

# Kyotoprotokollen, prisen på CO<sub>2</sub>-kvoter og konsekvenser for norsk petroleumssektor\*

Lars Lindholt

*Kyotoprotokollen gir begrensninger på utslippene av CO<sub>2</sub> fra Annex B-landene. Ved hjelp av tilstrekkelig høye priser på omsettbare utslippskvoter kan Kyoto-kravet oppfylles. Denne studien ser både på hvilken internasjonal pris på utslippsreduksjoner som vi kan komme til å stå overfor og Kyotoprotokollens konsekvenser for Norges olje- og gassformue. Resultatene som presenteres her, indikerer en kvotepris som stiger fra om lag 100-200 Nkr pr. tonn CO<sub>2</sub> i år 2010 til 300-400 Nkr i 2030. Utslippsbegrensningene vil gi redusert etterspørsel og lavere produsentpriser på fossile brensler, og dermed en reduksjon i Norges olje- og gassformue. En gjennomføring av Kyotoprotokollen kan føre til en reduksjon i oljeformuen på 15-30 prosent og et tap av gassformue på om lag 20 prosent. Både størrelsen på kvoteprisen og tapet av oljeformue avhenger av OPECs markedsrett.*

## Innledning

Den viktigste drivhusgassen er CO<sub>2</sub>. Hovedkilden til menneskeskapte CO<sub>2</sub>-utslipp er forbrenning av fossile brensler som olje, gass og kull. Utgangspunktet i denne studien er at utslippene av CO<sub>2</sub> skal reduseres med 5,2 prosent i Annex B-området. Siden mesteparten av klimagassutslippene i regionen er CO<sub>2</sub>, kan det være et rimelig utgangspunkt at reduksjonen av CO<sub>2</sub> ikke avviker for mye fra utslippskravet for alle de seks klimagassene (se forøvrig artikkel av Bruvold og Bye i dette nummer av Økonomiske analyser).

Under et system med omsettbare kvoter vil CO<sub>2</sub>-utslippene bli redusert inntil kostnaden ved videre utslippsreduksjoner er lik prisen på kvotene. Med et avgiftssystem reduseres utslippene inntil kostnadene ved ytterligere utslippsreduksjoner tilsvarer avgiften på CO<sub>2</sub>-utslipp. Et effektivt kvotemarked internasjonalt vil gi en kvotepris som er i samsvar med den avgiften som skal til for samme utslippsreduksjon. Under visse forutsetninger vil derfor avgift og omsettelige kvoter gi samme tilpasning. I denne studien vil jeg se på hvilken avgift eller kvotepris som må til for å oppfylle kravene i Kyotoprotokollen, under ulike forutsetninger om OPECs atferd. Dessuten vil jeg se på i hvilken grad utslippsreduksjonene vil føre til redusert etterspørsel og lavere produsentpris på olje og gass, og dermed konsekvensene for Norges inntekter fra petroleumssressursene.

*Petroleumsformuen* defineres gjerne som nåverdien av framtidig petroleumsrente. Med petroleumsrente menes forskjellen mellom produksjonsinntektene og kostnadene ved olje- og gassproduksjonen. Olje- og gassutvinningen gir

Lars Lindholt, konsulent ved Seksjon for ressurs- og miljøøkonomi.  
E-post: lars.lindholt@ssb.no

normalt en meravkastning sammenlignet med annen økonomisk aktivitet, fordi de er endelige ressurser.

Størrelsen på petroleumsformuen er naturlig nok svært avhengig av hvilke priser produsentene av olje og gass mottar for sine ressurser. Dersom en internasjonal CO<sub>2</sub>-avgift (eller et system med omsettbare kvoter) fører til at disse prisene reduseres, blir resultatet at petroleumsformuen blir mindre. Det er dermed interessant å studere hva som kan skje med olje- og gassprisene ved innføring av en CO<sub>2</sub>-avgift. På et gitt tidspunkt vil en CO<sub>2</sub>-avgift vanligvis føre til både lavere produsentpris (råoljepris) og høyere oljepris for konsumentene (pris på sluttprodukt). Dersom tilbudet av olje eller gass varierer mye med prisendringer, vil virkningen på konsumentprisen bli størst, mens prisen for produsentene i mindre grad påvirkes. Avgiftene vil i så fall ha stor betydning for det omsatte kvantum og dermed stor effekt på utslippene av CO<sub>2</sub>. Siden fossile brensler er endelige ressurser, vil produsentene ta hensyn til at utvinning av ressursen i dag reduserer framtidige produksjonsmuligheter. Byrdefordelingen mellom konsumenter og produsenter vil dermed kunne endres over tid.

I denne artikkelen benyttes en modell for olje-, gass- og kullmarkedene (Petromodellen), for å analysere effekten av CO<sub>2</sub>-avgifter på tilbud og etterspørsel av fossile brensler. Dermed kan også virkningen på Norges olje- og gassformue utledes. Petromodellen er en dynamisk modell, som tar hensyn til (forventninger om) framtidige markedsforhold.

Studien følger opp Berg m.fl. (1996 og 1997), som ser på hvordan en CO<sub>2</sub>-avgift på \$10 pr. fat oljeekvivalent påvirker petroleumsformuen til produsentene av olje og gass. Petromodellen er nå utvidet med en etterspørselsregion, for å kunne studere Annex B-området. I tillegg ser denne studien

\* Takk til Torstein Bye, Karine Nyborg og Knut Einar Rosendahl for kommentarer til tidligere utkast.

### Beskrivelse av modellen

Petro-modellen er beskrevet i Berg m.fl. (1996, 1997). I forhold til Berg m.fl. er modellen utvidet med en ekstra region på etterspørselssiden bestående av Russland, Ukraina og de tidligere Sentral- og Øst-Europeiske land. Se forøvrig Lindholt (1998) for nye numeriske spesifikasjoner som følge av dette.

Modellen har en lang tidshorison og beskriver de internasjonale markedene for olje, gass og kull. Siden fossile brensler er endelige og ikke-fornybare ressurser, vil utvinning av én enhet i dag redusere produksjonsmulighetene i framtiden. Derfor vil produsentene kreve en méravkastning for å selge i dag. Det antas at produsentene har perfekt kunnskap, og de tar i modellen derfor ikke bare hensyn til eksisterende priser og markedsforhold, men også framtidig utvikling i disse størrelsene. Tilbudet av fossile brensler blir en funksjon av både historiske fakta og forventninger om framtiden. Produsentene søker å utvinne sine ressurser i et slikt tempo at det gir størst mulig petroleumsformue. Forbrukernes etterspørsel er derimot antatt å kun avhenge av inntekten og priser i den enkelte periode.

Det er fire etterspørselsregioner i modellen; OECD-Europa, Rest-OECD, en region bestående av de tidligere Sentral- og Øst-Europeiske landene, Russland og Ukraina og en region bestående av resten av verden (Ikke-Annex B). Modellen spesifiserer tre fossile brensler; olje, gass og kull. Etterspørselen etter et fossilt brensel avtar med prisen på dette brensllet og øker med prisen på de to andre brenslene. Etterspørselen øker over tid på grunn av økonomisk vekst, som for hver region bestemmes utenfor modellen. Den årlige veksten i BNP er størst i Ikke-Annex B. En økning i inntekten utenfor OECD gir en noe større økning i etterspørselen enn i OECD. Det eksisterer en karbonfri, alternativ energikilde (en såkalt backstop-teknologi) til en bestemt kostnad på ethvert tidspunkt. På grunn av teknologisk framgang reduseres denne kostnaden over tid. Forbrukerne vil aldri etterspørre et fossilt brensel dersom prisen på brensllet er høyere enn prisen på den alternative energikilden. Den foreligger i ubegrenset mengde og kan erstatte oljen i alle anvendelser.

Den relevante konsumentprisen på et brensel i en region er summen av produsentprisen, leveringskostnader og eksisterende avgifter og subsidier. Karbonavgiften kommer i tillegg til leveringskostnader og eksisterende avgifter. Karbonav-

giftene legges på konsumet av de fossile brensler, og varierer med karboninnholdet i brenselet.

Prisen på den alternative energikilden fratrukket disse avgiftene og leveringskostnadene danner et tak for hvor høyt produsentprisen kan bli for hvert brensel til ethvert tidspunkt, og vil i fortsettelsen bli kalt den *maksimale produsentprisen*.

Oljemarkedet er delt inn i to grupper produsenter; OPEC, som har lave kostnader, og en fløy av høykostnadsland. For å studere betydningen av markedsrett studeres to ulike situasjoner. I den første modellversjonen fungerer OPEC som et kartell, og tar hensyn til at deres egen produksjon påvirker prisen. De tar produksjonen fra fløyen for gitt. Fløyen er en frikonkurranseprodusent, og tilpasser produksjonen etter den gitte prisen. I den andre versjonen er hele oljemarkedet et frikonkurransemarked. Likevektsløsningen er de priser og kvanta som tilfredsstillt maksimeringsproblemet til begge typer produsenter. De initiale enhetskostnadene er satt lik \$3,3 og \$10,9 pr. fat olje for henholdsvis OPEC og fløyen. Enhetskostnadene til produsentene antas å øke etter hvert som oljeressursene tappes. Dessuten forutsettes det teknologisk framgang i utvinningen av olje.

Markedet for naturgass er delt inn i tre regioner; OECD-Europa, Rest-OECD og Ikke-OECD. Fordi gass er kostbart å transportere, foregår det ingen handel mellom regionene. Produsentenes kostnadsstruktur er modellert på samme måte som for oljemarkedet. Alle de tre regionene er modellert som frikonkurransemarkeder. Siden vi studerer konsekvenser for Norge, fokuseres det på resultatene fra OECD-Europa. De initiale enhetskostnadene er satt lik \$7,0 pr. fat oljeekvivalent for OECD-Europa.

Kullmarkedet er modellert som et globalt frikonkurransemarked. På grunn av store kullreserver i verden, forutsettes ikke utvinning i dag å øke kostnadene senere. Produsentene vil dermed fokusere på hver periode for seg. Teknologisk framgang fører til lavere kostnader over tid. De initiale enhetskostnadene er satt lik \$8,8 pr. fat oljeekvivalent.

Modellen går fram til 2130 med perioder på 10 år. For eksempel kan resultatet for år 2010 tolkes som et gjennomsnitt over perioden 2005-2015.

en altså på hvilke CO<sub>2</sub>-avgifter (-kvotepriser) som må til for å oppfylle gitte utslippskrav over tid. Det vil spesielt bli fokusert på oljemarkedet, men også gassmarkedet i OECD-Europa vil bli drøftet. Modellen er beskrevet i tekstboksen.

Selv om U-landene ikke fikk noen forpliktelser i første omgang i Kyotoprotokollen, kan det bli rettet utslippskrav mot disse landene allerede på neste partskonferanse i november i Buenos Aires. Derfor vil jeg i tillegg se på et scenario med globale utslippskrav. I tilfellet med ytterligere utslippskrav antas at hele verden skal oppfylle Kyoto-kravet ved å redusere utslippene med 5,2 prosent i 2010. I tillegg skal

verdens utslipp ligge 20 prosent under 1990-nivået i år 2020. I begge scenariene er det forutsatt at utslippene holdes konstante når kravet først er innfridd.

Jeg vil først se på referansebanen uten CO<sub>2</sub>-avgift i modellversjonen der OPEC opptre som et kartell. Deretter vil jeg se på virkninger av en gjennomføring av Kyotoprotokollen, før jeg ser på konsekvensene av en mer omfattende klimavtale. Så vil jeg diskutere virkningen av frikonkurranse i oljemarkedet. Dette gjøres fordi forutsetningen om situasjonen på oljemarkedet vil påvirke både størrelsen på CO<sub>2</sub>-kvoteprisen og tapet av oljeformue som følge av en klima-

avtale. På grunn av ulikt karboninnhold vil en avgift på 1 dollar pr. fat olje tilsvare henholdsvis \$0,71 og \$1,24 pr. fat oljeekvivalent for henholdsvis gass og kull.<sup>1</sup>

## Referansebanen med OPEC som kartell

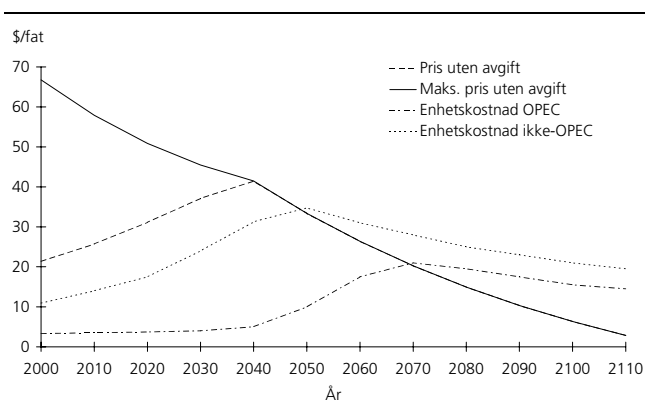
Figur 1 viser modellens prediksjoner av utviklingen i oljeprisen og enhetskostnadene til OPEC og fløyen, i tilfellet uten utslippskrav og der OPEC opptrer som et kartell. Oljeprisen i år 2000 er om lag \$21. Dette er adskillig høyere enn dagens oljepris. I dagens situasjon kan OPEC ikke sies å opptre som et enhetlig kartell der deltakerne har sammenfallende interesser. Dermed vil medlemmene av kartellet i virkeligheten være mindre villige til å redusere produksjonen for å oppnå en høyere pris. Dessuten gir modellen en langsiktig prisbane, slik at kortsiktige endringer ikke fanges opp. Dagens lave oljepris skyldes blant annet at markedet er inne i en periode med redusert oljeetterspørsel på grunn av krisen i Asia.

Prisen stiger fra om lag \$21 pr. fat i første periode til den når sin toppverdi på \$41 i 2040. Fra og med denne perioden ligger produsentprisen på maksimumsprisen, bestemt av prisen på den alternative energikilden, eksisterende avgifter og leveringskostnader. Fra da av reduseres produsentprisen på grunn av teknologisk framgang for den alternative, karbonfrie energikilden. Figuren viser at enhetskostnadene stiger sterkere i fløyen. Årsaken er at de produserer mer enn kartellet de første periodene, samtidig som OPEC har større ressurser som kan ekstraheres til lavere kostnader.

Figur 2 viser produksjonen i fløyen og OPEC før innføringen av avgifter. Fløyen produserer omtrent dobbelt så mye som kartellet i første periode. Fordi økt produksjon i en periode øker kostnadene i framtiden, har både OPEC og fløyen incentiver til å begrense produksjonen. Kartellet har markedsrett og tar hensyn til at økt produksjon gir lavere pris i samme periode. Dette er årsaken til at OPEC produserer mindre enn fløyen, selv om kostnadene er lavere. Fløyen produserer de første 50 årene, før enhetskostnadene når den maksimale produsentprisen mellom 2040 og 2050. Da er det ikke lenger lønnsomt med videre utvinning. OPEC øker også produksjonen noe i de første periodene, før kartellet tar over hele markedet. Kartellet slutter å utvinne olje i 2070. Da er det heller ikke lønnsomt for kartellet å produsere, fordi den alternative energikilden har blitt tilstrekkelig rimelig.

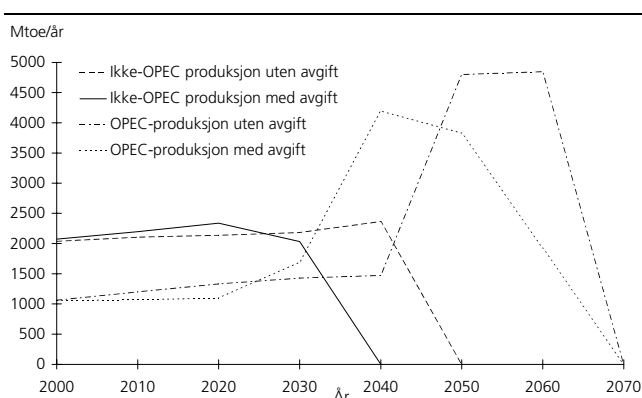
Utviklingen i gassmarkedene varierer mellom regionene. Produsentprisen på gass i OECD-Europa øker fra noe under \$10 pr. fat oljeekvivalent til den når sin maksimale verdi på \$24 i 2070 i referansebanen uten avgift. Produksjonen er forholdsvis stabil helt til gassproduksjonen ikke lenger er lønnsom i 2080, og den alternative energikilden overtar. Det siste året med produksjon i Rest-OECD er 2050, mens gass blir produsert og konsumert fram til og

Figur 1. Produsentpris og enhetskostnader i oljeproduksjonen i kartelltilfellet



Kilde: Statistisk sentralbyrå.

Figur 2. Oljeproduksjon med og uten Kyoto-krav i kartelltilfellet



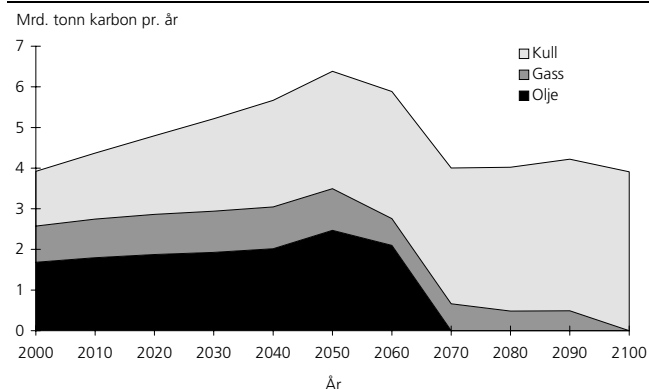
Kilde: Statistisk sentralbyrå.

med 2090 i Ikke-OECD. Produksjonen varer lenger her, fordi regionen har større mengder gass med lavere utvinningskostnader og avgifter.

Kull blir produsert og konsumert over hele perioden, og vil ikke bli erstattet av den alternative energikilden på grunn av lav pris og lave eksisterende avgifter på kull.

Figur 3 viser utslippene av karbon i Annex B i referansebanen uten avgift, når OPEC fungerer som et kartell. Utslippene øker fra 3,9 milliarder tonn karbon årlig i år 2000 og når en toppverdi på 6,4 milliarder i 2050. Utslippene av karbon fra kull mer enn fordobles fram til 2050. Oljeforbruket vil gradvis bli erstattet av den karbonfrie, alternative energikilden fra 2050 til 2070, fordi kostnaden ved den alternative teknologien faller over tid. De samlede utslippene vil derfor bli redusert i denne perioden. Ettersom forbruket av kull øker noe igjen etter dette, stiger utslippene svakt fram til den alternative energikilden har fortrent gass i 2100.

<sup>1</sup> I tilfellet med Kyotokravet legges avgiften på konsumet *utenfor* Annex B i 2040. Dette må gjøres av modelltekniske årsaker. Det kan likevel være realistisk, da det sannsynligvis etterhvert vil komme utslippskrav også til resten av verden.

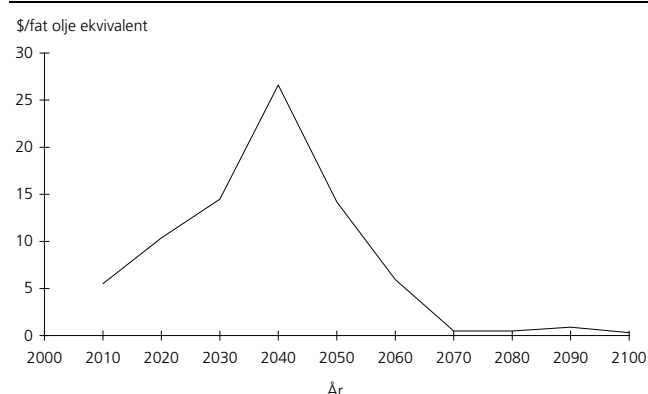
**Figur 3. Utslipp av karbon fra olje, kull og gass i Annex B**

Kilde: Statistisk sentralbyrå.

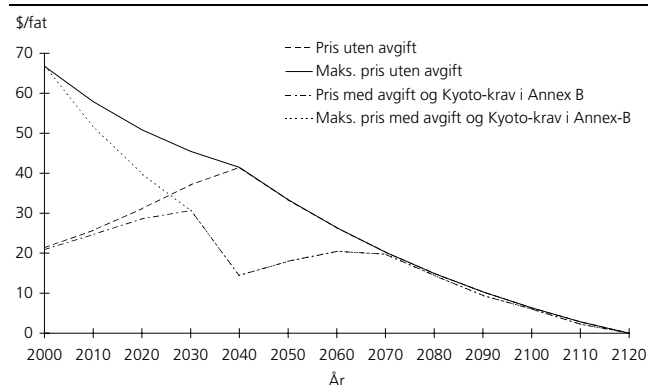
### Virksomheter av en gjennomføring av Kyotoprotokollen

For å oppfylle utslippskravet fra Kyoto, må Annex B redusere utslippene ned til 3,77 milliarder tonn karbon fra og med 2010. Det forutsettes at utslippene holdes på dette nivået i senere perioder. Avgiften legges nå på konsumert av de fossile brensler i hver periode, gitt utslippskravene i Kyoto-protokollen. Fordi avgiftsnivået i en periode også påvirker utslippene i andre perioder, må avgiftene innføres simultant i modellen. For å begrense de stadig økende utslippene i de første periodene som figur 3 viser, synes det rimelig at avgiften først vil stige. Siden utslippene etter hvert synker, synes det også å være naturlig å anta at avgiftene vil kunne reduseres. Figur 4 viser utviklingen i CO<sub>2</sub>-avgiften pr. fat oljeequivalent over tid, som må til for at Annex B akkurat skal oppfylle kravene i Kyoto-protokollen. Det antas at avgiften først innføres i 2010<sup>2</sup>. Når OPEC opptrer som et kartell må avgiften øke fra om lag \$6 i år 2010 til \$15 i 2030, for deretter å stige til et toppnivå i år 2040 på \$27. Deretter synker avgiften ned til noe under \$1 i 2070. Da er det ikke lenger lønnsomt å produsere olje, fordi den karbonfrie energikilden er blitt svært rimelig.

Figur 5 viser utviklingen i produsentprisen etter at avgiften er innført. Siden den maksimale produsentprisen er prisen på den alternative energikilden fratrukket avgifter, reduseres den maksimale produsentprisen med hele avgiften i hver periode. Vi ser at utslaget på produsentprisen er minimal i begynnelsen. I år 2000 reduseres prisen helt marginalt, fordi avgiften først innføres i 2010. I år 2010 reduseres produsentprisen med kun \$1,1. Avgiften er på \$6,2, og dette betyr at konsumentprisen stiger med \$5,1. Dermed vil konsumentene bære nesten hele avgiftsbyrden i begynnelsen. Innføring av avgiften fører til at oljeprisen når sin toppverdi i 2030, en periode tidligere enn i tilfellet uten avgift. Da er prisen \$6,5 lavere enn den ville vært uten avgift. Først i 2040 reduseres produsentprisen med hele avgiften på \$27. Det betyr at i de første 40 årene er det konsumentprisen som endres mest som følge av avgiften, mens det er produsentene som fra da av bærer hele avgiftsbyrden. År-

**Figur 4. CO<sub>2</sub>-avgift i tilfellet med Kyoto-krav i Annex B og OPEC som kartell**

Kilde: Statistisk sentralbyrå.

**Figur 5. Produsentpris på olje med og uten Kyoto-krav i kartelltilfellet**

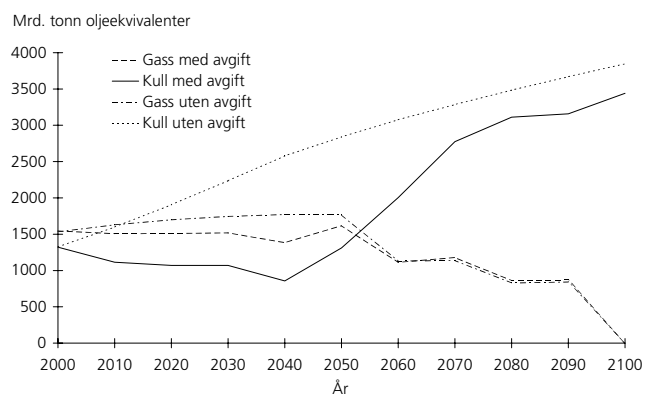
Kilde: Statistisk sentralbyrå.

saken til dette ligger på tilbudssiden i modellen, som jeg nå skal se nærmere på.

Figur 2 i forrige avsnitt viser hvordan produksjonsprofilene i OPEC og fløyen endres som følge av CO<sub>2</sub>-avgiften. OPEC reduserer produksjonen med 11 prosent i 2010 og 18 prosent i 2020. Kartellet reduserer produksjonen for å holde oljeprisen oppe på noenlunde samme nivå som før avgiften ble innført. Fløyen tar oljeprisen for gitt. Fløyen finner det optimalt å øke produksjonen i 2000, 2010 og 2020, når reduksjonen i produsentprisen er minimal. Når prisen reduseres med hele avgiften i 2040, er det ikke lenger lønnsomt for fløyen å produsere. Siden oljeprisen hele tiden ligger under den opprinnelige banen, er fløyens samlede produksjon redusert med 20 prosent. Oljeformuen utenfor OPEC reduseres med om lag 15 prosent (slik den måles som nåverdien av framtidig petroleumsrente). Fra og med 2040 tilfredsstiller OPEC hele etterspørselen til den maksimale produsentprisen, så lenge kartellets enhetskostnader ikke overstiger denne. I 2070 har den fornybare, alternative energikilden blitt rimeligere enn olje, og det er ikke lønnsomt for OPEC å produsere.

2 Dersom avgiften ble innført i 2000, ville dette ført til et marginalt lavere avgiftsnivå i de to første periodene.

Figur 6. Forbruk av gass og kull i Annex B



Kilde: Statistisk sentralbyrå.

Selv etter innføring av avgiften stiger oljeforbruket noe i Annex B over tid fram til 2040, i likhet med den globale oljeproduksjonen. Vi ser av figur 6 at det spesielt er forbruket av kull som reduseres gjennom hele denne perioden etter at avgiften er innført. Allerede i år 2020 er kullforbruket nesten halvert i forhold til referansebanen. Kull inneholder mer karbon, slik at avgiften er relativt høyere enn for gass og olje. Avgiften fører også til en viss reduksjon i forbruket av gass de første tiårene. Årsaken er at avgiften gir relativt høyere priser på gass og spesielt kull i forhold til olje, fordi oljeprisen er høyere pr. fat oljeekvivalent. Dette skjer for naturgassens del på tross av at det er et renere brensel, og skyldes at det er utviklingen i relative og ikke absolutte priser som har betydning for valget av energibærer. Derfor vil det bli relativt større etterspørsel etter olje i de første periodene. Når avgiften når en topp i 2040, viste figur 2 at fløyen stanser sin oljeutvinning, og kartellets oljeproduksjon begynner å avta. Ettersom produksjonen faller helt til den stanser opp i 2070, reduseres avgiften også i denne perioden. Figur 6 viser at fra og med 2050 begynner kullforbruket å øke, i takt med at CO<sub>2</sub>-avgiften avtar. Gasskonsumet i Annex B følger omtrent samme utviklingen som i referansebanen uten avgift fra og med 2050. Årsaken til at forbruket av gass faller trinnsvis i denne perioden, er at gassproduksjonen blir ulønnsom og fases ut i de tre produksjonsregionene.

Et sentralt poeng er at dersom bare OECD hadde fått utslippskrav i Kyoto, måtte avgiftene (og kvoteprisen) ha vært høyere til å begynne med. Dersom man forutsetter et effektivt kvotemarked, viser modellen at OECD faktisk kan øke utslippene med 2,4 prosent fra 1990 til 2010, på grunn av store utslippsreduksjoner i Russland, Ukraina og de tidligere Østeuropeiske landene. Sammenbruddet og oppløsningen av Sovjetunionen på begynnelsen av 90-tallet førte til at utslippene i 1994 i denne delen av Annex B lå om lag 26 prosent lavere enn i 1990. Disse landene har således fått forpliktelser de vil kunne oppfylle med god margin uten at de må gjennomføre tiltak (og dette kalles fenomenet med "hot air").

## Virksomheter i gassmarkedene

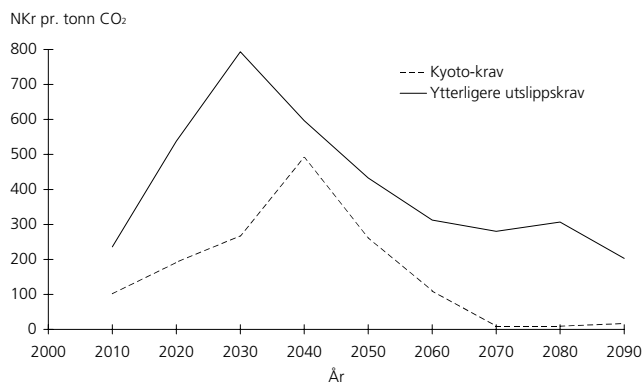
Når avgifter innføres, reduseres produsentprisen noe over hele horisonten i de tre regionene som produserer gass. I likhet med oljemarkedet faller imidlertid størstedelen av byrden på konsumentene i de første periodene. Samlet produksjon reduseres med henholdsvis 11 prosent, 6 prosent og 5 prosent i OECD-Europa, Rest-OECD og Ikke-OECD. Årsaken til redusert produksjon etter innføringen av CO<sub>2</sub>-avgiften er som tidligere nevnt at avgiften gir relativt høyere priser på gass enn olje, fordi oljeprisen (inkludert andre avgifter) er høyere pr. fat oljeekvivalent. Dette skjer altså på tross av at gass er et renere brensel enn olje. Utvinningsbanen i OECD-Europa reduseres i de fem første periodene, men produksjonen er høyere i 2060-2070 sammenlignet med referansebanen uten CO<sub>2</sub>-avgift, fordi CO<sub>2</sub>-avgiften da er lav. Gassformuen i OECD-Europa reduseres med om lag 18 prosent etter at CO<sub>2</sub>-avgiften er innført. For Norge sin del er tapet i både olje- og gassformue oppsummert i figur 11. Det er forutsatt at det relative tapet i Norges olje- og gassformue er lik den prosentvise nedgangen i henholdsvis fløyens oljeformue og gassformuen i OECD-Europa.

## Konsekvenser av ytterligere utslippskrav

De globale utslippene øker fra 5,9 milliarder tonn karbon i 1990 og når en toppverdi i referansebanen uten avgift på 12,1 milliarder i 2060. Utslippene stiger forøvrig raskere utenfor Annex B på grunn av sterkere økonomisk vekst, samt at en gitt inntektsvekst i denne regionen gir større etterspørsel etter fossile brensl. Spesielt stiger forbruket av kull raskere utenfor Annex B.

Med ytterligere utslippskrav menes at hele verden først reduserer sine utslipp med 5,2 prosent i 2010 i forhold til 1990, for så å ytterligere redusere med 20 prosent i 2020 i forhold til 1990. Den globale avgiften legges på konsumet fra 2010. Figur 7 viser avgiften regnet om til en CO<sub>2</sub>-kvotepris. Med et effektivt internasjonalt kvotemarked vil kvoteprisen samsvare med den avgiften som skal til for å oppnå samme utslippsreduksjon. Ved å sette \$1 lik 7,5 Nkr, vil en karbonavgift på 1 dollar pr. fat olje med et effektivt internasjonalt kvotemarked tilsvare 18,5 Nkr pr. tonn CO<sub>2</sub>. Dette innebærer dermed at kvoteprisen bare er en proporsjonal endring av CO<sub>2</sub>-avgiftsbanen.

Ytterligere utslippskrav fører til at avgiften, og dermed CO<sub>2</sub>-kvoteprisen, i alle periodene må ligge over avgiftsnivået i tilfellet med forpliktelser bare for Annex B. Årsaken er spesielt at konsumet av kull nå er mye større, fordi vi ser på det globale forbruket. Avgiften stiger nå kraftig fra \$10 pr. fat oljeekvivalent i 2010 og helt opp mot \$40,7 i 2030. For OPEC er det nå lønnsomt å redusere produksjonen kun i den første perioden for å holde oljeprisen oppe, sammelignet med situasjonen med Kyoto-krav i figur 2. Den høye avgiften fører til at produsentprisen etterhvert synker dramatisk, slik at det ikke er lønnsomt for fløyen å produsere mer enn de to første periodene. Med ytterligere utslippskrav er nå fløyens oljeformue redusert med hele 42 prosent. Når det gjelder gassmarkedet i OECD-Europa, så reduseres produsentprisen ytterligere i forhold til tilfellet

**Figur 7. Utvikling av CO<sub>2</sub>-kvoteprisen i kartelltilfellet**

Kilde: Statistisk sentralbyrå.

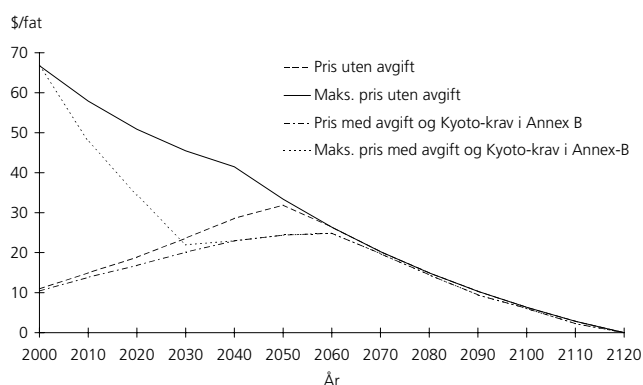
med Kyoto-krav, og produksjonen blir noe lavere. Gassformuen i OECD-Europa reduseres nå med 34 prosent, mot 18 prosent med utslippskrav bare for Annex B. Formueseffektene for Norge er oppsummert i figur 11.

### Frikonkurranse i oljemarkedet

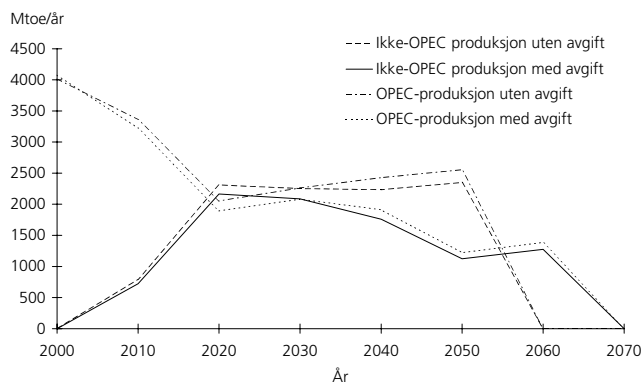
Jeg vil her fokusere spesielt på oljemarkedet, fordi resultatene i gassmarkedene er omtrent de samme som i kartellmodellen.

Dersom OPEC oppløses og oljemarkedet blir et frikonkurransemarked, viser modellberegningene at det vil ha store konsekvenser for priser og produksjon, som vist i figur 8 og 9. OPEC holder ikke lenger tilbake på produksjonen for å holde oljeprisen oppe. De firedobler nå sin produksjon i første periode, og dette bringer den initiale oljeprisen ned til om lag 11 dollar i år 2000, dvs. om lag på samme nivå som dagens oljepris. Dette betyr ikke nødvendigvis at dagens oljemarkedet i større grad fungerer som et frikonkurransemarked enn som et marked der OPEC opptrer som et effektivt kartell. Det kan være kortsiktige fenomen med redusert etterpørsel for en periode som har gitt dagens lave oljepriser. Slike fenomen vil ikke bli fanget opp i modellens langsiktige prisbaner. Dessuten er det et tegn på kartellatferd at OPEC har foretatt to relativt store produksjonskutt i 1998 i den hensikt å heve oljeprisen. Scenariet med frikonkurranse er derfor ment som et tenkt tilfelle. Diskusjonen om hvem som skal redusere produksjonen kan for eksempel føre til så stor slitasje at de enkelte medlemsland ser helt bort fra produksjonskvotene.

Den lave oljeprisen gjør at høykostlandene finner det optimalt å vente med produksjonen til andre periode, og først i tredje periode oppnår disse samme produksjonsnivå som de har når OPEC opptrer som et kartell. På grunn av høy produksjon initialt, stanser OPEC produksjonen en periode tidligere, mens fløyen produserer en periode lenger sammenlignet med kartelltilfellet. Oppløsningen av OPEC har store negative konsekvenser for de øvrige produsentlandene. Fløyens oljeformue reduseres med hele 71 prosent.

**Figur 8. Produsentpris på olje med og uten Kyoto-krav i frikonkurransetilfellet**

Kilde: Statistisk sentralbyrå.

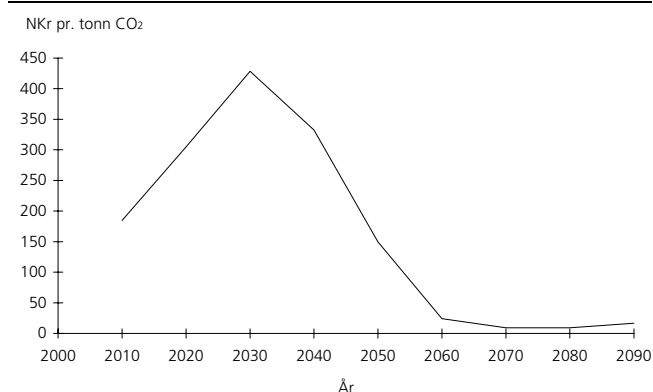
**Figur 9. Oljeproduksjon med og uten Kyoto-krav i frikonkurransetilfellet**

Kilde: Statistisk sentralbyrå.

Kyoto-krav for Annex B og innføring av avgift i en situasjon med frikonkurranse fører til at produsentprisen reduseres ytterligere. Vi ser fra figur 8 at utslaget er relativt større enn i situasjonen med OPEC som kartell fram til 2040. Det skyldes at OPEC-landene ikke finner det optimalt å begrense sin produksjon like mye. Dermed faller en større byrde på produsentene i høykostlandene, og reduksjonen i fløyens oljeformue som følge av avgiften blir større, rundt 30 prosent. Formueseffektene for Norge er oppsummert i figur 11. Alt i alt fører kombinasjonen av frikonkurranse og CO<sub>2</sub>-avgift til at fløyens oljeformue reduseres med hele 80 prosent, i forhold til kartellsituasjonen uten avgift. Forøvrig viser figur 9 at det er lønnsomt for både OPEC og fløyen å utsette noe av oljeproduksjonen, slik at de produserer en periode lenger enn i tilfellet uten avgift. Årsaken er at CO<sub>2</sub>-avgiften er lav i 2060 og 2070 og produsentprisen reduseres lite.

Den globale oljeproduksjonen er altså høyere i frikonkurransetilfellet i de første periodene. Det viser seg at også oljeforbruket i Annex B er høyere enn i situasjonen med OPEC som kartell. Med frikonkurranse er det initiale oljeforbruket nå nesten 30 prosent høyere. Dette fører til at av-

**Figur 10. Utviklingen av CO<sub>2</sub>-kvoteprisen i tilfellet med Kyoto-krav og frikonkurranse**



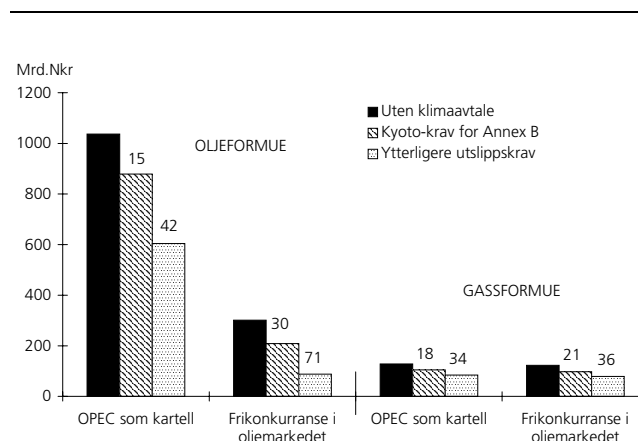
Kilde: Statistisk sentralbyrå.

giften i Annex B må ligge høyere fram til 2030 i tilfellet med frikonkurranse. Figur 10 viser utviklingen i kvoteprisen som samsvarer med denne avgiften, og forutsetter altså et effektivt, internasjonalt kvotemarked. Kvoteprisen øker fram til 2030, og i denne perioden er det spesielt kullkonsumet som synker. Etter 2030 synker oljeforbruket i Annex B, og kvoteprisen avtar. Utslippene og dermed kvoteprisen er den samme i frikonkurransetilfellet som med OPEC som kartell, når oljeproduksjonen opphører i 2070.

Figur 7 viste utviklingen i CO<sub>2</sub>-kvoteprisen i tilfellet med Kyoto-krav og OPEC som kartell. Sammenligner man med frikonkurransetilfellet ovenfor, kan man som en oppsummering si at uansett forutsetning om OPECs atferd, vil kvoteprisen stiger fra om lag 100-200 Nkr pr. tonn CO<sub>2</sub> i 2010 til om lag 300-400 Nkr i 2030. I Miljøverndepartementet (1998) henvises det til kvotepris-beregninger fra flere institusjoner både i Norge og andre land, herunder CICERO og OECD. Under ulike forutsetninger varierer prisanslagene fra 50 Nkr til 200 Nkr pr. tonn CO<sub>2</sub> i 2010, og det velges et gjennomsnittlig anslag pr. tonn på 125 Nkr for perioden 2008-2012. Dette anslaget ligger således innenfor det prisintervallet som modellen her gir, men i tillegg peker altså denne artikkelen på mulige utviklingsbaner etter 2010.

I likhet med kartelltilfellet fører *ytterligere utslippskrav* til at avgiften, og dermed kvoteprisen, i alle periodene nå må ligge over avgiftsnivået i tilfellet med Kyoto-krav. Producentprisen på olje reduseres nå adskillig mer i den perioden fløyen produserer i forhold til situasjonen med frikonkurranse og utslippskrav for Annex B i figur 8. Fløyens produksjon reduseres derfor også over hele perioden og er 36 prosent lavere enn i tilfellet uten utslippsforpliktelser. Dette fører til at fløyens oljeformue nå reduseres med hele 71 prosent, mot 30 prosent med dagens Kyoto-krav. Virkningene i gassmarkedene endres lite i forhold til kartelltilfellet med ytterligere utslippskrav.

**Figur 11. Norges olje- og gassformue ved ulike utslippskrav. Tallene over søylene er den prosentvise nedgang fra referansebanen uten utslippsforpliktelser**



Kilde: Statistisk sentralbyrå.

## Oppsummering av formuesvirkninger for Norge

Resultatene i modellen har hittil vært for fløyen og OECD-Europa som helhet. Det relative tapet av oljeformue antas nå å være det samme for Norge som for fløyen som helhet. Tallet for oljeformue i figur 11 fremkommer ved å ta andelen av fløyens oljeformue i modellen som tilsvarer Norges andel av oljereservene i fløyen i 1994. Det relative tapet av gassformue antas tilsvarende å være det samme for Norge som for OECD-Europa som helhet. Gassformuen anslås som andelen av gassformuen i OECD-Europa som tilsvarer Norges andel av de respektive gassreservene i regionen i 1994.

Finans- og tolldepartementet (1997) anslår Norges totale petroleumsformue i 1997 til 750 mrd. Nkr (når verdien av sektorens realkapital trekkes fra). Finansdepartementet benytter en konstant oljepris på 115 Nkr. Anslaget på den totale petroleumsformuen i tilfellet med OPEC som kartell og uten klimaavtale, er høyere i denne studien, blant annet fordi oljeprisen stiger en del. Den estimerte gassformuen hefter det større usikkerhet ved, fordi gassmarkedet er enklere modellert.

Det er viktig å påpeke at både tilfellet med enhetlig kartell og ren frikonkurranse er konstruerte markedsituasjoner. Dagens oljemarked kan vel sies å ha trekk fra begge disse tilfellene.

## Usikkerhet og sensitivitetsanalyser

Et karakteristisk trekk ved markeder for fossile brensler er at det er ufullkommen konkurranse. Siden gassmarkedene er modellert som frikonkurransemarkeder, er det større usikkerhet knyttet til resultatene herfra. Større kritikk kan kanskje rettes mot at kullmarkedet også er modellert som et frikonkurransemarked, med en svært enkel kostnadsfunksjon. Det er usikkert hvordan dette slår ut i forhold til resultatene.

Det er stor usikkerhet knyttet til verdien av flere av parametrene. For å undersøke hvordan resultatene avhenger av spesielle numeriske antakelser, er det foretatt enkelte sensitivitetsanalyser. Resultatene gjelder oljemarkedet i kartelltilfellet.

En sterkere *teknologisk framgang* i fløyen vil føre til større produksjon. Men siden den samlede produksjonen og dermed utslippene også øker, må CO<sub>2</sub>-avgiften være større for at utslippskravene skal nås. Resultatet blir om lag den samme relative reduksjonen i oljeformuen, selv om den har økt i kroneverdi i forhold til situasjonen med mindre teknologisk framgang. Lignende effekter får man jo høyere prisen på den *alternative energikilden* er, og jo lavere den teknologiske utviklingen i denne energikilden blir. Konklusjonen blir at dersom ulike forhold gir økt oljeproduksjon både i fløyen og samlet sett, så vil avgiftene måtte settes høyere og de relative virkningene på oljeformuen endres lite. På den annen side vil avgiften og kvoteprisen på CO<sub>2</sub> øke, slik at størrelsen på disse er mer sensitive overfor endringer i slike forhold.

## Konklusjon

Denne studien viser at for å oppfylle utslippskravet for Annex B-landene i Kyoto-protokollen må internasjonale CO<sub>2</sub>-avgifter stige i de 30-40 første årene etter tusenårsskiftet. Dette er nødvendig for å redusere spesielt et stadig økende forbruk av kull i Annex B-landene. Dersom resten av verden skulle få ytterligere utslippskrav rettet mot seg, blir resultatet høyere avgifter. Uansett utslippskrav vil avgiftene kunne reduseres betraktelig, når den globale oljeproduksjonen begynner å falle, fordi en alternativ karbonfri energikilde erstatter oljen.

Resultatene for oljemarkedet viser at det i de første periodene er konsumentene som bærer den største belastningen ved innføring av CO<sub>2</sub>-avgifter, hvis OPEC oppfører seg som et kartell. Årsaken er at OPEC reduserer produksjonen for å holde oljeprisen oppe, noe som gjør at reduksjonen i produsentprisen ikke blir så stor i de første periodene. Med et effektivt internasjonalt kvotemarked indikerer resultatene en CO<sub>2</sub>-kvotepris som stiger fra 100 Nkr pr. tonn i 2010 til i underkant av 300 Nkr i 2030. Dersom oljemarkedet nærmer seg et frikonkurransemarked, vil oljeproduksjonen være høyere de første periodene og dette fører til en høyere kvotepris for å oppnå et gitt utslippskrav. I tillegg vil fallet i produsentprisen bli større under frikonkurranse, fordi produsentene tar oljeprisen for gitt. Resultatene antyder at kvoteprisen i dette tilfellet vil øke fra om lag 200 Nkr pr. tonn CO<sub>2</sub> i 2010 til nesten 400 Nkr i 2030.

Dagens oljemarked kan hverken fullt ut beskrives som en situasjon med et kartell med sammenfallende interesser, eller som et frikonkurransemarked der alle produsenter tar prisen for gitt. Dagens situasjon kan således sies å ha trekk fra begge disse markedsbeskrivelsene. Dersom OPEC opptrer som et kartell, viser simuleringene at Kyoto-kravet fører til en reduksjon i Norges oljeformue på om lag 15 prosent. Norge som oljeprodusent vil tape atskillig mer på at

OPEC oppløses, enn at Kyoto-protokollen innfris. Skulle OPEC oppløses, eller de enkelte medlemsland begynne å se helt bort fra sine produksjonskvoter, vil Norge kunne tape om lag 70 prosent av sin oljeformue i tilfellet *uten* utslippskrav. Dersom oljemarkedet nærmer seg et frikonkurransemarked, vil oppfyllelsen av kravene i Kyotoprotokollen kunne redusere oljeformuen med 30 prosent etter at avgifter innføres. Årsaken er at man på et slikt marked vil få et relativt større fall i produsentprisen på olje og dermed en relativ større reduksjon i oljeformuen. Selv om det relative tapet som følge av Kyoto-kravet er større enn i kartelltilfellet, så er tapet i milliarder kroner mindre, fordi fløyens formue allerede i utgangspunktet er vesentlig lavere i frikonkurransetilfellet. Kombinasjonen av frikonkurranse og Kyoto-kravet vil tilsammen kunne redusere formuen med nesten 80 prosent. Resultatene tyder på at Norge taper om lag 20 prosent av gassformuen ved realisering av Kyoto-protokollen, uavhengig av OPECs atferd.

Skulle utslippskravene i Kyotoprotokollen bli globale, og med ytterligere krav til reduksjoner, forsterkes disse resultatene. Dette vil gi høyere CO<sub>2</sub>-kvotepriser og større reduksjon i Norges olje- og gassformue.

## Referanser

- Berg, E., S. Kverndokk og K. E. Rosendahl (1996): Markedsmakt, internasjonal CO<sub>2</sub>-avgift og petroleumsmformue, *Økonomiske analyser* 1996, 2. Statistisk sentralbyrå.
- Berg, E., S. Kverndokk og K. E. Rosendahl (1997): Kartellgevinsten i oljemarkedet, *Økonomiske analyser* 1997, 3. Statistisk sentralbyrå.
- BP (1995): *Statistical Review of World Energy*, Juni.
- Burnieaux, J., J. P. Martin, G. Nicoletti og J. Oliveira Martins (1994): The Cost of Reducing CO<sub>2</sub>-emissions: Evidence from GREEN, Working Paper No. 115, Economics Department, OECD, Paris.
- Finans- og tolldepartementet (1997): *Nasjonalbudsjettet 1997*, St.meld.nr 1 (1996/1997).
- Lindholt, L. (1998): Nye numeriske verdier i en utvidet Petromodell. Upublisert notat. Statistisk sentralbyrå.
- Miljøverndepartementet (1998): *Norges oppfølging av Kyotoprotokollen*, St.meld.nr 29 (1997/98).