

MADS GREAKER
Forskningsleder ved Forskningsavdelingen, Statistisk sentralbyrå

KNUT EINAR ROSENDAHL
Forsker ved Forskningsavdelingen, Statistisk sentralbyrå



Klimapolitikk, teknologiutvikling og markedsmakt*

Teknologiutvikling vil være viktig for de framtidige kostnadene ved å redusere CO₂-utslipp. Det gjelder spesielt for CO₂-fangst, som kan spille en sentral rolle internasjonalt om et par tiår. Både klima- og teknologipolitikken vil påvirke utviklingen av slik teknologi i Norge så vel som i utlandet, og det er viktig å finne den rette kombinasjonen av ulike tiltak. I denne artikkelen viser vi at en ekstra streng klimapolitikk kan være fornuftig når teknologier for CO₂-fangst selges i et marked med få tilbydere. Den strenge politikken bidrar til å redusere prisen på slik teknologi via reduserte marginer for bedriftene. Klimapolitikken påvirker derimot ikke eksportmulighetene for norske teknologibedrifter. En viss FoU-støtte kan også være fornuftig, selv om vi ser bort fra spillovereffekter ved teknologiutvikling.

INNLEDNING

FNs klimapanel har nå slått fast at temperaturøkningene vi har observert de siste 50 årene med 90% sannsynlighet er menneskeskapte. Dersom ikke noe gjøres for å begrense utslippene, vil temperaturøkningene akselerere. I den nylig publiserte Stern-rapporten (Stern, 2006) anslås det at kostnadene ved ikke å gjøre noe med klimautslippene kan dreie seg om så mye som 5-10% av verdens bruttonasjonalprodukt årlig. Håpet ligger i at kostnadene ved å begrense utslippene høyst sannsynlig er langt lavere, noe Stern-rapporten også hevder.

Mesteparten av de farlige utslippene skyldes måten vi i dag skaffer oss energi på. Når vi brenner fossile brensler som

kull, olje eller gass, f.eks. for å lage elektrisitet, dannes gassen CO₂ som er den viktigste drivhusgassen. Klimapolitikken må derfor gjøre noe med dette for at den skal være effektiv. Det kan enten dreie seg om å erstatte fossile brensler med fornybar og atomenergi, spare på bruken av energi, eller fange inn CO₂-gassen slik at den ikke kommer ut i atmosfæren.

De fleste eksperter (se for eksempel OECD, 2004) mener at CO₂-fangst vil ha en svært viktig rolle å spille i den fremtidige klimapolitikken, også globalt. CO₂-fangst kan skje i gasskraftverk, i kullkraftverk og fra prosessindustri som stålverk og sementfabrikker. For Norges del er det CO₂-fangst i forbindelse med gasskraftverk som har vært

* Takk til referee for nyttige kommentarer på et tidligere utkast.

mest framme i debatten. Pr. i dag eksisterer det ingen gasskraftverk med CO₂-fangst, og det har vært lansert mange ulike ideer for å få dette til. Problemet er ikke først og fremst selve lagringen av CO₂-gassen. Det er å skille ut CO₂-gassen før eller etter forbrenningen av naturgassen som både er dyrt og komplisert.

CO₂-FANGST OG TEKNOLOGIUTVIKLING

En mulighet er å skille ut CO₂ fra naturgassen før den brennes slik at utslippene fra selve gasskraftverket i hovedsak blir overskuddsluft og vann. Prosessen som splitter naturgassen innebærer at det dannes CO₂ som må fanges inn og lagres. En annen mulighet er å rense avgassene fra et vanlig gasskraftverk for CO₂. Et problem med denne metoden er at avgassene fra gasskraftverk inneholder mye overskuddsluft. Den totale gassmengden som må renses er derfor stor slik at kostnadene blir høye. For å unngå dette har det også vært foreslått å brenne naturgass i ren oksygen. For å få til dette må man imidlertid skille oksygen fra luft i store mengder, noe som i seg selv er kostbart. (For mer om ulike teknologier, se OECD, 2004).

På tegnebrettet finnes det altså mange måter å bygge et gasskraftverk med CO₂ fangst på, og pr. i dag er det forskjellige oppfatninger om hva som vil være den beste metoden. Det er videre ventet at kostnadene ved CO₂-fangst vil falle ettersom man får prøvet ut de ulike metodene. Imidlertid er den internasjonale kvoteprisen på CO₂-utslipp i dag for lav til at CO₂-fangst lønner seg. Det er dermed liten grunn for potensielle utbyggere av gasskraft til å prøve ut teknologien i stor skala. Videre virker det som private teknologifirmaer er avventende til å drive egen forskning og utvikling av de ulike teknologiene. Dette er forståelig så lenge det råder stor usikkerhet om når et fremtidig marked for teknologien vil oppstå og hvor stort et slikt marked vil være.

Dersom norske myndigheter likevel ønsker at CO₂-fangst-teknologien skal videreutvikles, er det i prinsippet tre tiltak de kan benytte. For det første kan de regulere norsk gasskraftproduksjon strengere enn i resten av Europa slik at den implisitte prisen på CO₂-utslipp fra kraftverk blir høyere i Norge enn internasjonalt, noe som kan skape et nasjonalt marked for CO₂-fangst. For det andre kan de støtte forskning og utvikling av CO₂-fangstteknologien, f.eks. ved å subsidiere demonstrasjonsanlegg. For det tre-

dje kan de subsidiere fullskala CO₂-fangst anlegg, slik at dette blir lønnsomt for gasskraftselskaper.

Alle tre tiltakene vil gi mer forskning på CO₂-fangstteknologi. Spørsmålet er derfor hvilken kombinasjon av tiltak som vil gi mest mulig utvikling av CO₂-fangstteknologien per krone investert. Umiddelbart kan vi se et problem med det tredje tiltaket, dvs. subsidiering av fullskala CO₂-fangst anlegg. Tiltaket vil utvilsomt gi mer forskning på CO₂-fangstteknologi, men tiltaket betyr også at energiproduksjon generelt subsidieres. Dermed får vi et samfunnsøkonomisk tap som lett kan gjøre denne måten å drive frem forskning og utvikling på svært dyr.

HVORFOR STØTTE CO₂-FANGST?

Økonomisk teori tilsier generelt at myndighetene bør subsidiere forskning, utvikling og utprøving dersom det er såkalte positive eksternaliteter eller spillovereffekter knyttet til disse aktivitetene. Det vil si at viten som genereres gjennom disse aktivitetene ikke bare kommer firmaet som driver aktiviteten til gode, men også andre firmaer. Vanskeligheter med å beskytte nyvinninger med patenter vil generelt gjøre de positive eksternalitetene større, og argumentet for offentlig støtte sterkere. Samtidig er det viktig å være klar over at det antakelig finnes spillovereffekter i all forskning og utvikling (se f.eks. Hægeland og Møen, 2000). Så dersom man mener at forskning på klimavennlige teknologier skal ha noen form for prioritet mht. offentlig støtte, bør man ha gjort seg opp en mening om hvorfor det er viktigere å gi støtte til forskning og utvikling her enn i andre sektorer.

En mulig grunn kan være at det er vanskeligere å patentere nye ideer for CO₂-fangst enn nye ideer generelt. På den annen side har vi ikke sett noen studier som argumenterer godt for et slikt syn. En annen begrunnelse, som fremføres i Gerlagh mfl. (2006), kan være at FoU-støtten (målt i prosent av FoU-innsats) skal være størst når verdien av teknologien ventes å stige i framtida, fordi en større andel av gevinsten vil kunne komme etter at patenttida er omme og dermed tilfalle andre enn den som forsker. Spillovereffekten er da relativt stor i forhold til den bedriftsspesifikke gevinsten. Dette er helt klart relevant for CO₂-fangst, som ventes å bli et viktig klimatiltak i en verden med stadig stigende CO₂-priser. Det kan også argumenteres for at de store potensielle samfunnskost-

nadene ved klimaendringer, risikoaversjon og det lange tidsperspektivet fører til et ekstra stort avvik mellom privat og samfunnsmessig avkastning av FoU-innsats knyttet til klimavennlige teknologier.

En annen mulig grunn til å støtte forskning, utvikling og utprøving er at det kan gi nasjonal industri et konkurransefortrinn internasjonalt. Denne type argumentasjon diskuteres i såkalt strategisk handelsteori.¹ En konklusjon fra denne teorien er at det kan lønne seg å støtte FoU i eksportrettede næringer som er preget av imperfekt konkurranse internasjonalt, se f.eks. Leahy og Neary (1997,1999).

Selv om markeder for nye teknologier i mange tilfeller er dominert av noen få aktører, har strategisk handelsteori ikke tidligere vært anvendt på utvikling av nye miljøteknologier. I en nylig utkommet studie ved Forskningsavdelingen i Statistisk sentralbyrå (Greaker og Rosendahl, 2006) har vi studert nettopp dette med utgangspunkt i teknologi for CO₂-fangst. Vi har undersøkt hva som er optimal klima- og FoU-politikk for et enkeltland i en situasjon der fangstteknologi leveres av et begrenset antall innenlandske og utenlandske teknologi-bedrifter. Velferdsmålet er summen av konsument- og produsentoverskudd (samt offentlige inntekter) for innenlandske aktører. I det følgende avsnittet vil vi presentere og forklare noen generelle konklusjoner vi har funnet basert på teoretiske analyser. Deretter vil vi presentere resultater fra en anvendt studie for Norge.

OPTIMAL KLIMA - OG FOU-POLITIKK - GENERELLE KONKLUSJONER

Litteraturen om strategisk miljøpolitikk har så langt fokusert på konkurransevnen til forurensende industri på verdensmarkedet. Viktige spørsmål har vært i hvilken grad myndighetene skal gi denne industrien en mindre streng miljøregulering enn annen industri, og i hvilken grad slike incentiver leder til et velferdstap, se f.eks. Barrett (1994), Ulph (1994) og Greaker (2003). I det nye arbeidet skifter vi fokus fra den forurensende industrien til leverandørene av renseteknologi. Et viktig spørsmål er i hvilken grad miljøpolitikken kan brukes til å skape en leverandørindustri med en gunstig posisjon på verdensmarkedet for miljø-

teknologi. Et annet viktig spørsmål er om miljøpolitikken kan påvirke konkurransen i hjemmemarkedet, og ikke minst teknologibedriftenes marginer.

Vi baserer oss på en økonomisk modell med tre typer av aktører; i) konsumenter av elektrisk kraft (bedrifter og husholdninger), ii) kraftselskaper som vurderer å bygge gasskraftverk og iii) teknologifirmaer som tilbyr komplette løsninger for CO₂ fangst. Antallet teknologifirmaer er begrenset, og det er imperfekt konkurranse på dette markedet. En årsak kan være at det kreves store initiale investeringer for å delta på dette markedet, og at vi derfor har tiltagende skalautbytte. Videre antar vi at et av teknologifirmaene er innenlandsk, og at dette firmaet vil møte konkurranse av flere utenlandske firmaer på det fremtidige innenlandske så vel som det internasjonale markedet for CO₂-fangst.

Hvis vi bare ser på markedene for CO₂-fangst, er modellen veldig lik «Reciprocal Dumping» modellen til Brander og Krugman (1983) dvs. at hjemmemarkedet for CO₂-fangst er atskilt fra det internasjonale markedet for CO₂-fangst. Men i motsetning til Brander og Krugman's modell er etterspørselen i de to markedene ikke gitt eksogent. Den er tvert imot avhengig av de respektive myndighetenes miljøpolitikk som i modellen er utformet som en proporsjonal standard for kraftproduksjon basert på fossile brensler. Det vil si at kraftsektoren får tillatelse til å slippe ut en mindre mengde CO₂ per enhet kraft produsert.² Spørsmålet er så hvordan myndighetene i hjemlandet bør utforme sin politikk med utgangspunkt i de tre tiltakene som ble nevnt over gitt politikken i utlandet: Bør gasskraftproduksjonen reguleres strengere enn i utlandet, bør forskning og utvikling av CO₂-fangstteknologien støttes, og/eller bør implementering av fangstanlegg subsidieres slik at dette blir lønnsomt for kraftselskapene?

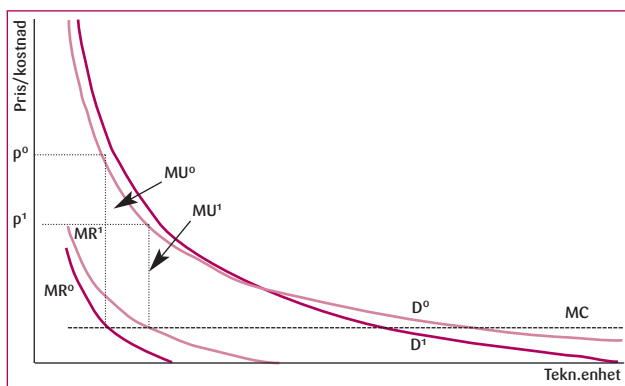
For det første finner vi at den proporsjonale standarden bør settes strengere enn det en tradisjonell lærebok i miljøøkonomi anbefaler. Det er nemlig slik at en streng standard gir tøffere konkurranse mellom de ulike teknologileverandørene. Dermed vil prisen på CO₂-fangstteknologien presses nedover, og kostnaden ved å rense CO₂ vil falle. I Greaker og Rosendahl (2006) vises det at denne negative effekten på teknologiprisen er entydig under realistiske antakelser om konsumentenes etterspørselsfunksjon.

¹ Den klassiske artikkelen er Brander og Spencer (1985).

² En slik proporsjonal standard kan for eksempel implementeres gjennom et kvotemarked hvor CO₂-fangst gir rett til å selge kvoter, og hvor bedrifter får tildelt kvoter proporsjonalt med sin produksjon. EUs kvotemarked har slike tildelingsregler for nye bedrifter.

Dette er en ny type strategisk effekt som ikke har vært beskrevet i litteraturen før, og som gjør at det kan lønne seg for et land å føre en strengere miljøpolitikk enn sine naboland. Baksiden av medaljen er at strømprisen må stige og være høyere enn i utlandet for å gjøre CO₂-fangst lønnsomt. Denne strategiske effekten er forsøkt forklart i Figur 1.

Figur 1 Salg av fangstteknologi ved to ulike standarder.



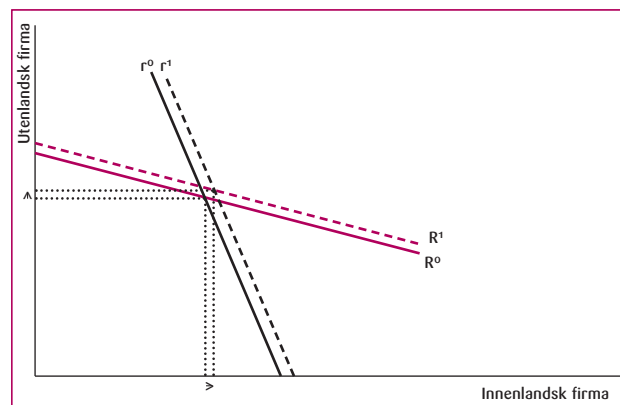
I figuren er D^0 etterspørselskurven etter CO₂-fangstteknologi ved en middels streng standard, og D^1 er etterspørselskurven etter CO₂-fangstteknologi ved en streng standard (gitt de andre teknologiselskapenes tilbud).³ Videre er MI^0 og MI^1 henholdsvis marginalinntekten til et teknologiselskap ved en middels streng standard og ved en streng standard. Teknologiselskapet setter marginalinntekt lik marginalkostnad (merket MC i figuren), og teknologiselskapets margin (pris minus marginalkostnad) fremkommer i figuren som avstanden mellom etterspørselskurven og skjæringspunktet marginalinntekt/ marginalkostnad. Legg merke til at både marginen og prisen på CO₂-fangst er lavere med en streng standard enn med en middels streng standard (merket henholdsvis MU^0/MU^1 og P^0/P^1 i Figur 1), mens salget av teknologienheter er større.

Selv om prisen på teknologien faller som følge av strengere standard, øker bedriftene FoU-innsatsen sin fordi salgsvolumet øker. Det er imidlertid ikke slik at en streng standard i hjemlandet vil gi innenlandsk teknologindustri et konkurransefortrinn. Siden det er internasjonal handel med CO₂-fangstteknologi, vil de internasjonale teknologifirmaene på samme måte som det innenlandske firmaet, forske

mer på CO₂-fangst som følge av en særlig streng innenlandsk politikk på dette området.

Dette er vist i Figur 2 hvor vi bare har med ett utenlandsk teknologifirma. I figuren er r^0 reaksjonskurven til det innenlandske teknologifirmaet i det utenlandske markedet når politikken i hjemlandet er satt middels strengt, mens r^1 er reaksjonskurven når politikken er satt strengt. Grunnen til at kurven flyttes utover er at økt FoU-innsats som følge av strengere standard i hjemlandet reduserer kostnadene ved å produsere teknologien. Videre er R^0 og R^1 tilsvarende for det utenlandske teknologifirmaet. Der hvor henholdsvis r^0 skjærer R^0 og r^1 skjærer R^1 finner vi de to markedslikevektene. De stiplede linjene viser altså den nye markedslikevekten i et tenkt, fremtidig utenlandsk marked for CO₂-fangst etter at den innenlandske politikken er strammet inn. Som vi ser av figuren fører den strenge klimapolitikken til at det innenlandske og det utenlandske firmaet øker sine markedsandeler omtrent like mye.

Figur 2 Salg av fangstteknologi i utenlandsk marked ved middels streng og streng standard innenlands.



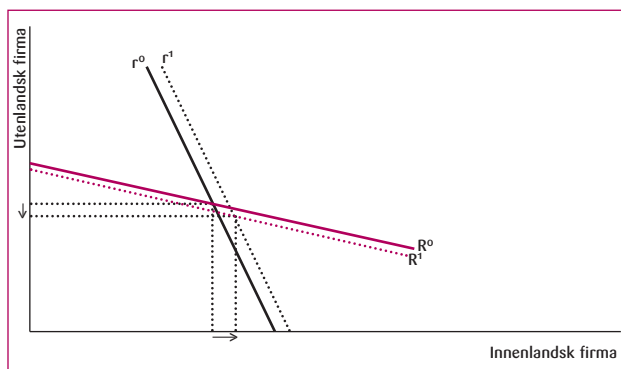
Det samme vil gjelde en offensiv satsing på subsidiering av fullskala CO₂ fangst anlegg tilknyttet gasskraftverk. Igjen vil de utenlandske firmaene svare med å forske mer siden myndighetene ikke kan pålegge gasskraftselskapene å kjøpe CO₂-fangstteknologi fra hjemlige teknologifirmaer. Dermed blir det ingen konkurransefordel på det internasjonale markedet som følge av den innenlandske politikken.

Til slutt finner vi at offentlig støtte til forskning og utvikling av teknologier for CO₂-fangst, inkludert demonstrasjons-

³ Merk at ved høye priser er etterspørselen størst ved lav standard. Dette henger sammen med at en økning i standarden kan møtes på to måter, enten ved å kjøpe flere enheter av teknologien eller ved å redusere produksjonen av kraft som gir utslipp. Ved lave priser vil normalt begge deler skje når standarden øker. Ved høye priser kan det være mest lønnsomt å redusere produksjonen av kraft såpass mye når standarden øker at etterspørselen etter teknologien avtar.

prosjekter, vil være regningsvarende, selv om vi ser bort fra spillovereffekter av FoU. Siden slik støtte kan reserves for innenlandske teknologifirmaer, vil det kunne gi et visst konkurransefortrinn. Det innenlandske firmaet øker sin FoU-innsats, noe som fører til redusert FoU-innsats i det utenlandske firmaet. Dermed øker det førstnevnte firmaet sin markedsandel på bekostning av det sistnevnte i det samme fremtidige utenlandske marked for CO₂-fangst, noe som er vist i Figur 3. Støtte til FoU vil også redusere prisen på fangstteknologien i hjemlandet fordi kostnadene faller.

Figur 3 Salg av fangstteknologi i utenlandsk marked før og etter FoU-støtte til innenlandsk firma.



OPTIMAL KLIMA- OG FOU-POLITIKK I NORGE

De generelle resultatene over tilsier at det er tvilsomt om klimapolitikken kan ha noen effekt på konkurransevnen til norske teknologibedrifter. Det kan likevel være fornuftig for Norge å føre en ekstra streng klimapolitikk knyttet til CO₂-fangst for å redusere prisen på fangstteknologien. Det samme gjelder støtte til forskning og utvikling av fangstteknologi i norske teknologibedrifter. De generelle resultatene sier imidlertid lite om hvor mye strengere politikken skal være, og hvor høy FoU-støtten bør være. I en anvendt studie rettet mot norske forhold har vi forsøkt å tallfeste disse størrelsene. Vi vil imidlertid påpeke at det er mye usikkerhet omkring slike tall.

I den numeriske modellen antar vi at det er separate markeder i Norge og EU for både elektrisitet og CO₂-fangstteknologi. I virkeligheten er ikke markedene fullt ut separate, men de er heller ikke fullt ut integrerte. Det betyr at det er mulig for en teknologibedrift å selge samme fangstteknologi til ulik pris i Norge og EU, fordi bedriften ikke

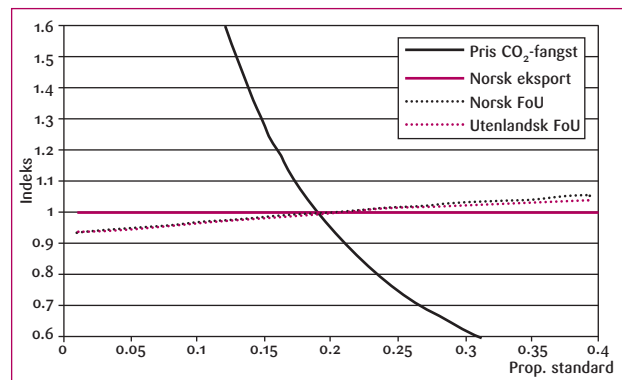
selger enheter 'over disk', men også står for deler av implementeringen. Vi antar at det er én norsk teknologibedrift som leverer CO₂-fangstteknologi, og fire i EU. Dette valget er noe tilfeldig, men har lite å si for hovedkonklusjonene.

Målsettingen for norske myndigheter (i modellen) er å maksimere innenlandsk velferd, der blant annet den norske teknologibedriftens overskudd inngår. Det samme gjør utgifter til internasjonale kvotekjøp til en pris av 25 Euro pr. tonn CO₂.

Myndighetene i Norge og EU annonserer først en proporsjonal standard som skal gjelde om ti år, samt fastsetter støtten til FoU-innsats i innenlandske bedrifter. Siden Norge er et lite land sammenlignet med EU, antar vi at EU bestemmer sin politikk før norske myndigheter tar sin avgjørelse (optimal politikk i Norge avhenger klart av hvilken politikk EU velger, men ikke motsatt)⁴. Teknologibedrifter i Norge og utlandet bruker så tiårsperioden til å forske på fangstteknologier, slik at kostnadene ved å produsere teknologienheter blir redusert. Omfanget av FoU-innsats avhenger av den varslede klima- og FoU-politikken i Norge og EU.

Informasjon om kostnader ved CO₂-fangst og lagring er hentet fra kjent litteratur på området. Vi tar også høyde for at CO₂-strømmen kan brukes til økt oljeutvinning på norsk sokkel, og dermed redusere netto lagringskostnader for CO₂. Det viser seg at disse kostnadene har stor betydning for både klima- og FoU-politikken som bør føres. Hvis netto transport- og lagringskostnader i Norge f.eks. kan reduseres til null, skal FoU-støtten dobles og standarden økes med to tredeler i henhold til resultatene våre.

Figur 4 Effekter av endret proporsjonal standard for CO₂-utslipp i Norge.



⁴ I en ny versjon av Greaker og Rosendahl (2006) har vi også sett på en versjon av modellen hvor de to myndighetene fastsetter sin miljøpolitikk simultant, og hvor politikkkvalgene utgjør en Nash-likevekt. Det viser seg at dette ikke har noe å si for hovedkonklusjonene.

I Figur 4 viser vi hvordan en økning i den proporsjonale standarden i Norge påvirker prisen på fangstteknologien på hjemmemarkedet i Norge, FoU-innsatsen i Norge og EU, og eksporten av fangstteknologi fra den norske bedriften. Vi ser at prisen er svært følsom for klimapolitikken - en dobling av standarden gir omtrent en halvering av prisen. Den strategiske effekten vi forklarte i Figur 1 er altså svært viktig i henhold til modellen vår, og gir grunnlag for en ekstra streng klimapolitikk rettet mot CO₂-fangst.⁵

Vi ser videre at en strammere norsk klimapolitikk fører til noe høyere FoU-innsats i Norge, men også at FoU-innsatsen i utlandet øker nesten like mye (ved gitt FoU-støtte). Årsaken til at norsk FoU-innsats reagerer noe mer enn FoU-innsatsen i EU er at vi legger til grunn et lite konkurransefortrinn på eget hjemmemarked. Dersom norske bedrifter hadde hatt et enda større fortrinn i det norske markedet, ville FoU-innsatsen i den norske bedriften reagert enda mer på endret standard i Norge, og motsatt for EU-bedriftene. Men i så fall er det grunn til å tro at EU-bedrifter ville hatt tilsvarende større konkurransefortrinn i EU, og dermed skapt større problemer for norsk teknologiekspert.

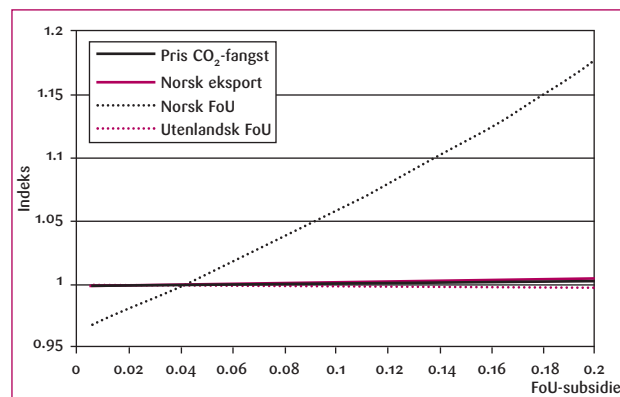
Figuren viser også at eksporten fra Norge er så godt som upåvirket av den norske klimapolitikken. Dette bekrefter det vi leste ut av Figur 2, nemlig at strengere politikk i Norge ikke gir norske bedrifter noe konkurransefortrinn i utlandet. FoU-innsatsen øker både i Norge og EU, og norske bedrifter står ikke særlig bedre rustet for kamp om markedsandeler i utlandet enn om klimapolitikken i Norge hadde vært mindre streng.

Til slutt, vær oppmerksom på at prisen på CO₂-fangst teknologi i EU ikke påvirkes i nevneverdig grad av politikken i Norge. Selv om bedriftene som vist i Figur 4, øker sin FoU innsats og dermed reduserer sine kostnader, er det i all hovedsak miljøpolitikken i EU som bestemmer prisen på CO₂-fangst teknologi i EU og denne påvirkes ikke av den norske politikken.

I Figur 5 ser vi effekten av å øke FoU-støtten i Norge. For det første ser vi at FoU-innsatsen i den norske bedriften som ventet øker markant. Samtidig faller FoU-innsatsen i utlandet, men bare marginalt. Som nevnt over i forbindelse med Figur 3, blir resultatet økt markedsandel i utlandet for den norske bedriften. Figur 5 viser imidlertid

at denne effekten er svært liten (det samme gjelder effekten på markedsandeler i Norge). Vår studie gir dermed liten støtte til argumentene om at økt offentlig FoU satsning i Norge på klimavennlige teknologier vil gi fremvekst av nye eksportnæringer.

Figur 5 Effekter av endret FoU-subsidie for CO₂-fangstteknologi i Norge.



Som vist i Figur 5 har FoU-støtten også veldig liten effekt på prisen på fangstteknologi, selv om økt FoU-innsats bidrar til noe lavere kostnader. Dette skyldes at teknologi-bedriftene tar høye marginer, og at disse ikke påvirkes spesielt av kostnadene. Støtte til FoU bidrar altså positivt til både høyere markedsandeler og lavere priser, men størrelsen på begge disse effektene er svært små.

Resultatene i figur 4 og 5 tyder på at klimapolitikken, i form av en proporsjonal standard, er langt viktigere enn FoU-støtten.⁶ I vår studie finner vi at den optimale politikken består av en standard rundt 20 prosent og en FoU-subsidie på rundt 4 prosent. Vel så interessant er det at størrelsen på standarden er klart viktigere enn størrelsen på FoU-støtten. Den optimale politikken innebærer at den marginale rensekostnaden er ca. to ganger større enn den internasjonale kvoteprisen. Dette strider mot det tradisjonelle resultatet i miljøøkonomi om at marginal rensekostnad skal settes lik marginalkostnaden ved utslipp, som i dette tilfellet er den internasjonale kvoteprisen. Årsaken er som nevnt at standarden påvirker konkurransen mellom teknologibedriftene, slik at deres marginer reduseres (mens markedsandelene blir lite påvirket).

Den lave FoU-støtten må ses i sammenheng med at det ikke er noen positive eksternaliteter av forskning i model-

⁵ Se også Burtraw og Palmer (2003) for en empirisk påvisning av at miljøpolitikken kan ha en sterk effekt på prisen på renseteknologi.

⁶ Studien vår tar imidlertid ikke hensyn til ev. spillover effekter mellom norske bedrifter, eller andre.

len. Dersom vi tar hensyn til at den norske teknologibedriften lærer av utenlandske bedrifter og vice versa, øker den optimale FoU-subsidien til den norske bedriften. Dette skyldes ikke at overskuddet til utenlandske bedrifter inngår i det norske velferds målet, men at eksistensen av spillovereffekter reduserer omfanget av forskning fordi gevinsten er mindre. Dermed må FoU-støtten økes for å komme opp på et høyere forskningsnivå. Hvis det fantes flere norske teknologibedrifter, og det var spillovereffekter mellom disse, ville den optimale FoU-støtten trolig vært enda høyere.

OPPSUMMERING

Man kan lure på om energimarkedet i Norge i det hele tatt er stort nok til å skape et eget marked for CO₂-fangst gitt den store mengde vannkraft vi allerede har. Et annet relatert spørsmål er hvorvidt det er mulig å sette en strengere klimapolitikk i Norge enn i andre land for å presse ned prisen på CO₂-fangst. Som nevnt må Norge ha en høyere strømpris enn i utlandet. Det å få politisk aksept for noe sånt virker meget vanskelig i Norge i dag. En høyere elektrisitetspris i Norge avhenger også av i hvilken grad overføringskapasiteten for elektrisitet mellom Norge og Norden/Europa er begrenset.

Uansett, gitt de mange konseptene for CO₂-fangst bør myndighetene så langt som mulig unngå å støtte kun en av teknologiene. Ved å kombinere en streng klimapolitikk med en FoU-støtte som er åpen for alle teknologier vil myndighetene kunne la markedet velge den beste teknologien samtidig som man fremmer CO₂-fangst. Det viktigste budskapet fra den nevnte studien er at konkurranseaspektet ved miljøpolitikken kan være viktig. Gjennom reguleringer skapes det et marked for nye teknologier. Det er selvfølgelig om å gjøre at konkurransen i dette nye markedet blir mest mulig effektivt, slik at prisen på teknologien blir minst mulig.

REFERANSER:

- Barrett S. (1994): Strategic environmental policy and international trade, *J. Public Econom.* 54, p. 325-338.
- Brander J. og P. R. Krugman (1983): A Reciprocal Dumping Model of International Trade, *J. Internat. Econom.* 15, p. 313-321.
- Brander J. and B. Spencer (1985), Export Subsidies and International Market Share Rivalry, *Journal of International Economics* 18, p. 83-100.
- Burtraw D. og K. Palmer (2003): The Papparazzi Take a Look at a Living Legend: The SO₂ Cap and Trade Program for Power Plants in the United States, Discussion Paper 03-15, Resources for the Future.
- Gerlagh, R., S. Kverndokk og K.E. Rosendahl (2006): Optimal timing of environmental policy; interaction between environmental taxes and innovation externalities, *Memorandum No 26/2006*, Økonomisk institutt, Universitetet i Oslo.
- Greaker, M. og K.E. Rosendahl (2006): Strategic climate policy in small open economies, Discussion Papers No. 448, Statistisk sentralbyrå.
- Greaker M. (2003): «Strategic Environmental Policy: Eco-dumping or a Green Strategy?», *J. of Environ. Econom. Management* 45, p. 692-707.
- Hægeland, T. og J. Møen (2000): Betydningen av høyere utdanning og akademisk forskning for økonomisk vekst – en oversikt over teori og empiri, Rapporter 2000/10, Statistisk Sentralbyrå.
- Leahy D. og J. P. Neary (1997), «Public Policy Towards R&D in Oligopolistic Industries», *The American Economic Review* 87, p. 642-662.
- Leahy D. og J. P. Neary (1999), «R&D spillovers and the case for industrial policy in an open economy», *Oxford Economic Papers* 51, p. 40-59.
- OECD/International Energy Agency (2004): Prospects for CO₂ capture and storage, IEA Publications.
- Stern Review Report (2006): Online versjon se http://www.hm-treasury.gov.uk/independent_reviews/stern_review_economics_climate_change/stern_review_report.cfm
- Ulph D. (1994): Strategic Innovation and Strategic Environmental Policy, in Trade, Innovation, Environment (ed. Carlo Carraro), Kluwer Academic Publishers.