så høyt som et liv i Kina. Det er ikke bare "verdien" av økt dødelighet som varierer mellom land. Tabell 4 gjengir også Fankhausers regionale fordeling av totale kostnader ved  $2\times CO_2$ .

Effektene, regnet i prosent av BNP, er særlig store i Kina<sup>7</sup>. Det alt vesentlige av dette skyldes at en regner med betydelige tap for landbruket. Det tidligere Sovjet antar en blant annet vil tjene på endringer i energimarkedene som følge av økt global temperatur på grunn av store reserver med fossile brensler. På den annen side vil også de oppleve et betydelig tap i landbruket.

Tabell 4. Total skade ved  $2\times CO_2$  etter region iflg. Fankhauser (1995). 1000 Mrd. US\$.

Verden	EU	USA	Ex Sovjet	Kina	Andre OECD	Andre
--------	----	-----	-----------	------	------------	-------

<sup>7</sup> Merk at når vi sammenlikner prosentvise endringer i BNP mellom land vil ikke ulik verdsetting av menneskeliv være like urimelig som når en ser på absolutte tall.

							<b>land</b>
<b>Totalt</b>	269.5	63.6	61.0	18.2	16.7	55.8	54.2
<b>Herav: tapte liv</b>	49.2	13.2	10.0	2.3	2.9	11.2	9.6
<b>Dødeligh i 1000</b>	137.7	8.8	6.6	7.7	29.3	7.5	77.8
<b>% BNP</b>	1.4	1.4	1.3	0.7	4.7	1.4	2.0

Til tross for at kostnadene ved klima-endringer er forholdsvis grundig behandlet, er de beheftet med mange svakheter og usikkerheter. I tillegg kommer at punkt-estimatene som er presentert her ikke uten videre lar seg generalisere til ulike CO<sub>2</sub>-konsentrasjoner. I nytte-kostnadsanalyser av politikk-alternativ er det imidlertid nødvendig å etablere en relasjon mellom økt konsentrasjon og økt skade. Et annet problem som synes å få økende oppmerksomhet er at heller ikke punkt-estimatene er uavhengig av hvilke tiltak en setter iverk. Økte utslipp av klimagasser henger gjerne sammen med økte utslipp av andre, forurensende komponenter som også medfører skader. Reduserer man utslippene av CO<sub>2</sub> reduseres også andre utslipp, og en kan godt tenke seg at gevinstene av disse kan overstige gevinstene ved klimatiltak.

I tabell 3 var det gjort forsøk på å inkludere disse såkalte sekundær-virkningene, først og fremst ved anslag på kostnader ved luftforurensinger. Spesifikke analyser av sekundæreffekter antyder imidlertid at disse kostnadene kan være betydelig større, og er sterkt avhengig av hvilket tiltak en velger. Alfsen *et al.* (1992) antyder at sekundær-virkningene kan veie opp for kostnadene ved å foreta en moderat regulering av CO<sub>2</sub>-utslipp. Dette skyldes i hovedsak endringer i trafikkmønsteret som følge av CO<sub>2</sub>-avgiften. Barker (1993) og Barker *et al.* (1993) forsøker å sammenlikne sekundærvirkningene med utgangspunkt i studier i USA, Storbritannia og Norge, og finner at anslag over sekundær-virkningene varierer fra 20 til 212 US\$ pr. tonn karbon. Alfsen *et al.* (1995) anslår imidlertid bare 6.5 US\$ per tonn karbon for EU. Alle som har foretatt studier av sekundær-virkninger til nå understreker imidlertid at beregningene er meget foreløpige. Blant annet peker Ekins (1995) at virkningene varierer sterkt avhengig av hva slags tiltak en vurderer, for eksempel om man reduserer CO<sub>2</sub>-konsentrasjonene ved å øke karbonopptaket, gjennom energisparing eller energi-substitusjon.

### 3.2 Tradisjonelle nytte-kostnadsstudier

Cline (1992) har i en grundig studie av klimaproblemet og mulighetene for å motvirke det foretatt nytte-kostnads-beregninger av klimatiltak. Han tar utgangspunkt i antakelser om økonomisk vekst, befolkningsvekst og relasjoner mellom utslipp, temperaturendringer og skader, og vurderer lønnsomheten av en aktiv klimapolitikk. Med dette mener han en årlig reduksjon i utslippene til et nivå på 4 mrd. tonn karbon, og stabilisering av utslippene etter at dette målet er nådd. Til sammenlikning er totale utslipp i verden idag på om lag 6 mrd. tonn. Det viktigste virkemiddelet for å få til denne reduksjonen er skog-planting, mens utslippsreduksjoner blir det viktigste for å få til stabilisering. Cline drar nytte av andre kostnadsstudier av mulige tiltak, som for eksempel skogforvaltning, karbonavgifter og

Tabell 5 Nytte-kostnadsrate av aktiv klimapolitikk med alternative forutsetninger om sentrale parametre iflg. Cline (1992).

<b>Alternativ</b>	<b>Diskont.-</b>	<b>Temperatur-</b>	<b>Skade-</b>	<b>Skade-</b>	<b>Nytte-kostn-</b>
-------------------	------------------	--------------------	---------------	---------------	---------------------

	<b>rate</b>	<b>sensitivitet*</b>	<b>eksponent**</b>	<b>konstant***</b>	<b>rate</b>
<b>A</b>	1.5	2.5	1.3	middels	0.74
<b>B</b>	1.5	2.5	2.0	middels	1.33
<b>C</b>	1.5	4.5	2.0	høy	2.60
<b>D</b>	3	2.5	2.0	middels	0.58
<b>E</b>	3	4.5	2.0	middels	1.71
<b>F</b>	5	2.5	2.0	middels	0.33
<b>G</b>	5	4.5	2.0	middels	0.85

\* Gjennomsnittlig global temperaturøkning i °C ved 2×CO<sub>2</sub>.

\*\* Skade regnes som en log-lineær funksjon av temperaturøkning. Kolonnen viser forutsetning om eksponenten i skade-funksjonen

\*\*\* Kolonnen viser forutsetning om konstantledd i skade-funksjonen

teknologiske innovasjoner. Han sikter imidlertid ikke mot å komme fram til optimale utslipp, men gjør sine vurderinger på bakgrunn av sammenlikninger mellom diskontert verdi av redusert klima-ændring og diskontert verdi av kostnadene ved tiltak, etter mønster fra mikro-orienterte studier.

Resultatene fra denne studien er gitt i form av følsomhetsberegninger for sentrale parametre som diskonteringsrate, temperaturøkning ved 2×CO<sub>2</sub>, skade-eksponent, og antatt skade ved 2×CO<sub>2</sub>. Resultatene fra et utvalg av Clines scenarier er gjengitt i tabell 5. Nytte-kostnadsrate større enn 1 indikerer at tiltakspakken som vurderes er lønnsom.

Valg av diskonteringsrate er helt avgjørende for om en skal kunne komme fram til at Clines tiltaks-pakke er lønnsom eller ikke. Øker raten fra 1.5 til 3 prosent reduseres nytte-kostnadsbrøken fra 1,33 til 0.58. Også temperatur-sensitiviteten er viktig. En økning av IPCCs "beste gjett" på 2.5°C til "øvre grense" på 4.5°C mer enn fordobles brøk-verdien. Cline argumenterer selv for å bruke en lav diskonteringsrate, rundt 1.5 prosent, når en skal vurdere klimatilak. Dette har han en viss støtte for, blant annet av Weitzman (1994), mens andre, som Lind (1994) og Manne (1994) mener at raten bør ligge i nærheten av forventet rate for avkastning av kapital. I så fall vil heller ikke Clines tiltak være lønnsomme. En skal imidlertid huske på at det er meget drastiske tiltak som vurderes, og at lønnsomheten av en mindre drastisk politikk ikke er vurdert.

I Hope *et al.* (1993) sammenliknes en referansebane (ingen tiltak) med en aggressiv politikk for å motvirke klimaendringer, og en som går ut på å tilpasse seg. Tiltakene for å motvirke klimaendringer består i å introdusere en CO<sub>2</sub>-avgift, gå over til mindre CO<sub>2</sub>-intensive energibærere og gjennomføre energisparingsprogrammer. På den måten regner en med å redusere utslippene i OECD med om lag 40 prosent fram mot 2100, en oppnår stabilisering i forhold til dagens nivå i den tidligere øst-blokken. Resten av verden 4-dobler sine utslipp i dette alternativet mens utslippene blir mer enn 5-doblet i referanse-alternativet. En slik politikk blir beregnet å redusere temperatur-stigningen fra 3.4°C til 2.7°C i 2100. Konfidens-intervallet (90 prosent) for disse to beste gjett er henholdsvis (2.0 - 5.1) og (1.6 - 4.1). Til tross for usikkerheten konkluderes det med at virkningen av aggressiv motvirkning er forholdsvis liten. Nytte-kostnadsberegning indikerer også at aggressiv motvirkning ikke lønner seg. En har antatt 5 prosent diskonteringsrate. For å få til en forventet reduksjon i nåverdien av virkningene på 2.0 trillioner ECU, må en investere 2.7 trillioner ECU, regnet i nåverdi.

Referansealternativet er i dette tilfellet et slags "som om intet skjer"-alternativ. I virkeligheten er alternativet til å motvirke klima-ændringer å tilpasse seg. Også dette er forbundet med Tabell 6. *Nåverdi av klimaskader og kostnader ved tiltak mot år 2100 ved alternativ klimapolitikk iflg. Hope et al. (1993). 1000 mrd. ECU. 5 prosent diskonteringsrate.*

<b>Scenario</b>	<b>Lavt estimat</b>	<b>Forventning</b>	<b>Høyt estimat</b>
<b>Referanse</b>			
<b>Skade</b>	5.6	18.1	28.1
<b>Kostnad</b>	0	0	0
<b>Motvirkning</b>			
<b>Skade</b>	5.1	16.1	24.7
<b>Kostnad</b>	0.8	2.7	5.7
<b>Tilpasning</b>			
<b>Skade</b>	5.5	17.5	27.0
<b>Kostnad</b>	..	0.5	1.0

kostnader, som skade-reparasjoner, bygging av diker etc. Disse kostnadene er, som det framgår av Tabell 6, forholdsvis små i forhold til motvirkningsalternativet. Årsaken ligger i første rekke i diskonteringen. De største virkningene av klimaendringer er forventet rundt 2050. Først da løper kostnadene ved å tilpasse seg, mens kostnadene ved å motvirke løper fra første stund. Med 5 prosent diskonteringsrate svarer én ECU i 2050 til 0.082 ECU i 2000.

Hope *et al.* vurderer bare de økonomiske skadene, og understreker at verdsetting av ikke-økonomiske skader, inklusive kostnader ved sosiale endringer, kan bidra til å snu konklusjonen. Hvor høy verdi som er nødvendig for å få dette til er avhengig av hvilken motivasjon man har for å gjennomføre en bestemt politikk. De viser for eksempel at dersom EU krever at en selv skal ha større nytte enn kostnad for å gjennomføre politikken må de verdsette ikke-økonomiske goder 15 ganger så høyt som de økonomiske virkningene. Dersom de nøyer seg med å kreve at verden som helhet skal få større nytte enn de kostnadene de selv får, reduseres verdikravet til om lag 5 ganger så høyt.

Det er også gjort integrerte analyser med tanke på å vurdere ny teknologi. Lempert *et al.* (1994) vurderer politikk opp mot målsetninger om temperaturøkning, og sammenlikner en aggressiv og en moderat politikk de nærmeste 10 år for å motvirke klima-endringer. Med moderat politikk mener de energisparing i de 10 nærmeste år, og en gradvis overgang mot mindre utslipps-intensiv energi deretter. Den aggressive strategien består i å starte med både energisparing og energi-substitusjon straks.

Resultatene viser at det er lite å hente på å gå over til en aggressiv strategi. Kostnadene ved politikken er imidlertid sterkt avhengige av antakelse om temperatursensitivitet, noe som kan føres tilbake til at målet for politikken nettopp er temperaturendring. De gjør også endel følsomhetsberegninger for andre parametre, som virkning av forskning og utvikling og av ikke-forventede klimaendringer. Selv om disse faktorene slår sterkt ut i kostnaden ved politikken, endrer de lite på konklusjonene når en sammenlikker aggressiv og moderat politikk.

### 3.3 Integrerte makroøkonomiske modeller

Referansepunktet for de makroøkonomiske analysene av kostnader og nytte av klimatiltak er i første rekke Nordhaus (1991). Nordhaus utviklet en meget enkel statisk modell for å illustrere problemstillingen: Hva skal til for at det skal være verd å unngå et "hopp" i utslippene av en klimagass? Svaret hans er at dersom en legger rimelige anslag på parametrene i funksjonene som bestemmer temperaturendring og skade, vil kun forholdsvis billige tiltak for å unngå virkningene av dette hoppet svare seg. Dersom en kun inkluderer moderate observerte



kostnader og antar at nytten av konsumet diskonteres med 1 prosent årlig<sup>8</sup> er nåverdien av den marginale skaden US\$ 1.83 pr. tonn karbon. Dette antyder en meget lav aktivitet på tiltakssiden. Øker en skaden til 1 prosent av BNP, øker kostnaden til US\$ 7.33 pr. tonn karbon. Dette gir 11 prosent reduksjon i klima-gass-utslippene, men bare 2 prosent reduksjon i utslippene av CO<sub>2</sub>. Nordhaus regner også på et alternativ med “store klimakostnader”, som han anslår til 2 prosent av BNP. I dette tilfellet regner han heller ikke med noen diskontering på grunn av utålmodighet. Klimagass-utslippene reduseres i dette tilfelle med om lag 1/3.

Det kan rettes mange innvendinger mot Nordhaus's analyse. To hovedinnvendinger har vært at han bare vurderer økonomiske kostnader, mens mange vil hevde at økonomiske konsekvenser av klimaendringer er små i forhold til de ikke-økonomiske konsekvensene. En annen innvending er at måten han bringer inn tidsaspektet på i beste fall er omtrentlig. Cline (1992) peker på at dersom et “engangs-hopp” i utslipp skal kunne brukes som utgangspunkt for en analyse må en forutsette at økonomien ikke vil vokse i framtida. Det realistiske er jo nettopp økonomisk vekst, som fører til at referansebanen for utslipp også vil vokse. Dersom en legger en realistisk vekstbane til grunn vil reduksjonen i karbon-utslipp på 2 prosent i Nordhaus sitt “median-alternativ” føre til tre ganger så høye utslipp i år 2100 som i dag - ikke 2 prosent lavere som Nordhaus forutsetter.

Nordhaus (1993) svarer på noe av kritikken mot den statiske modellen. DICE-modellen er dynamisk, og inkluderer antakelser om såvel økonomisk vekst som befolkningsvekst. Det antas at skadene stiger kvadratisk med gjennomsnittstemperaturen, mens kostnadene ved klimatiltak stiger med en eksponent på nesten 3. Heller ikke denne studien gir grunnlag for iverksetting av kraftige klimatiltak. Optimale utslipp på mellomlang sikt, dvs. 5 - 15 år, beregnes å ligge bare 10 prosent lavere enn i referansebanen, der en ikke setter i verk spesielle klimatiltak. På noe lengre sikt reduseres optimale utslipp noe mer i forhold til referansebanen, til ca. 15 prosent.

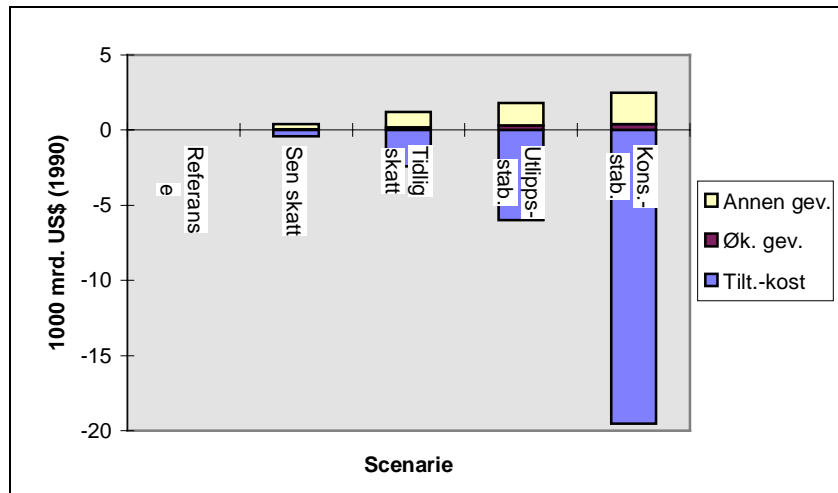
Hva DICE-modellen foreskriver av tiltak, vil selvsagt avhenge av parametrene som velges. Kostnadsfunksjonen vet man som nevnt svært lite om, og virkningene på temperaturendringer av økte utslipp er svært usikre. Av de mer kritiske forutsetningene ved disse beregningene kan nevnes at 2×CO<sub>2</sub> fører til en temperatur-økning på 3°C. Dette antas å føre til en reduksjon i BNP på 1.33 prosent, som vurderes som kostnaden ved global oppvarming. En noe sterkere temperaturfølsomhet og større skade-kostnad, henholdsvis 4.5°C og 2 prosent, vil skadene øke med 240 prosent, i forhold til beregningene til Nordhaus, men det er ikke gjort beregninger av hva dette har å si for optimale utslipp.

MERGE er en videreutvikling av GLOBAL 2100-modellen som inkluderer relasjoner mellom økonomisk aktivitet og virkninger på klima, samt relasjoner mellom klimaendringer og skade. I Manne *et al.* (1994) er nytteanslag på 4 alternative politikk-valg sammenliknet med et referansealternativ. I to av dem vurderes alternative avgifter. Det ene er å innføre en avgift på 1 US\$ per tonn karbon i 2000, som stiger med 5 prosent årlig. I det andre starter avgiften på 5 US\$ per tonn karbon, med samme prosentvise utvikling. De to andre scenariene sikter mot

*Figur 8. Sammenlikning mellom nåverdi av nytte (>0) og kostnader (<0) ved 5 alternative politikkscenarier iflg. Manne et al. (1994). 5 prosent diskonteringsrate.*

---

<sup>8</sup> En “utålmodighetsrate” på 1 prosent må regnes for å være lavt sammenliknet med andre studier. Vi skal imidlertid komme tilbake til en nærmere drøfting av diskontering i neste avsnitt.



stabilisering, ett mot å stabilisere utslippene, det andre mot å stabilisere konsentrasjonene på 1990-nivå.

I likhet med Nordhaus (1993) forutsetter Manne *et al.* at de økonomisk målbare kostnadene ved klimaendringer er en kvadratisk funksjon av temperaturøkningen. Uten særskilte tiltak antar de at temperaturen øker med 6°C i 2200, en forsiktig skatteintroduksjon øker den med 3.5°C, en rask skatteintroduksjon gir 2.2°C økning, mens utslipps- og konsentrasjonsstabilisering gir henholdsvis 3.6 og 2.0°C temperatur-økning i 2200. Figur 8 viser kostnader ved klimatiltak og kostnader ved klima-endringer i de 5 alternativene.

I studien har en også anslått betalingsvillighet for ikke-økonomiske konsekvenser av klimaendringer. Betalingsvilligheten avhenger av landets inntekter, og kan ikke overstige 2 prosent av BNP. Denne betalingsvilligheten antas ved en inntekt på om lag det dobbelte av gjennomsnittsinntekten i OECD idag. Det går fram av Figur 8 at det er de beregnede ikke-økonomiske faktorene som har størst betydning for tapene ved klimaendringer. Bortsett fra scenariet med sen skatt, det mest forsiktige politikkalternativet, overstiger kostnadene ved å gjennomføre politikken inntektene. Det vises at for at det skal være lønnsomt å stabilisere utslippene må betalingsvilligheten for ikke-økonomiske virkninger være 6-7 prosent av BNP, og 18 prosent dersom stabilisering av konsentrasjonene skal svare seg. Følgelig faller Manne *et al.* ned på omtrent den samme konklusjonen som Nordhaus (1993), til tross for at man her har inkludert verdsetting av ikke-økonomiske konsekvenser også: Det er bare en forsiktig klimapolitikk som kan være optimal.

Regionalt varierer kostnadene og gevinstene ved klimatiltak sterkt ifølge denne studien. "Sen skatt"-scenariet, som globalt sett akkurat er lønnsomt, vil gi netto gevinst i OECD, den tidligere øst-blokken samt Kina, mens resten av verden vil oppleve et betydelig netto tap. Årsaken til dette er at modellen gir mindre skader i tropiske områder enn andre deler av verden. Dette skyldes at temperaturendringene bare er halvparten av endringen andre steder. En annen årsak er at betalingsvilligheten for ikke-økonomiske forhold er liten på grunn av lav inntekt i denne regionen. En tredje årsak kan være at denne regionen inkluderer OPEC-landene, som åpenbart har liten interesse av klimatiltak, men Manne *et al.* nevner ikke dette eksplisitt.

Peck og Teisberg (1994) har analysert tre klimapolitiske strategier for OECD med sin modell, CETA, som minner om MERGE. De tre strategiene er en “egoistisk”, der OECD-landene bare gjennomfører tiltak som de selv har nytte av, en “altruistisk” der de nøyer seg med at strategien er lønnsom globalt sett, og en “optimal”, der OECD-landene opptrer altruistisk, men betaler for tiltak i land i resten av verden for å minimere kostnadene. Disse gir en karbon-avgift som starter på noe over 5 US\$ per tonn karbon, og øker med nesten 5 prosent årlig i det altruistiske alternativet, ca. 3 prosent i det optimale, og mindre enn 1 prosent i det egoistiske alternativet. Peck og Teisberg antar at avgiften ikke kan overstige 208 US\$ per tonn karbon.

Peck og Teisberg antar en klimasensitivitet 3°C for 2×CO<sub>2</sub> og at skadene ved klimaendringer er en tredje-potens-funksjon av temperaturendringene. Begrunnelsen for å anta såpass store skader er først og fremst å rettferdiggjøre klimatiltak, og er ikke knyttet til andres anslag over klimaskader. Resultatene viser at det egoistiske scenariet gir små tiltak og små gevinster, men samlet sett en liten netto gevinst. Årsaken til at OECD ikke vil sette iverk store tiltak dersom de tenker egoistisk er at de i fremtiden vil stå for en stadig mindre andel av utslippene av klimagasser. På den annen side vil en altruistisk politikk gi store kostnader for OECD. Årsaken er at klimavirkningene av tiltakene “lekker” fordi landene utenfor OECD nyter godt av at OECD pålegger seg selv restriksjoner som de ikke har selv. Netto nåverdien av en altruistisk politikk er anslått -800 mrd. US\$. Tabell 7 viser kostnader, kompensasjon til verden fra OECD-land for utførte klimatiltak og klimagevinster ved det optimale alternativet.

Netto-gevinsten ved optimal politikk er 500, men for OECD-landene medfører politikken et netto tap. Gevinsten ved at klimaendringene til dels uteblir i resten av verden mer enn kompenserer for dette tapet.

Bakgrunnen for at Peck og Teisberg kan vise til en netto gevinst ved en politikk som i Manne *et al.* ville bli ulønnsom<sup>9</sup> kan muligens forklares ved valg av kostandsfunksjon. Manne *et al.* har valgt en kvadratisk nytte-funksjon, men spesifiserer i tillegg kostnader ved ikke-økonomiske skader. Det er disse som veier tungt. Peck og Teisberg skiller ikke de to typene kostnader, men velger å la samlede kostnader øke kubisk med temperaturendringene.

Tabell 7. Klimagevinst og kostnader ved optimal klimapolitikk iflg. Peck og Teisberg (1994). Nåverdier i 1000 mrd. US\$ med 5 prosent diskonteringsrate.

<b>Transaksjon</b>	<b>OECD</b>	<b>Resten av verden</b>	<b>Totalt</b>
<b>Kostnad v. politikk</b>	-500	-500	1000
<b>Kompensasjon</b>	-500	500	..
<b>Klimagevinst</b>	500	1000	1500
<b>I alt</b>	-500	1000	500

#### 4 PRIORITERTE TEMAER FOR VIDERE ØKONOMISKE ANALYSER

<sup>9</sup> Deres optimale politikk er langt mer restriktiv enn Manne *et al.* sitt moderate “sen skatt”-alternativ.

Analysen av klima-problemet må nødvendigvis bygge på til dels sterkt forenklede forutsetninger. Siden mange ulike fag-disipliner fokuserer ulike sider av problemet, er det ikke til å unngå at man vil kunne kritisere enhver analyse for ikke å ha tatt tilstrekkelig hensyn til viktige aspekter ved problemet. Diskusjonen mellom teknologer og økonomer som vi har nevnt her er i denne sammenheng bare ett av flere mulige konfliktområder, der forskjellene tross alt ikke er så veldig store. Naturvitenskapelig forskning konsentrerer seg blant annet om hvordan samspillet mellom ulike klimagasser gir forskjellig oppvarming, både regnet som gjennomsnitt for hele kloden og regionale fordelinger. Slike forhold er for eksempel betydelig mindre vektlagt i de makro-økonomiske analysene enn teknologiske muligheter. Også kvantifisering av mulige skader er svært røft behandlet. Utviklingen mot integrerte makro-økonomiske modeller må derfor betraktes som forsøk i retning av å integrere annen fagkunnskap i modellene, uten at en mister den økonomiske forståelsen av problemet av syne. Utvikling mot et tilfredsstillende integrert analyseapparat innebærer derfor store utfordringer og tallrike arbeidsoppgaver, som det vil være lite hensiktsmessig å prioritere.

Når det gjelder de mer spesialiserte, økonomiske analysene, kan en dele inn oppgavene i to typer. En type oppgaver kan i stor grad utføres med eksisterende modellverktøy. Disse omfatter blant annet analyser av markedsvirkninger av en global klima-politikk, og omtales i 4.1. En annen type oppgave er å tilrettelegge modellverktøyet bedre for klima-analyser. Dette gjelder først og fremst behandling av tidsaspektet, eller spørsmålet om diskontering, og usikkerhet. Innenfor økonomisk teori er det gjort forholdsvis mye på disse feltene uten at det er innarbeidet i det modell-apparatet som brukes til klima-analyser i noen særlig grad. Samtidig er det grunn til å tro at hensynet til verdsetting over tid og usikkerhet har stor betydning for hvordan en klima-politikk bør utformes. Slik sett kan en vente at en innsats på disse områdene vil kunne gi god avkastning.

#### **4.1 Aktuelle problemstillinger for oppfølging**

Til tross for omfattende aktivitet med et forholdsvis tradisjonelt analyseapparat, er det fortsatt mange viktige problemstillinger som en trenger dypere forståelse av og som det er behov for å ta fatt på eller følge opp videre. Som det går fram av denne oversikten uttrykkes kostnaden ved klimatiltak og endringer i klima vanligvis ved endring i brutto nasjonalprodukt. Strengt tatt er en ute etter et mål for den velferdsendringen en bestemt politikk har, og det er bare i helt spesielle tilfeller at denne svarer til endringen i BNP. I Aaheim (1995) drøftes ulike årsaker til at det ikke er et slikt samsvar. Videre vil en sterk fokusering på BNP-virkningen av å oppnå visse målsettinger om klimagassutslipp kunne en gi et galt inntrykk av hvor ønskelig det er for et land å gå med på en klima-avtale, fordi landet kan også oppleve store tap ved ikke å gjennomføre klimatiltak. Et mer relevant uttrykk ville være å beregne velferdstapet for et land ved å avvike fra det som er optimalt for landet. For noen land ville det da innebære en kostnad dersom en internasjonal klima-avtale var for ambisiøs. For andre land kunne den samme avtalen ville være for lite ambisiøs, og av den grunn medføre en samfunnsøkonomisk kostnad for dem. Det er gjort lite for å studere slike effekter av internasjonale klimaavtaler.

Avgjørende for størrelsen på kostnaden ved klimatiltak er hvordan myndighetene i et land som introduserer en karbon-avgift disponerer inntektene. Utgangspunktet har blant annet vært at en avgift på CO<sub>2</sub> vil kunne bidra til skattesystemet i et land med betydelige direkte skatter vil kunne effektiviseres. På den måten kan en både redusere utslippene og øke den økonomiske

veksten<sup>10</sup>. Flere, bl.a. Parry (1995), har reist tvil om en faktisk vil få en slik effekt, men det er liten tvil om at kostnaden ved tiltak vil avhenge sterkt av hvordan skatteprovenyen anvendes. Jorgenson and Wilcoxon (1994) viser at dersom skatte-inntektene i hovedsak benyttes til å øke investeringene, kan virkningen på BNP på litt sikt faktisk bli positiv. Dette kan delvis forklares med egenskaper ved skattesystemet, men skyldes også at økonomisk vekst på den måten stimuleres ved at en overfører inntekt fra konsumenter til investorer. Tilsvarende kan en motvirke økonomisk vekst hvis skatteprovenyen går til å stimulere konsumet.

I Avsnitt 3.1 refererte vi svært foreløpige resultater fra analyser der en ser flere klimagasser og miljøproblemer i sammenheng. Resultatene fra disse kan tyde på at anslag over de samfunnsøkonomiske kostnadene ved å gjennomføre miljøtiltak generelt vil kunne endre seg betydelig dersom en betrakter flere miljøproblemer i sammenheng. Et annet viktig spørsmål er hva klima-politikken går ut på, og hvordan man gjennomfører den. I avsnitt 2.3 refererte vi undersøkelser av hva introduksjon av handel med utslippskvoter ville ha å si for kostnaden ved utslipps-begrensninger. Studien til Peck og Teisberg (1994) viser at en kan oppnå en betydelig gevinst dersom land som ikke forplikter seg til å gjennomføre klimatiltak likevel gjør det dersom kostnadene ved tiltak dekkes av andre land. Årsaken til dette er at en unngår "lekkasje". Barrett (1994) drøfter flere studier av lekkasje, og viser at hvis for eksempel OECD-landene gjennomfører ensidige tiltak varierer anslagene for "lekkasjen" fra under 10 prosent til over 90 prosent av den initielle utslippsreduksjonen i OECD.

En viktig problemstilling som nesten ikke er analysert i forbindelse med gjennomføring av en klimapolitikk i global skala, er de globale virkningene på energimarkedene. En ser i studiene av Manne og Richels at virkningene for regionen "resten av verden" avviker sterkt fra de andres. Manne forklarer dette selv blant annet ved at OPEC-landene har så stor betydning for denne regionen. Det er ikke gjort empiriske analyser av mulige virkninger i energimarkedet ved ulike reaksjoner i OPEC på introduksjon av en karbonskatt i OECD. Teoretiske studier indikerer imidlertid at optimal karbon-avgift er sterkt avhengig av om en tar hensyn til at også reservene av fossile brensler utvinnes optimalt, se f. eks. Kverndokk (1993). Blant annet er det intuitivt rimelig å anta at dersom OECD signaliserer en opptrapping av en karbon-avgift, vil land som utvinner fossile brensler framskynde utvinningen. Dette gir i første omgang lavere energipriser, og netto-effekten av avgiften må nødvendigvis bli annerledes enn om en antar gitt tilbud av energivarer.

En av de mest følsomme forutsetningene en har gjort i de analysene som er gjennomgått er valg av diskonteringsrate. Årsaken er at mens tiltak for å motvirke klima-endringer må gjøres i nær fremtid, vil en ikke oppleve merkbare virkninger på klimaet før om mange år. Følgelig må verdien av gevinsten av tiltaket - når det først merkes - langt overstige kostnaden den gang tiltaket ble iverksatt. Det foregår en diskusjon omkring disse spørsmålene, men inntil en har nådd en viss avklaring ser det ut til at valget av diskonteringsrate forblir et spørsmål om å velge parametere. En av grunnene til at spørsmålet om å sammenlikne verdier på ulike tidspunkt blir så vanskelig er usikkerheten omkring konsekvensene av klima-endringer. Når en ikke vet, er det ofte lett å la være å gjøre noe. Andre mener tvert imot at det er når en ikke vet at en bør gjøre noe. I det følgende skal jeg på prinsipielt grunnlag diskutere disse to forholdene, tidsfaktoren og behandling av den, samt usikkerhet og behandling av den. Spørsmålet er om disse er tilfredsstillende ivaretatt i de studiene vi har gjennomgått, og eventuelt hva en mer passende modell kunne tenkes å gi til svar.

---

<sup>10</sup> Dette kalles dobbel dividende i litteraturen, se f.eks. Pearce (1991)

## 4.2. Diskontering

Diskontering er nødvendig for å få til en effektiv fordeling av ressursbruk over tid. Renten gir uttrykk for “prisen på tid”, og oppstår på samme måte som alle andre priser som et resultat av økonomisk likevekt. Investorer er etterspørrere etter kreditt, og vil etterspørre mer kreditt jo lavere renten er: Lav rente betyr at det stilles mindre krav til et prosjekts lønnsomhet. Det betyr at flere prosjekter er lønnsomme. De som tilbyr kreditt er de som sparer. Sparerne vil avveie sitt konsum idag mot framtidig konsum. Det vil si at inntekten av å spare, renta, må avveies mot eventuell utålmodighet i konsumet samt det forhold at marginalnyttens av konsum avtar når konsumet øker. Jo lavere renta er, dess høyere vil en favorisere konsum idag. Tilbudet av kreditt avtar altså med synkende rente. Dermed oppstår likevekt mellom tilbud og etterspørsel.

Dersom vi velger ikke å diskontere, oppstår det en ulikevekt. Om dette er til det gode eller det onde for miljøet er ikke godt å si: En for lav diskonteringsrate medfører riktignok at positive virkninger av et miljøtiltak veier tyngre, som vi så i tabell 5. Men det medfører også at mange ulønnsomme prosjekter som er svært forurensende også kan bli lønnsomme. Spørsmålet blir da hvorfor og hvordan vi skal plukke ut de “gode” prosjektene. Likevektstankegangen forklarer et stykke på vei hvordan dette “problemet” oppstår:

La oss si at dersom vi ikke foretar en miljøinvestering, så vil en oppleve en katastrofe om 250 år. Vi foretar en nåverdiberegning, og bruker 5 prosent diskonteringsrate i likhet med de fleste av studiene som er gjennomgått her. Kostnadene ved denne katastrofen betyr da svært lite for beregningen. En besparelse på 1 000 000 kroner om 250 år svarer da til kr. 3,73 idag. Det vil si at for at det skal være “lønnsomt” å investere kr. 3.73 idag, så må verdien av redusert miljøskade være kr. 1 000 000 når skaden oppstår. Anta derfor at nåverdikriteriet tilsier at vi dropper miljøinvesteringen. Feilen vi gjør ved en slik beregning er at vi antar at renta vil holde seg på 5 prosent i 250 år. Men det kan den jo ikke gjøre når vi ender opp i en katastrofe. En katastrofe betyr at avkastningen på kapital blir sterkt negativ, noe som har konsekvenser nettopp for diskonteringsraten. For at den nevnte likevekten skal opprettholdes under forutsetning om en katastrofe må derfor konsumet også synke sterkt (“alle dør”). Dette kunne en altså unngått hvis en hadde gjennomført investeringen. Følgelig kan heller ikke beslutningen om å droppe den være optimal.

Årsaken til at problemet oppstår er at nytte-kostnadsberegninger som opererer med konstante diskonteringsrater ikke tar hensyn til at miljøet (eller klimaforholdene) representerer en skranke som det knytter seg en egen “pris” til. Denne “prisen på miljø” bestemmes simultant med alle andre priser. Miljøet blir knappere dess mer intenst det utnyttes. Tolket i økonomiske termer betyr dette at prisen på miljøet øker. Endrer en utnyttelsen over tid vil også prisen på miljøet endre seg, og høyere belastning betyr økende pris. I slike tilfelle vil virkningen av å diskontere bli nøytralisert og en kan tenke seg at den forsvinner helt. Et eksempel på det er den såkalte Hotellings regel som går ut på at en intertemporal likevekt for ikke-fornybare ressurser innebærer at prisen på ressursen stiger over tid med en rate lik diskonteringsraten. Et annet, tilsvarende resultat kommer Weitzman (1994) til for evaluering av miljø-tiltak.

Konklusjonen på dette er at for å kunne verdsette miljø-tiltak riktig, trenger en intertemporale modeller som eksplisitt inkluderer de fysiske begrensningene som miljøet setter for økonomisk aktivitet. For nytte-kostnadsstudier betyr det at en skal operere med forskjellige

diskonteringsrater avhengig av hvilke konsekvenser tiltaket har over tid på hvilke miljøforhold<sup>11</sup>.

Forsøkene på å foreta nytte-kostnadsberegninger av klimatiltak som er referert her har det til felles at de ikke inkluderer restriksjoner som klimaendringer setter for miljøet, men beregner kostnaden i form av en fysisk konsekvensbeskrivelse som verdsettes etter priser vi observerer her og nå. Dette gjelder også de makroøkonomiske beregningene. Følgelig kan også de kritiseres for at de ikke tar hensyn til de makroøkonomiske virkningene av klimaendringer. Denne svakheten kommer i første rekke til uttrykk ved valg av diskonteringsrate.

Et annet problem med å inkludere tidsperspektivet partielt (ved utelukkende å ta hensyn til kapital-avkastningen) dukker opp når en skal verdsette ikke-økonomiske konsekvenser, slik Manne *et al.* (1994) gjør. De verdsetter slike konsekvenser ut fra antakelser om villigheten til å betale for å unngå dem. Samtidig løses modellen deres ved at hver region optimaliserer nytteverdien av framtidig konsum. Det er imidlertid vanskelig å forstå hvordan det kan oppstå betalingsvillighet for ikke-økonomiske goder når disse godene ikke har noe å si for nytten. Dersom det faktisk er en slik betalingsvillighet, kan altså ikke den konsumbanen som de legger til grunn være optimal<sup>12</sup>. Det er imidlertid ikke godt å si hva dette kan ha å si for resultatene, fordi en full integrering av alle faktorer ikke bare vil påvirke konsumet over tid, men vil også virke inn på produksjonen.

Diskusjonen ovenfor knytter seg til hvordan en skal sammenlikne verdier som skapes på ulike tidspunkt. Spørsmålet om hvordan vi vektlegger vår egen velferd i forhold til våre etterkommeres velferd er et annet, om enn relatert problem, enn spørsmål om diskonteringsrate. Mens diskonteringsraten bestemmes i likevekt mellom “tilbud og etterspørsel etter kreditt”, er vekten av nåtidig i forhold til framtidig konsum med på å bestemme hvor mye vi skal spare - altså tilbudet av kreditt. Denne vektingen kalles ofte for “utålmodighetsraten”, og er en antakelse om hvor mye mer konsum idag øker velferden framfor å konsumere i fremtiden. Mange har hevdet at det ikke er etisk forsvarlig å operere med en utålmodighetsrate. På den annen side er det en del tekniske argumenter for å ta den med. Manne (1994) hevder at er nødvendig for å forklare observert adferd, dvs. at man mener det faktisk er en slik utålmodighet i konsumet, uavhengig av om det er etisk forsvarlig eller ikke. Andre har vist at en støter på tekniske vanskeligheter ved å finne optimale konsumbaner når tidshorisonten blir uendelig lang (se f.eks. Blanchard and Fisher (1989)).

Man kan imidlertid argumentere for at det ikke *kan* være noen utålmodighetsrate i et samfunns velferds- eller nyttefunksjon. Argumentet om at en må ha en slik rate for å forklare observert adferd kan da skyldes at den velferdsfunksjonen en tradisjonelt opererer med ikke egner seg for intertemporale studier i det hele tatt. “Observasjoner” av utålmodighet kan like gjerne representere et “uforklart restledd” som er nødvendig for å få en mangelfull velferdsfunksjon til å tilordne seg tidsseriedata. Begrunnelsen for å hevde at samfunnets velferdsfunksjon ikke kan inkludere noen utålmodighetsrate er at utålmodighet er noe hvert enkelt individ kan ha så lenge det lever, mens samfunnet forandrer seg hele tiden med dem som lever der. Neste år er noen døde og noen nyfødte. Samfunnet har derfor forandret seg, mens de individene som lever både i år og neste år er de samme. Om de er utålmodige hver for seg, betyr ikke det at “befolkningen i

---

<sup>11</sup> IPCC(1995) konkluderer også med dette.

<sup>12</sup> Det må understrekes at de kritiske punktene som er tatt opp her kan dreie seg om uklarheter som faktisk er tilfredsstillende behandlet i studiene, uten at det går fram av de tilgjengelige arbeidene.

samfunnet” som helhet er utålmodige. Sammensetningen av samfunnets befolkning er i prinsippet akkurat den samme som ifjor, men hvert enkelt individ er blitt ett år eldre, og har derfor “byttet plass” innenfor samfunnet som helhet. Hvorvidt samfunnet er utålmodig er derfor et spørsmål om 40-åringer idag er mer utålmodige enn 40-åringer i fjor, ikke om Hansen, som var 40 år ifjor er utålmodig.

Det meste av det arbeidet som er gjort med intertemporale nyttefunksjoner er teoretisk, og det er derfor vanskelig å si hvordan et bedre representasjon av intertemporale preferanser kan tenkes å slå ut i optimal klima-politikk. Konsekvensen av argumentet ovenfor er imidlertid viktig: Hvis det ikke er noen grunn til å operere med en “utålmodighetsrate”, i velferdsfunksjonen, så faller nok et argument for å operere med gitte diskonteringsrater bort. Ved bruk av intertemporale nyttefunksjoner vil vurderingen av fordeling av konsum over tid avhenge av hvilke konsummuligheter en står ovenfor. I forbindelse med miljøvirkninger kan en lett tenke seg at dette får stor betydning.

### 4.3 Usikkerhet

I de aller fleste studier av klima-problemet blir den store usikkerheten i nær sagt alle faktorer understreket. Til tross for dette baserer de fleste seg på deterministiske anslag for kostnader og virkninger, og gjør følsomhetsberegninger av visse parametre. Hope *et al.* (1994) har valgt å legge hovedvekt på beskrivelse av usikkerhet, og anslår sannsynlighetsintervaller for kostnader og nytte. Fankhauser (1994) utvikler en stokastisk skademodell, og beregner intervall for skaden for utslipp av CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> og N<sub>2</sub>O ved hjelp av Monte-Carlo-simuleringer. Tabell 8 viser gjennomsnittskostnad og 95 prosent konfidensintervall for 4 perioder fram mot år 2030. Fordelingene er steikt asymmetriske, dvs. at sannsynligheten for en svært høy kostnad er vesentlig høyere en sannsynligheten for en svært lav kostnad. Konfidensintervallet er på omtrent 2 til 3 ganger verdien av gjennomsnittet. Usikkerheten er særlig stor når det gjelder N<sub>2</sub>O, mens for CH<sub>4</sub> og CO<sub>2</sub> er den om lag den samme.

Spørsmålet er selvsagt hvordan en skal forholde seg til usikkerheten, for eksempel om det er best å handle straks for å unngå irreversible skader i framtida, eller om en heller bør “vente og se”. Kolstad (1994) analyserer denne problemstillingen med utgangspunkt i en stokastisk

Tabell 8. Anslag for forventede kostnader og bredde på 95% konfidensintervall ved utslipp av

klimagasser iflg. Fankhauser (1994)

<b>Klimagass</b>	<b>1991-2000</b>	<b>2001-2010</b>	<b>2011-2020</b>	<b>2021-2130</b>
<b>CO<sub>2</sub></b>				
<b>Gj.sn. (US\$/tC)</b>	20.3	22.8	25.3	27.8
<b>95% intervall</b>	45.2	52.9	58.4	64.2
<b>CH<sub>4</sub></b>				
<b>Gj.sn. (US\$/CH<sub>4</sub>)</b>	108.0	129.0	152.0	176.0
<b>95% intervall</b>	206.0	249.0	249.0	342.0
<b>N<sub>2</sub>O</b>				
<b>Gj.sn. (US\$/tN)</b>	2 895.0	3 379.0	3 901.0	4 489.0
<b>95% intervall</b>	7 253.0	8 361.0	9 681.0	11 121.0

versjon av Nordhaus’s DICE-modell. Han konkluderer med at kostnaden ved å binde ressurser til klimatiltak istedet for å foreta andre investeringer veier tyngre enn kostnaden ved å binde



seg til eventuelt å måtte tilpasse seg en framtidig klimaendring. Følgelig argumenterer han i favør av en “vente og se”-strategi, men understreker samtidig at dette ikke er det samme som ikke å gjøre noe. I økonomiske termer betyr resultatet bare at kostnadene ved å gjennomføre tiltak blir relativt sett noe høyere dersom en tar hensyn til irreversibiliteter.

Det er åpenbart at også Kolstads resultat er sterkt avhengig av hvordan man velger å diskontere. Han opererer også med en konstant diskonteringsrate; en modell med variabel diskonteringsrate som det er argumentert for ovenfor, kan gi andre konklusjoner også når det gjelder hensynet til usikkerhet og irreversibilitet. Bortsett fra Kolstads arbeid kjenner jeg imidlertid ikke til andre numeriske analyser. Det er imidlertid velkjent at ulike former for irreversibilitet og spesielle kostnader ved å introdusere tiltak kan ha vesentlig betydning for når en skal sette dem iverk. Alle analysene som er referert i avsnittene 2 og 3 bygger på eksplisitte forutsetninger om når tiltakene settes i verk. Dersom en åpner for fleksibilitet med hensyn til dette tidspunktet, kan konklusjonene fra nytte-kostnadsanalysene bli betydelig endret.

Et eksempel på hvor galt avsted en nytte-kostnadsanalyse med gitt tidspunkt for tiltak kan falle ut når tidshorisonten er lang, har en sett ved spørsmålet om å rydde oljeplattformer fra tomme oljefelt i Nordsjøen. Nåverdien av kostnadene ved ryddeoperasjonen er tilnærmet neglisjerbar når feltet bygges ut, og burde derfor kunne gjennomføres uten problemer. Problemet oppstår fordi beslutningen om å rydde ikke tas når feltet bygges ut, men når det er tomt. For operatøren ville det være dumt å sette av penger, og dermed binde dem til rydding når feltet bygges ut, blant annet fordi han da ikke vet hva kravene til rydding er. Det er bedre å vente å se hva myndighetene beslutter og ta regningen når den kommer. Da er imidlertid størrelsen på ryddebeløpet betydelig, og konflikten mellom selskap og myndigheter en helt annen enn den en nårverdiberegning skulle tilsi.

Det siste punktet som kan nevnes henger sammen med problemene som knytter seg til det tradisjonelle valg av velferdsfunksjon. Det er vanlig å tolke av endringen i marginal nytte over tid langs en optimal konsumbane (dvs. “krumningen” på nytte- eller velferdsfunksjonen) som raten en ønsker å substituere konsumvarer over tid på. Under usikkerhet tolkes imidlertid krumningen på nyttefunksjonen også som risikoaversjonen. Dette betyr at en ikke kan gjøre analyser av endret risiko-aversjon uten at en endrer den såkalte intertemporale substitusjonselastisiteten tilsvarende. I praksis betyr dette blant annet at en ikke kan analysere ulike holdninger til *når* en får ny kunnskap. Når det gjelder klimaspørsmålet er dette åpenbart viktig. Vår holdning til om vi skal handle nå eller vente og se vil sannsynligvis avhenge av om vi tror vi får ny kunnskap innen kort tid, eller om vi forventer at det vil ta lang tid før vi får ny kunnskap.

#### **4.4 Oppsummering**

Økonomiske analyser av klimaendringer er av forholdsvis ny dato, men aktiviteten har vært stor i de senere år. Behovet for anvendbare resultater på kort tid til bruk i internasjonale klimaforhandlinger har gitt lite rom for utvikling av selve analyseapparatet. Derfor bygger analysene i hovedsak på et relativt tradisjonelt metode-verktøy. Mange uavklarte problemstillinger som kan imidlertid belyses og utdypes ved videre utvikling av disse metodene. Av de mest sentrale problemer som har vært omtalt i denne rapporten kan nevnes

- Sammenhengen mellom klimapolitikk og annen miljøpolitikk, og videre integrering av naturvitenskapelige resultater i økonomiske modeller.
- Virkninger på verdenshandelen av en internasjonal klima-avtale, med særlig vekt på virkningene i energimarkedene.
- Nærmere avklaring av hva de nasjonale kostnadene ved klimatiltak er.
- Virkninger av teknologiske endringer på globale utslipp av klimagasser

Av temaer som ikke er omtalt i denne rapporten kan nevnes hvordan klimatiltak best skal koordineres mellom land, for eksempel under hensyntaken til strategisk adferd.

En del problemstillinger synes å ha en mer grunnleggende karakter, blant annet om det lange tidsperspektivet gjør det umulig å bruke økonomiske modeller til evaluering av klimatiltak på en rimelig måte. Behandling av tidsaspektet og usikkerhet ser ikke ut til å ha vært behandlet grundig i den litteraturen som er gjennomgått her. Det er imidlertid gjort forholdsvis mye teoretisk arbeid på dette feltet, og det er derfor grunn til å anta at en kan oppnå mye ved å fokusere sterkere på disse problemene. Et annet overordnet tema er klima-problemets globale karakter og spørsmålet om hvordan kostnadene som følger fordeles mellom land. På dette området er imidlertid teori-grunnlaget spinklere, og behovet for integrering med andre fag, som for eksempel filosofi, stort.

## REFERANSER

- Alcamo, J. G.J. van den Born, A.F. Bouwman, B.J de Haan, K. Klein Goldewijk, O. Klepper, J. Krabec, R. Leemans, J.G.J. Olivier, A.M.C. Toet, H.J.M. de Vries, and H.J. van der Woerd (1994): "Modeling the Global Society-Biosphere-Climate System: Part 2: Computed Scenarios", *Water, Air Soil Pollution* [75] (1-2).
- Alfsen, K.H., A. Brendemoen and S. Glomsrød (1992): "Benefits of Climate Policies: Some Tentative Calculations", *Discussion Paper* no. 69. Statistics Norway
- Alfsen, K.H., H. Birkelund, and M. Aaserud (1995): "Impacts of an EC Carbon/Energy Tax and Deregulating Thermal Power Supply on CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> and NO<sub>x</sub> Emissions", *Environmental and Resource Economics* [5] (2), 165-189.
- Alliance to Save Energy, American Council for an Energy Efficient Economy, Natural Resources Defense Council, Union of Concerned Scientists (1991): *Americas Energy Choices. Investing in a strong Economy and Clean Environment*. Cambridge University Press, Cambridge, Mass.
- Aunan, K, H.M Seip and H.A. Aaheim (1995): "A Model Framework for Ranking of Measures to Reduce Air Pollution with a Focus on Damage Assessment", in Hargittai and Vidóczy (eds.): *Combustion Efficiency and Air Quality*, Plenum Press.
- Barker, T. (1993): "Secondary Benefits of Greenhouse Gas Abatement: the Effects of a UK Carbon-Energy Tax on Air Pollution", *Energy-Environment-Economy Modelling Discussion Paper*, no. 4, Department of Applied Economics, Univ. of Cambridge, Cambridge.
- Barker, T., N. Johnstone, and T. O'Shea (1993): "The CEC Carbon/Energy Tax and Secondary Transport Related Benefits", *Energy-Environment-Economy Modelling Discussion Paper*, no. 5, Department of Applied Economics, Univ. of Cambridge, Cambridge
- Barns, D.W., J.A. Edmonds, and J.M Reilly, (1992): "Use of the Edmonds-Reilly Model to Model Energy-Related Greenhouse Gas Emissions", OECD Economics Department, *Working Paper* No. 113, Paris
- Barrett, S. (1994) "Climate Change Policy and International Trade", in *Climate Change: Policy Instruments and their Implications*, Proceedings of Tsukuba Workshop of IPCC Working Group III, Tsukuba.
- Blanchard, O.J., and S. Fisher (1989): *Lectures in Macroeconomics*, MIT Press, Cambridge, Mass.
- Burniaux, J.-M., J.P. Martin, G. Nicoletti and J.O. Martins (1991): "The costs of Policies to Reduce Global Emissions of CO<sub>2</sub>: Initial Simulation Results with GREEN", OECD Dept. Economic Statistics, Resource Allocation Division, *OECD Working Paper* no. 103, OECD/GD (91), [115], Paris.
- Burniaux, J.-M., G. Nicoletti and J.O. Martins (1992) "GREEN: A Global Model for Quantifying the Costs of policies to Curb CO<sub>2</sub>-emissions", *OECD Economic Studies*, Paris
- Bye, T.A., B. Bye og L. Lorentsen (1989): *SIMEN - Studier av Industri, Miljø og Energi fram mot år 2000*, Fabritius Forlag A.S. Oslo.
- Carlsmith, W.U. Chandler, J.E. McMahon, and D.J. Santini (1991): *Energy Efficiency: How far can we go?* Oak Ridge T.N. Oak Ridge National Laboratory, ORNL/TM - 11441
- Chandler, W.U. and S. Kolar (1990): *The Carbon Emissions Futures for Eight Industrialized Countries*, The Fridtjof Nansen Institute, Oslo.
- Chandler, W.U. and A.K Nicholls (1990): *Assessing Carbon Emission Control Strategies: A Carbon Tax or a*

*Gasoline Tax?* American Council for an Energy Efficient Economy, Policy Paper no. 3, ACEEE, Washington D.C.

Cline, W.R. (1992): *The Economics of Global Warming*, Insitute for Interational Economics. Washington D.C.

COHERENCE (1991): *Cost-effectiveness Analysis of CO<sub>2</sub>-reduction Options; Synthesis Report*. JOULE CEC DGXII Report.

Dean, A. (1993): "What do Global Models Tell us About the Carbon Taxes Required and the Economic Costs Entailed in Reducing CO<sub>2</sub> Emissions?", in T. Kaya, N. Nakicienovic, W.D. Nordhaus and F.L. Toth (ed.): *Costs, Impacts, and Benefits of CO<sub>2</sub> Mitigation*, CP-93-2 IIASA, Laxenburg.

Dowlatabadi, H. and M.G. Morgan (1993): "A Model Framework for Integrated Studies of the Climate Problem", *Energy Policy* [21] (3), 209-221.

Edmonds, J.A., and D.W. Barns (1992): "Factors Affecting the Long Term Cost of Global Fossil Fuel CO<sub>2</sub> emissions Reducions", *International Journal of Global Energy Issues*, [4] (3), 140-166.

Ekins, P. (1995): "Rethinking the Costs Related to Global Warming: A Survey of the Issues", *Environmental and Resource Economics*, [6] (3), 231-277.

Fankhauser, S. (1994): "The Expected Value of Greenhouse Gas Emissions: An Expected Value Approach", *The Energy Journal*, [15] (2), 157-184.

Fankhauser, S. (1995): *Valuing Climate Change. The Economics of the Greenhouse Gas*, CSERGE, Earthscan Publications Ltd., London.

Glomsrød, S. og B. Vigerust (1985): "Luftforurensinger og økonomisk vekst", *Økonomiske Analyser* Nr. 8, Statistisk sentralbyrå, Oslo.

Grubb, M., J. Edmonds, P. ten Brink and M. Morrison (1993): The Costs of Limiting Fossil Fuel CO<sub>2</sub> Emissions: A Survey and Analysis", *Annual Review of Energy and Environment* [18], 397-478.

Hoel, M., and I.S. Isaksen (1993): "Efficient Abatement of Different Greenhouse Gases", *Memorandum* no. 5, Dept. of Economics, Univ. of Oslo. Oslo.

Hope, C., J. Anderson, and P. Wenman (1993) "Policy Analysis of the Greenhouse Effect: An Application of the PAGE model", *Energy Policy* [21] (3),

Hulme, M., S.C.B. Raper, and T.M.L. Wigley: "An Integrated Framework to Address Climate Change (ESCAPE) and Further Developments of the Global and Regional Climate Modules (MAGICC), *Energy Policy* [23] (4/5), 347-356.

Intergovernmental Panel of Climate Change (IPCC) (1995): *Second Assessment Report, Working Group III*, Draft, August 1995.

International Project for Sustainable Energy Paths (1993): *Energy Policy in the Greenhouse: The Economics of Energy Tax and Non-price Policies*, Lawrence Berkely Laboratory, Calif.

Jorgenson, D.W., and P.J. Wilcoxon (1994): "The Economic Effects of a Carbon Tax", in *Climate Change: Policy Instruments and their Implications*, Proceedings of Tsukuba Workshop of IPCC Working Group III, Tsukuba.

- Kolstad, C.D. (1994): "Geroge Bush Versus Al Gore. Irreversibilities in Greenhouse Gas Accumulation and Emission Control Abatement", *Energy Policy* [22] (9), 771-778.
- Kram, T. (1993): *National Options for Reducing CO<sub>2</sub>-emissions*, Vol. I, Netherlands Energy Research Foundation, ECN.
- Kverndokk, S. (1993): *Essays on Cost-Effectiveness Efficiency and Justice in International CO<sub>2</sub> Agreements*, Chpt. 5. Doctoral dissertation, Dept. of Economics, Univ. of Oslo. Oslo.
- Lempert, R.J., M.E. Schlesinger, and J.K. Hammitt: "The Impact of Potential Abrupt Climate Changes in Near-Term Policy Choices", *Climatic Change* [26] (4), 351-376.
- Lind, R.C. (1994): "Intergenerational Equity, Discounting, and the Role of Cost-Benefit Analysis in Evaluating Global Climate Policy", *Energy Policy* [23] (4/5), 379-390.
- Lovins, A.B. and L.H. Lovins (1991): "Least Cost Climate Stabilization", *Annual Review of Energy and the Environment*, [16], 433-531.
- Manne, A.S. (1992): "Global 2100: Alternative Scenarios for Reducing Emissions", *OECD Working paper*, no. 111, Paris.
- Manne, A.S. (1994): "The Rate of Time Preference. Implications for the Greenhouse Debate", *Energy Policy* [23] (4/5), 391-394.
- Manne, A.S., R. Mendelsohn, and R. Richels (1994): "MERGE: A model for Evaluating Regional and Global Effects of GHG Reduction Policies", in N. Nakicenovic, W.D. Nordhaus, R. Richels, and F.L. Toth (ed.): *Integrative Assessment of Mitigation, Impacts, and Adaptation to Climate Change*, CP-94-9 IIASA, Laxenburg.
- Manne, A.S. and R.G. Richels (1991): "Global CO<sub>2</sub> Emission Reductions - the Impacts of Rising Energy Costs", *the Energy Journal*, [12] (1), 87-107.
- Matsuoka, Y., M. Kainuma, T. Morita (1995): "Scenario Analysis of Global Warming Using the Asian-Pacific Integrated Model (AIM)", *Energy Policy* [23] (4/5), 357-372.
- Mills, E., D. Wilson and T.B. Johansson (1991): "Getting Started: No-regrets Strategies for Reducing Greenhouse Gas Emissions", *Energy Policy* [19] (6), 526-542.
- National Academy of Sciences (1991): *Policy Implications of Greenhouse Warming*: National Academy Press, Washington D.C.
- Nordhaus, W.D. (1991): "To Slow or Not to Slow. The Economics of Global Warming", *The Economic Journal* [101] (6), 920-937.
- Nordhaus, W.D. (1993): "Rolling the DICE: An Optimal Transition Path for Controlling Greenhouse Gases", *Resource and Energy Economics* [15] (1), 27-50.
- Office of Technology Assessment (1991): *Changing by Degrees: Steps to Reduce Greenhouse Gases: Summary*. OTA-0-482, US Government Printing Office, US Congress. Washington D.C.
- Oliveira-Martins, J., Burniaux, J.-M., J.P. Martin, and G. Nicoletti (1992): "The Cost of Reducing CO<sub>2</sub> Emissions: A Comparison of Carbon Tax Curves with GREEN. *OECD Economic Working Papers*, no. 118, Paris.
- Parry, I.W. (1995): "Pollution Taxes and Revenue Recycling", *Journal of Environmental Economics and*

*Management* [29] (3-2), S64-S77.

Pearce, D. (1991): "The Role of Carbon Taxes in Adjusting to Global Warming", *Economic Journal* [101], 938-948.

Peck, S.C. and T.J. Teisberg (1994): "International CO<sub>2</sub> Emissions control. An Analysis Using CETA", *Energy Policy* [23] (4/5), 297-308..

Rubin, E. and A. Rosenfeld (1992): "Realistic Mitigation Options for Global Warming", *Science* [257], 148-149,261-265.

Rutherford, T. (1992): "The Welfare Effects of Fossil Carbon Reductions: Results from a Recursively Dynamic Trade Model. *OECD Working Papers* no. 112, OECD/GD(92)89. Paris

Schipper, L., and S. Meyers (1992): *Energy Efficiency and Human Activity. Past Trends and Future Prospects*, Cambridge University Press, Cambridge.

Shukla, P.R. (1995): "Greenhouse Gas Models and Abatement Costs for Developing Nations. A Critical Assessment", *Energy Policy* [23] (8), 677-687.

Stockholm Environmental Institute/Greenpeace (1993): *Towards a Fossil Free Energy Future, The Next Energy Transition*. Tellus Institute, Boston.

United Nations' Environmental Programme (1994): *UNEP Greenhouse Gas Abatement Costing Studies. Phase Two Report Part 1: Main Report*. UNEP Collaborating Centre on Energy and Environment. RISØ National Laboratory, Denmark.

Tol, R.S.J. (1993): "The Climate Fund - Survey on Literature on Costs and Benefits" *Working Document* W93/01, Institute for Environmental Studies, Vrije Universiteit, Amsterdam.

Titus, J. (1992): "The Cost of Climate Change to the United States", in S.K. Majumdar, L.S. Kalkstein, B. Yarnal, E.W. Miller, and L.M. Rosenfeld (eds.): *Global Climate Change: Implications, Challenges and Mitigation Measures*, Pennsylvania Academy of Science, Penn.

Weitzman, M.L. (1994): "On the 'Environmental' Discount Rate", *Journal of Environmental Economics and Management*, [26] (2), 200-209.

Aaheim, H.A. (1995): "Aspects of Burden Sharing of Common Action to Mitigate Climate Change", *CICERO Working Paper*, 1995:2, Oslo.