

Helge Godø

FoU og innovasjonsvirksomhet innen brenselceller og relatert hydrogenteknologi i Norge



© NIFU STEP Norsk institutt for studier av forskning og utdanning /
Senter for innovasjonsforskning
Hegdehaugsveien 31, 0352 Oslo

Arbeidsnotat 1/2004
ISSN 1504-0887

For en presentasjon av NIFU STEP's øvrige utgivelser, se www.nifu.no

FoU og innovasjonsvirksomhet innen brenselceller og relatert hydrogenteknologi i Norge

Innledning: Mye energi kan bli mer

Norge har mye energi, det produseres langt mer energi enn det nasjonen selv forbruker. Norge er en betydelig eksportør av olje og gass, men også elektrisitet, enten dette er innbakt i produkter som har blitt foredlet i energiintensive prosesser (for eksempel aluminium, papir, etc.), eller direkte på det nordiske el-nettet. Selv om Norge har riklig med energi, så har landet muligheter til å øke produksjonen ytterligere ved å utvikle innovasjoner innen nye energiteknologier, slik som brenselceller og relatert hydrogenteknologi. Dette gjelder utvikling av radikale innovasjoner. Vanligvis innebærer utvikling av radikale innovasjoner en betydelig risiko og krever stor innsats over lang tid. Nøkkelen til å lykkes er mer målbevisst satsning på FoU og innovasjonsaktiviteter tilknyttet disse. Forsknings- og innovasjonspolitikken kan spille en avgjørende rolle i å utløse de mulighetene som finnes i Norge. Denne påstanden er basert på en undersøkelse som NIFU har utført¹ som ledd i et større OECD-prosjekt om innovasjoner innen energisektoren. De etterfølgende sidene er en kortversjon av denne rapporten, med hovedvekt på drøfting av noen forsknings- og innovasjonspolitiske hovedpoenger.

Innovasjonsaktiviteter inn brenselceller, særlig aktiviteter knyttet til hydrogenteknologier som trengs i denne forbindelsen fremstår også som lovende for å løse Norges ”gassproblem”. Hittil har ikke Norge greid å skape noen nevneverdig industriell bearbeiding og verdiskapning av all naturgassen som utvinnes offshore – brorparten av gassen blir eksportert direkte til energimarkedene på kontinentet. Innovasjoner som greier å utnytte disse ressursene fremstår som interessante for fremtidig verdiskapning. Hvis man lykkes vil det også kunne bidra til utvikling av renere energiteknologier og –systemer som benytter fornybare energikilder.

¹ Se H. Godø, L. Nerdrum, A. Rapmund og S. Nygaard, *Innovations in fuel cells and related hydrogen technology in Norway – OECD Case Study in the Energy Sector*, NIFU skriftserienr 35/2003

Innovasjonsregimer og nye energiteknologier som radikale innovasjoner

I et nasjonalt perspektiv er dagens norske innovasjonsregime innen brenselceller og hydrogenteknologi er relativt *svakt* av flere grunner – noe som utdypes nedenfor. Visjonene om fremtidens brenselceller og hydrogenteknologi bærer alle kjennetegn ved radikale innovasjoner. Norge har gode forutsetninger, men sannsynligheten for å lykkes mye bedre i et sterkt innovasjonsregime. Sterke innovasjonsregimer krever først og fremst vilje og ledelse – og en klar strategi for hvordan felles målsetninger skal nås. Selv om økte bevilgninger hjelper, så hjelper de lite om man ikke har et sterkt innovasjonsregime.

Nettopp fordi brenselceller og relatert hydrogenteknologi gjelder utvikling av radikale innovasjoner vil de kreve betydelig innsats av forsknings-, utviklings- og forsøksvirksomhet (FoU&F) - dette for å frembringe teknologier og energisystemer som er konkurransedyktige med de løsningene som finnes, eller alternativer som er i kjømda. I løpet av de siste tiårene har det skjedd lovende fremskritt på området, særlig de store bilprodusentene (Daimler-Chrysler, Mitsubishi, etc.) har vært aktive (se for eksempel Maeda (2003) for en oversikt over Japan). Men det er fortsatt mye usikkerhet knyttet til mange ikke-trivielle teknologiske utfordringer og hindringer – disse må overkommes skal man lykkes i å skape konkurransedyktige og bærekraftige teknologier og systemer basert på brenselceller og hydrogenteknologi. Med et sterkt nasjonalt innovasjonsregime vil vi stå bedre rustet til å møte disse utfordringene – og sjansene til å lykkes øker.

Gevinsten av radikale innovasjoner er vanligvis meget store, både bedriftsøkonomisk, men særlig samfunnsøkonomisk. Brenselceller og hydrogenteknologi representerer fremtidig radikale innovasjoner, de kan danne grunnlaget for mulige fremtidige radikale systeminnovasjoner innen energiproduksjon og -forsyning. Ordet ”mulig” er viktig i denne sammenhengen – først i ettertid vil man kunne vurdere om det nye faktisk har blitt en innovasjon. En slik utvikling krever langvarig innsats; det involverer et stort antall mennesker og organisasjoner - og koster oftest mye penger. Risikoaspektet er også fremtredende fordi mulighetene for at noe skal mislykkes er også store: Når man skal skape noe som er radikalt nytt, så er løsningene ukjente, det krever mye FoU og forsøksvirksomhet for å finne frem til teknisk gode, sikre løsninger som kan konkurrere med eksisterende løsninger mht pris og andre egenskaper.

Kompleksitet og risiko kjennetegner utviklingen av nye store teknologiske systemer og infrastruktur. Dette er et viktig poeng fordi utvikling av radikale innovasjoner forutsetter løsninger og utviklingsarbeid som markedene vanligvis skyr p.g.a. risiko, kompleksitet og langsiktighet, dvs. faktorer som utgjør det økonomer kaller for markedssvikt.

Innovasjonsforskningen har vist at for å lykkes i å skape radikale innovasjoner, spesielt radikale systeminnovasjoner, er det behov for en strategi, dvs en strategi som angir retningen og samarbeidet som skal til for å oppnå målsetninger om å skape en radikal innovasjon (Chesbrough & Teece, 1996; Godoe, 2000). En viktig forutsetning for å lykkes er *ledelse*.

Innovasjonsforskningen viser at ledelse kan anta flere former: Det kan være nedfelt en felles målsetning, for eksempel en form for avtale eller policy-intensjon formulert i et ”veikart” som mange forplikter seg til å bidra til, eller en person som målbærer disse, enten dette er i kraft av en offentlig stilling, i en bedrift eller forskningsinstitutt, et tillitsverv i en organisasjon. Til tider har internasjonale standardiseringsorganisasjoner utvist denne type lederskap, slik man kunne se i GSM-utviklingen i Europa i 1980-årene (Godoe, 2000) eller i DARPA’s lederskap i utviklingen av internett i USA omtrent samtidig (Hafner & Lyon, 1996). Dette lederskapet, kombinert med en forpliktende fellesinnsats fra deltakere og interessenter kan kalles for et *innovasjonsregime*.

Et innovasjonsregime fremstår som svakt eller sterkt avhengig av samhold og evne til å samarbeide – dette er et aspekt som varierer fra bransje til bransje og over tid. Noen bransjer kjennetegnes av svake innovasjonsregimer – andre har til tider hatt sterke, slik tilfellet var i europeisk teleindustri i 1980-årene da man var samlet om utviklingen av GSM-systemet. Enkelte nasjoner preges av sterke innovasjonsregimer innen enkelte teknologiområder eller sektorer, slik man har sett i Japan innen utvikling av elektronikk. Det norske innovasjonsregimet innen brenselceller og hydrogenteknologi er imidlertid relativt svakt. Årsakene til dette synes å være sammensatt – dette er noe som vil bli utdypet og drøftet i de neste avsnittene ut fra påstanden om at sterke innovasjonsregimer øker sannsynligheten for å lykkes med innovasjonsaktiviteter og målene man setter seg for disse. Grunnleggende i dette er at forsknings- og innovasjonspolitikken spiller en viktig rolle.

Noen kjennetegn ved det norske innovasjonssystemet innen brenselceller og hydrogenteknologi

Som ledd i prosjektet ble det foretatt en kartlegging av aktiviteter innen brenselceller og relatert hydrogenteknologi i Norge som er av interesse i et innovasjonsperspektiv. Det ble funnet omtrent 100 igangværende, aktive prosjekter og aktiviteter som kan karakteriseres som FoU&F. Brorparten av disse er budsjettmessig relativt beskjedne forskningsprosjekter, slik som dr.gradsprosjekter og lignende. Men det finnes noen få, store demonstrasjons- og forsøksprosjekter som har store budsjetter. Disse utføres i regi av industrien, dvs. oljeselskap og energiselskap. Fordi de fleste igangværende prosjektene strekker seg over mange år (med budsjetter som stadig vekk justeres) var det vanskelig å finne frem til årsbudsjetter, men ved å addere disse (flerårige) prosjektbudsjettene fremkom følgende tall i kartleggingen som vi foretok våren og sommeren 2003:

- Totalbudsjett for igangværende (flerårige) FoU&F-aktiviteter innen brenselceller og relatert hydrogenteknologi: 570 millioner kr. (Ut fra dette kan man anslå at det dreier seg om ca 150-200 millioner kr pr år.)
 - prosjekter og aktiviteter finansiert av næringslivet (flerårige): 440 millioner kr
 - prosjekter finansiert av offentlige kilder (flerårige): 130 millioner kr – brorparten bevilgninger fra Norges forskningsråd.

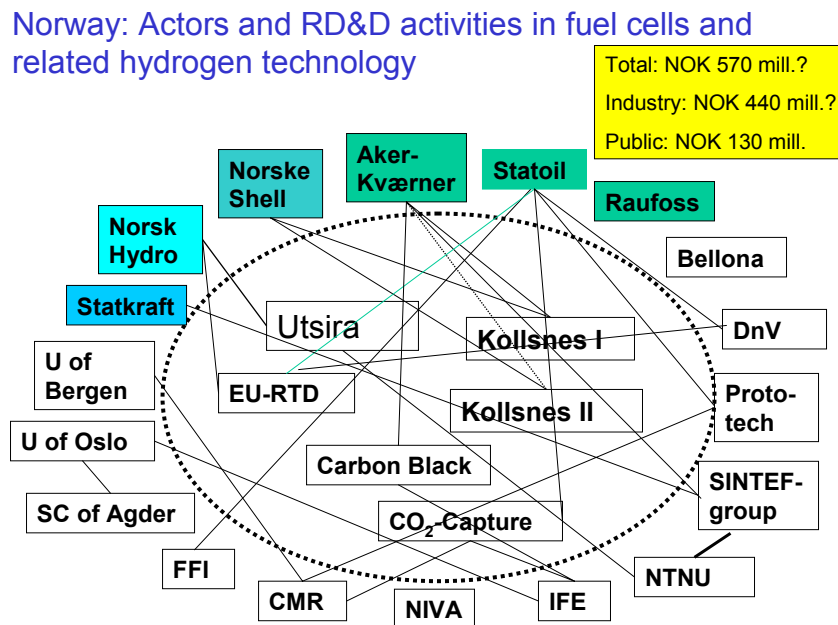
Ut fra disse tallene, som er omtrentlige, er forholdet mellom offentlig og næringslivet 1:3,4. Sagt på en annen måte, så utgjør næringslivets andel av finansieringen ca 77 %. Næringslivets høye andel skyldes av de finansierer noen få, store demonstrasjonsprosjekter. Hvis man derimot ser dette tallet i forhold til omsetningen av norsk energisektor (i 2002 var den på 434 milliarder kroner) – så er dette beløpet (440 millioner over flere år, eller ca 150-200 millioner pr år) relativt beskjedent (ca $\frac{1}{3}$ promille eller mindre pr.år), muligens en indikasjon på underinvestering.

I grove trekk kan man si at norske innovasjonsaktiviteter innen brenselceller og relaterte hydrogenteknologi utføres i tre domener eller segmenter:

- *Næringslivet*, i hovedsak noen få, store olje- og gasselskaper og el-kraftprodusenter (Norsk Hydro, Statoil, Statkraft, etc.) som investerer til dels betydelige beløp i innovasjonsorientert FoU&F, men som samtidig viser noe tilbakeholdenhet fordi deres adferd synes å følge en strategi kjennetegnet av å kunne utnytte annentrekksfordeler raskt ("fast second mover"),

- *Institutter og offentlige forskningsmiljøer*, (IFE - Institutt for energiteknikk, SINTEF, NTNU, Universitetet i Oslo, er de største) som ut fra sine forskningsinteresser motiveres av en kunnskapsagenda innen forskningsfrontene de er interesserte i, i praksis relativt snevre spesialområdene; ut fra bibliometriske analyser synes kvaliteten på denne forskningen å være høy,
- *Myndighetene*, nærmere bestemt departementene som har sektoransvar for områder som energi, industri og samferdsel, men også myndighetsutøvende etater og organisasjoner nært tilknyttet disse, som kjennetegnes av relativ lav oppmerksomhet og prioritering av teknologiutvikling innen brenselceller og relatert hydrogenteknologi. Etter dereguleringen av energimarkedene i 1990-årene har de gitt økt prioritet til utvikling av markeder, som de håper skal fremskaffe innovasjoner innen energiteknologier.

Figur 1 viser de største aktørene i Norge plassert rundt et ”innovasjonsbord”, på bordet ligger en del store prosjekter som de samarbeider om – strekene indikerer også andre samarbeidsrelasjoner.



Figur 1: Innovasjonslandskapet i Norge – aktører, de største prosjektene og nettverk

Rasjonell innovasjonsadferd og nasjonale interesser

Et kjennetegn ved den norske energisektoren mht en nasjonal innovasjonsstrategi for brenselceller og relatert energiteknologi er *avkobling*, dvs. mangel på en samlet og helhetlig nasjonal strategi som alle kan forholde seg til. Samtidig, i politiske debatter om innovasjoner innen energisektoren de siste årene er det især to tema som har vært gjengangere:

- *”Oljen tar snart slutt”*: Fordi de fleste oljereservene som nå er kjent sannsynligvis vil tømmes i løpet av en tiårsperiode, så hevder mange at nå er tiden moden for å investere i innovasjonsorienterte energiteknologiske aktiviteter som vil erstatte bortfallet av oljen, fortrinnsvis utvikling av nye, miljøvennlige energiteknologier, basert på fornybare energikilder,
- *Norges ”gassproblem”*: At ”noe må gjøres” med Norges store forekomster av naturgass, dvs. at den må i større grad bearbeides for økt industriell verdiskapning i fastlands-Norge, dette fordi gassreservene er forventet å kunne vare i mange tiår fremover. Sentralt i dette står utvikling av teknologier som kan håndtere CO₂-utslipp ved bruk av naturgass.

For å komme slike synspunkter i møte har regjeringen, med olje- og energiministeren i spissen, bebudet at det skal komme en del initiativ i 2004, bl.a. som oppfølging av anbefalingene fra det regjeringsoppnevnte ”Hydrogenutvalget”, som skal legge frem sine anbefalinger i løpet av våren 2004². Dermed er det skapt forventninger om initiativ for sterkere satsning på hydrogenteknologi, men også utvikling av brenselceller. Dette sammenfaller med lignende politiske initiativer som er tatt – eller forventes – i mange andre land de siste årene. Av disse er kanskje det amerikanske IPHE – International Partnership for the Hydrogen Society – det mest profilerte initiativet hittil fordi president Bush jr. har vist stor interesse for dette. Kort sagt har det i løpet av de siste årene skjedd et stemningsskifte på politisk nivå – interessen for hydrogen og brenselceller har tatt av for alvor. Skeptikerne vil selvsagt hevde at dette er forbigående, noe som snart ”går over”. Men gitt energi- og klimautsiktene fremover er det grunn til å ta denne interessen på alvor. Derfor rettes blikket mot de som kan utløse forventningene – de som kan skape de nye energiteknologiene.

² De første signalene kom 23 april 2004, på en pressekonferanse der statsminister Kjell Magne Bondevik og olje- og energiminister Einar Steensnæs kunngjorde opprettelse av et fond på 2 milliarder kr. For ”realisering av gasskraftverk med CO₂-håndtering”. Det regjeringsoppnevnte ”Hydrogenutvalget” la frem sin innstilling 1 juni 2004, se NOU 2004:11, *Hydrogen som fremtidens energibærer*. Siste avsnitt i denne rapporten har litt mer informasjon.

I det som ble karakterisert som en avkobling av de ulike segmentene som arbeider med utvikling av brenselceller og relatert hydrogenteknologi i Norge vil man finne at hvert enkeltsegment – ut fra sine forutsetninger og perspektiver – handler rasjonelt og fornuftig:

- *Myndighetene:* Mye tyder på at etter innføring av konkurransemarkeder i energisektoren på 1990-tallet (dereguleringen) så har det samtidig skjedd en overføring av ansvar og ledelse av innovasjonsaktivitetene til markedene og dets aktører, dvs. industrien. Før dereguleringen spilte det offentlige, særlig NVE, en sterk rolle som nasjonal strateg på dette området. Selv om man kan forvente sterkere initiativ fra regjeringen i fremtiden for å øke innovasjonsaktivitetene innen især hydrogenteknologi og brenselceller, så har myndighetene hittil vektlayte to områder:
 - *Tiltak for å stimulere markedene* ved å tilby subsidier til investeringer foretatt i rene og energiøkonomisk effektive teknologier, ved å etablere og finansiere Enova. Hensikten med dette har vært å skape etterspørsel og konkurranse for effektive nye energiteknologier og –investeringer,
 - *Finansiering av offentlig FoU* ut fra en målsetning om å utvikle bærekraftig teknologi i skjæringspunktet mellom miljø og energi, mer spesifikt utvikling av teknologi for håndtering av CO₂ for gasskraftverk. Fra høsten 2004 er det bebudet en opptrapping av dette. Det er bevilget noe, men ikke mye, støtte til FoU&F av teknologi for nye fornybare energikilder, kanaliserte gjennom Norges forskningsråd.

- *Industrien:* Forståelig nok ønsker ikke industrien å bære det de oppfatter som stor teknologisk usikkerhet og økonomisk risiko forbundet med utvikling av brenselceller og relatert hydrogenteknologi. I stedet ønsker de å være posisjonert slik at de raskt kan “slå til” dersom en lønnsom teknologisk mulighet eller marked åpenbarer seg, dvs. at de følger en strategi der de tar ”annen trekk” (ikke første trekk, gå i pionerens fotspor) – det som på engelsk kalles en “fast second mover” (Gilbertand & Bormbaum-More, 1996)³. Til tider er de enkelte bedriftene konkurrenter og rivaler, men de kan også inngå allianser i felles prosjekter med mål om utvikling av en

³ Denne strategien har fellestrekk med gratis-passasjer-strategien fordi man ønsker å høste fordeler av andres innsats, især villighet til å ta risiko. Det er en risikoaversiv strategi som kan forklare hvorfor industrien generelt investerer i innovasjonsvirksomhet som gir inkrementelle forbedringer.

teknologisk innovasjon. Logikken som styrer dette er hva bedriftene selv mener er strategisk ut fra deres målsetninger. Summen av alle ressurser som norske bedrifter innen olje og gass og annen energiproduksjon har til rådighet er betydelige, selv i et internasjonalt perspektiv. Selv om disse bedriftene investerer betydelige beløp (prosjektportefølje på 440 millioner kroner) i teknologiutvikling og –forsøk med hydrogenteknologi og brenselceller, så utgjør dette i realiteten relativt beskjedne forpliktelse for dem, dvs. at viljen til å ta risiko er relativt liten. Samtidig muliggjør denne strategien rollen som “fast second movers”, dvs. at de vil være i stand til å trappe opp innovasjonsaktivitetene raskt og effektivt, dersom de beslutter dette.

- *Institutter og offentlige forskningsmiljøer:* Deres hovedinteresse er forskning og kunnskapsutvikling ut fra vitenskapelige og teknologiske utfordringer – deres agendaer settes av forskningsfronten. Den bibliometriske analyse som ble foretatt i forbindelse med kartleggingen tyder på at forskerne holder en høy vitenskapelig kvalitet ut fra en internasjonal målestokk, men dette er innen relativt smale nisjer, noe som primært gjenspeiler at de norske forskningsmiljøene ikke teller så mange mennesker. Dette tross, så utfører de forskning som tar sikte på å løse viktige og ikke-trivielle utfordringer, spesielt utvikling av nye lagringsteknikker for hydrogen ved bruk av metallhydrider bør nevnes. Men det er også noen få andre områder hvor norsk FoU er avansert, slik som FFIs utvikling av en brenselcelle for u-båtsystemet HUGIN. Fordelen med at det norske forskersamfunnet er relativt lite kan sannsynligvis forklare hvorfor de har greid å samle seg om en felles agenda for hva som bør prioriteres innen forskningen – det at de er små gjør dette lettere⁴. Instituttsektoren, som består av oppdragsinstitutter, er imidlertid helt avhengig av oppdrag fra industrien og forskningsråd. Etter en periode med til dels store prosjekter for utvikling av brenselceller i 1990-årene er det nå nesten ingen slike oppdrag lengre og instituttsektoren har tilpasset sine forskningsaktiviteter deretter. Det nasjonale kunnskapsfondet som ble bygget opp for utvikling av brenselceller forvitrer nå raskt – og kompetansegrunnlaget blir gradvis mer avfeldig.

⁴ H.M. Kvamsdal og Ø. Ulleberg, *Hydrogensamfunnet – en nasjonal mulighetsstudie*, SINTEF, Trondheim, 2000, A5107 gir en oppsummering av et større seminar som Norges forskningsråd arrangerte i 2000 for å drøfte prioriteringer og forskningsstrategi innen hydrogen og brenselceller.

Som påvist har hvert segment beskrevet ovenfor sin egen strategi som kan forklares ut fra egne interesser og målsetninger, men summen av disse danner en helhet som bærer preg av fragmentering, eller avkobling, dvs. at det er liten grad av sammenheng og samordning av aktivitetene og strategiene i de enkelte segmentene. Men noe kobling finnes, slik man kan se når det finnes overlappende, felles interesser som kommer til uttrykk ved at det offentlige finansierer noe FoU i instituttsektoren og offentlige forskningsmiljøer (for eksempel relatert til CO₂-håndtering av naturgass) som også industrien kan ha interesse av – og som de dermed gir ytterligere finansiering til fordi dette vil bidra til å understøtte deres strategier mht utvikling av mulige fremtidige teknologiske løsninger. Det kan heller ikke utelukkes at industrien i mange tilfeller foretar slike investeringer for å skape gunst (goodwill) hos myndighetene – i tillegg til det de forventer av teknologisk nytte. Dette understøttes av at fagmiljøene i alle segmentene fremtrer som relativt sammensveiset og velorganiserte fordi fagfolkene – forskere, ingeniører og teknokrater - ofte har felles oppfatning om at brenselceller og hydrogen er viktige for fremtidens samfunn. Samtidig er det påfallende få etableringer av SMB'er innen dette området, noe som kan tolkes som at i Norge er det ikke noe gunstig klima for innovasjonsaktiviteter.

Tiltross for enkelte trekk som tyder på det motsatte, så preges helheten av at det norske innovasjonssystemet innen brenselceller og hydrogenteknologi er svakt fordi de ulike delene bare løselig er forbundet med hverandre; denne svakheten kan karakteriseres som en *systemimperfeksjon* hvor mangelen på en offentlig innovasjonsstrategi og –politikk kanskje utgjøre den største hindringen – og utfordringen.

Hvordan forbedre systemisk effektivitet

En av grunnpilarene i teorien om nasjonale innovasjonssystemer (NIS⁵) er det faktum at enkelte nasjoner skiller seg fra andre mht innovasjonsevne og –kapasitet, eller innovasjonseffektivitet – kort sagt, enkelte land er mer innovative enn andre. NIS-begrepet ble først lansert av den danske sosialøkonomen Bengt-Åke Lundvall (jfr. Lundvall, 1988, 1993), i arbeider som han publiserte på midten av 1980-årene. I disse arbeidene trakk han veksler på resonnementer fra Chris Freeman (Freeman & Perez, 1988), samt klassikere som Joseph Schumpeter og den tyske Bismarck-økonomen Fredrich Liszts ideer om “nasjonale

⁵ Noen teoretikere foretrekker forkortelsen NSI, som baserer seg på “National Systems of Innovations”. Dette er i praksis identisk med NIS.

produksjonssystemer”. Disse ble kombinert med Eric von Hippels observasjoner fra moderne industri i USA om betydningen av uformelt teknologisk samarbeid og nettverk mellom ingeniører og teknikere i innovasjonsprosesser. NIS-begrepet vant gjenklang hos innovasjonsteoretikere og har inspirert mange arbeider, slik som Niosi et al. (Niosi, Saviotti, Bellon, & Crow, 1993) som prøver å gi begrepet en operasjonell definisjon og Richard R. Nelson and Nathan Rosenberg, (Nelson & Rosenberg, 1993) og Maureen McKelvey (McKelvey, 1991) som drøfter i hvilken grad “nasjon” er en meningsfull enhet gitt økende globalisering av både økonomi og innovasjonsvirksomhet. I OECD-sammenheng har NIS-begrepet blitt benyttet mye i organisasjonens arbeider med innovasjons- og forskningspolitikk.

Begrepet *system* innebærer at man har å gjøre med et sett med elementer som er aktive og samhandlende – og som i felleskap bidrar til å fremme (eventuelt hemme) innovasjoner. Videre, at ved å sammenligne elementer i de ulike innovasjonssystemer vil man kunne identifisere og forklare hvorfor enkelte nasjoner eller sektorer skiller seg ut mht innovasjonseffektivitet. Sammenligningen vil da kunne gi grunnlag for karakteriseringer, for eksempel underbygge påstander om at noen innovasjonssystemer er mer effektive enn andre – og i forlengelsen av dette, begrunne behovet for politiske tiltak som kan øke innovasjonseffektiviteten.

I OECD-publikasjonen (OECD, 2002a) understrekes det at økt innovasjonseffektivitet ikke er ensbetydende med økte bevilgninger til det som kalles grunnleggende forskning eller andre tiltak som er tiltenkt for å minske markedssvikt i forbindelse med teknologiutvikling. Ei heller innebærer det utarbeidelse av ”store planer” for teknologiutvikling – men slike planer kan, i likhet med økt satsning på offentlig FoU, bidra positivt, slik man har sett i såkalte ”veikart”. Når OECD skriver at det viktigste er å utvikle en helhetlig og samstemt (“coherent and comprehensive”) innovasjonspolitik, så er det nærliggende å rubrisere dette under merkelappen “*tredje generasjon innovasjonspolitik*”⁶. Ut fra denne tankegangen er tredje generasjons innovasjonspolitik det siste, nåtidige stadiet i en serie av innovasjonspolitiske modeller:

⁶ Svend Otto Remøe, en av forfatterne av nevnte OECD publikasjon (OECD, 2002a), brukte dette begrepet (3rd Generation Innovation Policy) i en presentasjon på OECDs International Conference on Innovation in Energy Technologies, i Washington, 30/9-2003, da han skulle utdype resonnementene i denne publikasjonen.

- *Første generasjon:* Denne innovasjonspolitiske modellen baserte seg på antagelser som lå til grunn for den lineære, forskningsbaserte innovasjonsmodellen. Denne hadde sin glansperiode i de første tiårene etter annen verdenskrig, frem til 1970- og 80-årene og baserte seg på antagelser om at innovasjoner skapes gjennom anvendelse av kunnskap fra ”grunnforskning” som primære, grunnleggende kilde.
- *Annen generasjon:* I løpet av 1980-årene kom det et hamskifte i det innovasjonspolitiske synet - markedene ble utpekt som viktigste kilde for innovasjoner. Ut fra dette ble det antatt at den beste innovasjonspolitikken er en som fremmer markedenes virkemåte – effektive markeder skaper de gunstigste vilkårene for innovasjonsvirksomhet. I dette synet er næringspolitikkenes rolle avgrenset til ”horisontale”, sektor- og teknologinøytrale virkemidler – politikken skal ikke ”plukke vinnere”. Følgelig ble deregulering og liberalisering ansett som viktig for innovasjonspolitikken. Dette, som i følge tankegangen kan kalles for *annen generasjons innovasjonspolitikk*, har imidlertid ikke innfridd forventningene av flere grunner.
- *Tredje generasjon:* Mange innovasjonsstudier har påvist at det som kjennetegner vellykkede innovasjonsprosesser, eller land som har høy innovasjonstakt (for eksempel Japan), er at de oppnår slike resultater av mange og til dels sammensatte årsaker. Selv om markedene kan være en viktig faktor i innovasjonsprosesser, er dette bare en av mange som bidrar til gode resultater (David C. Mowery, 1982; Etzkowitz & Leydesdorff, 1997; Rosenberg, 1994; Rycroft & Kash, 1994). Denne erkjennelsen av at innovasjonsprosesser er komplekse har ført til jakten på en bedre, alternativ innovasjonspolitisk modell, det som kan kalles *tredje generasjons innovasjonspolitiske modell*. Dette er selvsagt ambisiøst fordi det forutsetter at modellen representerer alle elementene som samhandler i et system og medvirker til å fremme innovasjoner, dvs. en innovasjonspolitisk modell som forholder seg til kompleksiteten in innovasjonsprosesser og systemer som skaper innovasjoner.

Med visse forbehold kan man hevde at datagrunnlaget i det norske materialet og analysene av disse understøtter en fortolkning om at norsk innovasjonspolitikk innen energisektoren har fellestrekk med en annen generasjons innovasjonspolitikk. Det mest håndgripelige uttrykk for dette er de relativt store subsidiene som utdeles gjennom Enova som tiltak for å utvikle et marked for energiteknologier som ansees som “rene” og energiøkonomiske. Olje- og energidepartementet hevder at disse subsidiene – som et markedsutviklingstiltak – på lengre

sikt vil fremme konkurranse og tilhørende innovasjonsaktivitet, noe som er overensstemmende med læresetningene i annen generasjons innovasjonspolitiske modellen. Men det er mindre opplagt om dette også kan forklare hvorfor de ulike segmentene som utfører innovasjonsorienterte aktiviteter i Norge er framkølet. Uansett årsak kan man hevde at det ikke eksisterer noen felles innovasjonspolicy eller strategi som tar sikte på å skape samordning basert på felles målsetninger for norsk innovasjonsrettede aktiviteter og FoU. Dette er grunnlaget for påstanden om at Norge har et svakt innovasjonsregime mht utvikling av nye energiteknologier, tross for store økonomiske ressurser innen energisektoren, sterke bedrifter (Statoil, Hydro, Statkraft, etc.) og en avansert kunnskaps- og kompetansebase. Ut fra dette kan man hevde at det norske innovasjonssystemet har muligheter for økt effektivitet – og at økt effektivitet vil kunne skape store verdier, langt større enn det dagens.

Postludium – politiske utspill om FoU for gass og hydrogen

Fredag 23. april 2004 ble det holdt en pressekonferanse der statsminister Kjell Magne Bondevik sammen med olje- og energiminister Einar Steensnæs la frem planene for opprettelse av et fond på 2 milliarder kroner som skal finansiere forsknings- og utviklingsprosjekter for ”utviklingen av miljøvennlige gasskraftverk med CO₂-håndtering”. I denne forbindelse skal det opprettes et statlig innovasjonsselskap i Grenland som skal ha ansvar for å opprette et nasjonalt gasteknologiprogram. Avkastningen av fondet skal disponeres av det nye innovasjonsselskapet, og skal blant annet finansiere utprøving av ny teknologi i pilot- og demonstrasjonsanlegg for gasskraftverk med CO₂-håndtering. Innovasjonsselskapet skal gis nødvendig kapital for etablering høsten 2004. I tillegg til midlene fra fondet er Regjeringen også innstilt på å vurdere eventuell ekstra finansiering til konkrete prosjekter for å sikre utviklingen av ny teknologi, som det skrevet i pressemeldingen som ble sendt ut i forbindelse med kunngjøringen.

Med dette utspillet konkretiseres det som lenge har vært forventet, dvs. at regjeringen ville ta et initiativ i løpet av våren 2004. ”Hydrogenutvalget” som regjeringen oppnevnte overleverte sin innstilling⁷ med anbefalinger 1. juni 2004, slik at man kan forvente flere utspill, kanskje allerede i forbindelse med statsbudsjettet for 2005. Det er derfor fortsatt usikkert hva regjeringen vil satse på – i hvilken grad fokus også skal settes på hydrogenteknologi og brenselceller i denne forbindelse. I forhold til tidligere representerer regjeringens planer en

⁷ NOU 2004:11, *Hydrogen som fremtidens energibærer*

sterkere vilje og målbevissthet. Dette er lovende, men det gjenstår å se om regjeringen får politisk gjennomslag i Stortinget (kanskje flertallet der vil gå enda lengre enn det regjeringen foreslår) – og hva slag innretning forslagene vil få. Spørsmålet er: Vil man nå greie å skape et sterkt nasjonalt innovasjonsregime knyttet til brenselceller og hydrogenteknologi?

Litteratur

- Burns, L. D., McCormick, J. B., & Borroni-Bird, C. E. (2002). Vehicle of change. *Scientific American*(October).
- Chesbrough, H. W., & Teece, D. J. (1996). When is virtual virtuous? - Organizing for innovations. *Harvard Business Review*(January-February), 65-73.
- David C. Moverly, N. R. (1982). The influence of market demand upon innovation: a critical review of som recent empirical studies. In N. Rosenberg (Ed.), *Inside the black box: Technology and economics* (pp. 193-241). Cambridge: Cambridge University Press.
- Department of Energy, U. (2001). *Energy research at DOE: Was it worth it? - Energy Efficiency and Fossil Energy Research 1978 to 2000*. Washington D. C.: National Academy Press.
- Etzkowitz, H., & Leydesdorff, L. (1997). Introduction to special issue on science policy dimension of the Triple Helix of university-industry-government relations. *Science and Public Policy*, 24(1), 2-5.
- Freeman, C., & Perez, C. (1988). Structural crisis of adjustment, business cycles and investment behavior. In G. D. e. al (Ed.), *Technical change and economic theory* (pp. 38-66). London: Pinter Press.
- Gilbertand, J. T., & Bormbaum-More, P. H. (1996). Innovation timing advantages: From economic theory to strategic application. *Journal of Engineering and Technology Management*, vol. 12, 245-266.
- Godoe, H. (2000). Innovation regimes, R&D and radical innovations in telecommunications. *Research Policy*, 29, 1003-1046.
- Godø, H., Rapmund, A., Nerdrum, L., & Gulbrandsen, M. (2003). *Pilot project report: Innovations in fuel cells technology in Norway - OECD Case Study on Innovation in the Energy Sector* (No. U-notat 2/2003). Oslo: NIFU.
- Hafner, K., & Lyon, M. (1996). *Where wizards stay up late - The origins of the Internet*. New York: Simon&Schuster.
- Hassan, E. (2003). *Mapping the knowledge base of a technological field : the case of fuel cells technology (Draft only) : report for the TIP Focus Group on Energy Technology*. Paris: OECD Secretariat.
- Hughes, T. (1987). The evolution of large technological systems. In W. Bijker, T. Hughes & T. Pinch (Eds.), *The social construction of technological systems* (pp. 51-82). Cambridge: The MIT Press.
- Kvamsdal, H. M., & Ulleberg, Ø. (2000). *Hydrogensamfunnet - en nasjonal mulighetsstudie* (No. A5107). Trondheim: SINTEF.
- Lundvall, B.-Å. (1988). Innovation as an interactive process: From user-producer interaction to the national system of innovation. In G. Dosi & e. al (Eds.), *Technical change and economic theory* (pp. 277-300). London: Pinter Publications.
- Lundvall, B.-Å. (1993). User-producer relationships, national systems of innovation and internationalization. In D. Foray & C. Freeman (Eds.), *Technology and the wealth of the nations - The dynamics of constructed advantage* (pp. 349-369). London: Pinter Publishers.
- Maeda, A. (2003). *Japanese Technology Policy for the Development and Commercialization of Fuel Cells*. Paris: OECD/CSTP/TIP.
- McKelvey, M. (1991). How do national systems of innovations differ?: A critical analysis of Porter, Freeman, Lundvall and Nelson. In G. M. Hodgson & E. Screpanti (Eds.), *Rethinking economics: Markets, technology and economic evolution* (pp. 117-137). Aldershot: Edward Elgar.

- Nelson, R. R., & Rosenberg, N. (1993). Technical innovation and national systems. In R. R. Nelson (Ed.), *National Innovation Systems - A Comparative Analysis* (pp. 3-21). New York and Oxford: Oxford University Press.
- Nerdrum, L., & Godø, H. (2003). *Mapping Norwegian RD&D in fuel cells and related hydrogen technology - in an innovation policy perspective* (No. U-notat 20/2003). Oslo: NIFU.
- Niosi, J., Saviotti, P., Bellon, B., & Crow, M. (1993). National systems of innovation: In search of a workable concept. *Technology in society*, 15, 207-227.
- Nygaard, S. (2003). *Innovation in fuel cells and related hydrogen technology in Norway: patents and knowledge interactions in a system of innovation*. Unpublished MA, University of Oslo, Oslo.
- OECD. (2002a). *Dynamising National Innovation Systems*. Paris: OECD.
- OECD. (2002b). *Science, Technology and Industry Outlook 2002*. Paris: OECD.
- Porter, M. (1990). *The competitive advantage of nations*. London: Macmillan.
- Rapmund, A., & Nygaard, S. (2003). *Bibliometric and patent analysis of Norwegian research on fuel cells 1990-2002* (No. U-notat 19/2003). Oslo: NIFU.
- Rosenberg, N. (1994). *Exploring the black box*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Rycroft, R. W., & Kash, D. E. (1994). Complex technology and community: Implications for policy and social science. *Research Policy*, 23, 613-623.