

# Visjon år 2100 - naturen som veiviser mot morgendagens energisamfunn

Av Olav M. Skulberg

Olav M. Skulberg er seniorforsker ved Norsk institutt for vannforskning, Oslo.

## Sammendrag

Internasjonal forskning frembringer nå de teknologiske forutsetninger for hydrogenenergisystemet (HES - Hydrogen Energy System). Dette innebærer bruk av vann i kombinasjon med solenergi til produksjon av hydrogen-gass. Hydrogen vil bli den ledende energibæreren for menneskesamfunnet. En gradvis overgang er mulig fra bestående energiteknologi til et fullstendig fornybart energisystem.

## Summary

The importance of the Hydrogen Energy System is presented. Hydrogen is close to being the ideal energy carrier. The technology for converting the absorbed and hydrogen-stored solar energy into electricity or fuel will in the proximate future have profound impact on world energy availability and economies.

## Bakgrunn

Ved et seminar på NIVA 21. desember 1994 med representanter fra bl.a. NO-RAD og Utenriksdepartementet ble dette kåseriet presentert. I det følgende er det laget en skrevet versjon som gjengir tankegangen og det faglige innholdet av den muntlige fremstillingen.

Da vann og energi hører til Norges viktigste naturgitte fortrinn, er det rimelig at dette er sentrale elementer i en betraktning om hva morgendagen vil innebære for samfunnet vårt.

## Forutsigelser om utviklingen

Spådommer om det som vil skje fremover i tiden, er stadig et tema som opptar mennesker. I gamle kulturer hadde profetier en viktig funksjon for folk. Vi ser det bl.a. i hvordan faraoenes Egypt benyttet seg av spådommer i planlegging av tiltak både for individ og samfunn (Faulkner 1972). Eller når Nostradamus (1503-1566) skrev sine syner så frenetisk at de to hundre år senere ble fordømt av Den romersk-katolske kirke. Denis Diderot (1713-1784)-hovedredaktør for Encyclopédie gjennom tjue år - var overbevist om at det å samle samtidens foreliggende viten ville forandre verden positivt i ettertid en gang for alle. Tross de utallige besvikelser menneskeheten senere selv-forskyldt har avstedkommet, er det vanskelig bestemt å hevde at han hadde feil.

Av en annen karakter er kanskje bøkene til Jules Verne (1828-1905) med fantastiske og til dels skremmende forutsigelser. Men mange av disse visjon-

Forskningens historie	Paradigma
År 2000 J. Schopf C. Walcott A. Einstein	Økosystemteorien Relativitetsteorien Jorden er ca. 4 400 000 000 år
1900 H. Becquerel L. Pasteur C. Darwin C. Lyell	Evolusjonsteorien Jorden er ca. 40 000 000 år
1800 J. Hutton C. Linné	Mekanistiske verdenssystem Jorden er ca. 6 000 år
1700 I. Newton A. Leeuwenhoek	Heliosentriske verdenssystem "Jorden ble skapt 23. - 29. oktober 4004 før Kristi fødsel."
1600 G. Galilei J. Usher	1500 N. Copernicus

Tabell 1. Forskning og verdensoppfatning.

ner har faktisk blitt virkelighet. En moderne variant blir det når bl.a. Ingenjörsvetenskapsakademien i Sve-

rige står bak utgivelsen av en bok hvor sju forfattere spekulerer om fremtiden (Brohult 1994).

Men også konkret i moderne planlegging inngår antakelser om morgendagen. Som eksempel kan nevnes behandlingen av fremtidsutviklingen for vassdragene i Norge i NOU 1994:12 (Nærings- og energidepartementet 1994).

### **Aktualitetsprinsippet**

Visjoner og spådommer har sin forankring i menneskets fundering og fornuft. Tid kommer inn på en vesentlig måte. Filosofens vurdering av tid (Benedictus de Spinoza, 1632-1677) blir essensiell, at fortiden har samme realitet som nåtiden og samme viktighet som fremtiden. Eller sagt på en annen måte, forståelsen av tidens ubetydelighet (Bertrand Russel, 1872-1970).

Innenfor naturvitenskapene er det særlig på forskningsfeltene kosmologi og paleontologi at hendelsesforløp i fortid, nåtid og fremtid studeres og bedømmes i helhetlig sammenheng. Det var geologen Charles Lyell (1797-1875) som formulerte det berømte aktualitetsprinsippet, "the present is the key to the past". Med en utvidelse i begrepsinnhold kan dette utlegges med at kunnskapen om det nåværende gir nøkkelen til forståelsen av det som har vært, og det som kommer.

### **Samfunn og forskning**

En betraktning om utviklingen gjennom hundre år fremover på et felt som "morgendagens energisamfunn" trenger et blikk tilbake i tid. Det blir spillet mellom menneskesamfunn, teknologi og natur som får oppmerksomhet.

Det eneste bestående er foranderlig-

heten (Heraklit, 560 f.Kr.). Kunnskapsbasert tro, moralske verdier og økonomi er bl.a. avgjørende for forandringene som finner sted i samfunnet. Fremveksten av moderne vitenskap hører til de spesielt epokegjørende drivkrefter. Hundre år er en kort tidsperiode vurdert i sammenheng med utvikling av menneskelig virksomhet og erkjennelse. I Tabell 1 er det gitt en kort oppsummering av noen milepeler i forskningens historie knyttet til progresjoner i kunnskapsprosessen og verdensoppfatningen.

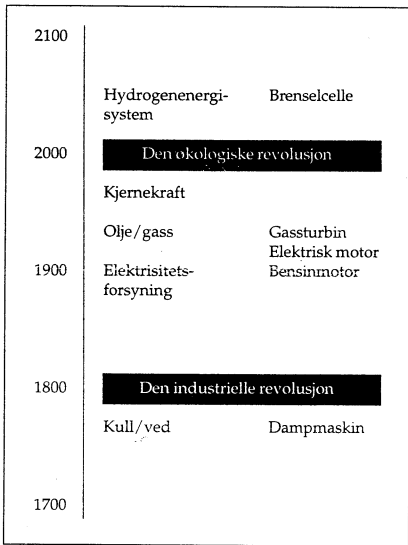
Samfunnets omstilling til nye teknologiske realiteter er mer langsom enn veksten i praktisk og teoretisk kunnskap. En rekke faktorer knyttet bl.a. til ressursforutsetninger og økonomi er medvirkende til dette. Forholdet kan belyses med utviklingen av industri-samfunnet på grunnlag av bruk av naturens kraftressurser.

### **Den økologiske revolusjon**

I Tabell 2 er det laget en oversikt over noen hovedtrekk i utviklingen av energiforsyning og kraftmaskiner.

La oss kaste et blikk tilbake et par hundreår. Den økonomiske omveltning i Europa brakte industrialismen til gjennombrudd. Vesentlige forutsetninger for dette var ny erkjennelse og tekniske erobringer basert på naturvitenskapene bl.a. kjemi og fysikk (f.eks. dampmaskinen). Vi betegner det den industrielle revolusjon (Friedrich Engels, 1820-1895). Følgene dette fikk for samfunn og arbeidsliv er velkjente.

Vi står i dag forlengst inne i en tilsvarende, dyptgripende revolusjon. La oss



Tabell 2. Historisk utvikling.

kalle det den økologiske revolusjon. Vitenskapen som behandler forholdet (vekselvirkningene) mellom det levende og miljøet, er økologi. Fagfeltet - som bl.a. er naturvernets teoretiske grunnlag - har en litt over hundre år gammel tradisjon å stå på (Ernst Haeckel, 1834-1919). Ny forståelse har vokst frem. Men det er først i vår tid at det har blitt mulig å gjøre fagfeltet til et omfattende virksomhetsområde i samfunnet. Det skyldes ikke minst moderne metoder innenfor fysikk, kjemi og biologi, og avansert datateknologi. Det er samfunnets omstilling til den aktuelle erkjennelse vi nå merker spesielt i industrilandene.

Og visjonen frem mot år 2100 blir da realiseringen av prinsippet hvordan mennesket - som art mellom andre arter - bør leve/arbeide for vedvarende å kunne opprettholde livets forutsetnin-

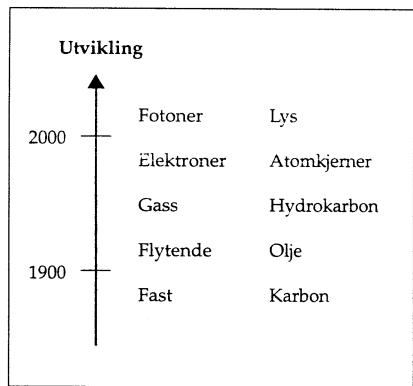
ger her på jordkloden (World Commission 1987).

## Hydrogenenergisystemet

I Tabell 3 fremstilles hvordan energiutnyttelse i industrisamfunnene forandrer seg i overensstemmelse med teknologisk dyktighet.

Olje, kull og gass er fossilt brensel, det vil si at de ved forbrenning frigjør energi som ble lagret ved hjelp av fotosynteseprosessen for millioner av år siden. Denne forbrenningen skaper store forurensningsproblemer, blant annet ved utslipp av karbondioksid ( $CO_2$ ). Men når naturen så effektivt kan lagre solenergien, burde ikke også menneskene kunne være i stand til dette og lære av naturens egne metoder? Hydrogenenergisystemet er et svar på dette.

Utgangspunktet for en fornuftig og permanent energiforsyning er de fornybare energikilder. Til disse hører f.eks. vannkraft, biomasse, vind, soltermisk- og fotovoltaisk elektrisitet. Det er altså solenergi som vil bli benyttet. Og solenergien er en enorm ressurs



Tabell 3. Energiutnyttelse

å høste av. I løpet av 30 minutter stråler f.eks. solen kontinuerlig inn til jordoverflaten en energimengde som tilsvarer det årlige energiforbruk til hele menneskesamfunnet.

Men det er betydelige tekniske og praktiske vanskeligheter forbundet med utnyttelsen av solenergien (Johansson et al. 1993). Det gjelder bl.a. hvordan energien kan bli fanget opp, lagret og transportert på hensiktsmessig måte. Her er det hydrogenets muligheter åpner et interessant perspektiv. Hydrogen vil kunne bli den ledende energibæreren for menneskeheten. Råstoffet til å skaffe hydrogen blir vann, og solen vår viktigste energikilde. Og vann kan betraktes som en ubegrenset ressurs for hydrogenproduksjon.

Hydrogen er et karbonfritt drivstoff som, når det oksyderes, gir vann som forbrenningsprodukt. Vann i kombinasjon med solenergi til å spalte vannmolekylene, er en rikelig energikilde som inngår i et karbonfritt, naturlig kretsløp. Hydrogenteknologien vil primært være lite negativ i økologisk sammenheng. Det blir f.eks. ingen utslipp av  $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ , VOC, og små bidrag med  $\text{NO}_x$ . De indirekte økologiske konsekvenser av energiutnyttelse vil selvsagt hovedsakelig være de samme uansett form for energikilde.

Hydrogen er det mest utbredte og rikelig forekommende stoff i verdensrommet. Men det foreligger sjeldent i gassform på jordkloden. Oftest er det bundet til oksygen (f.eks. i vann), eller det forekommer i organisk stoff (f.eks. biomasse) og geologiske dannelser (f.eks. i mineraler). Hydrogen fremstil-

les i stor målestokk i mange industri-sammenhenger, og etterspørselen etter hydrogen til industriformål er raskt stigende. Verdensproduksjonen av hydrogen-gass er i størrelsesorden  $5 \cdot 10^{11} \text{m}^3$  årlig.

Det uheldige og negative ved de dominerende metoder for hydrogenproduksjon er først og fremst avhengigheten av fossilt brensel og frigjøringen av  $\text{CO}_2$  ved produksjonen. Dermed er disse fremstillingsprosessene økologisk vurdert ikke tilfredsstillende. I et hydrogenenergisystem er det avgjørende behov for andre fremgangsmåter til å skaffe hydrogen via fornybare ressurser. Flere alternativer er under intensiv bearbeiding innenfor anvendt forskning.

Et eksempel som kan nevnes, er bruken av biomasse (organisk materiale) i termokjemiske prosesser med gassifisering. En totrinns katalytisk fremgangsmåte kan benyttes. I det første trinnet gjennomgår biomassen en delvis forbrenning med dannelse av gass og trekull. I det andre trinnet benyttes trekullet til reduksjon av gassproduktet med konvertering av karbonmonoksyd og metan til hydrogen. Karbondioksyd fjernes renseteknisk (Hall et al. 1993).

En elektrolyseprosess for dannelse av hydrogen er basert på fotovoltaisk elektrisitet. Solenergien blir fanget opp i et solcellepanel, den elektriske strømmen som dannes blir benyttet til spalting av vann i hydrogen og oksygen. Teknologien er fremdeles på forsøksstadiet. Det er ennå for tidlig å kunne vurdere det praktiske potensialet til

denne fremgangsmåten, som teoretisk er meget lovende (Bergene & Skulberg 1994).

En annen metode til produksjon av hydrogengass fra vann er gjenstand for aktuell forskningsinnsats. Det gjelder prosessen biofotolyse, som utvalgte mikroorganismer kan gjennomføre (Greenbaum 1991). Ved hjelp av bestemte pigmenter i disse organismene kan energi i den synlige delen av lys-spekteret benyttes til spalting av vann i elementære deler med utskillelse av hydrogen og oksygen. For Norge er dette en interessant mulighet, da hydrogengass kan bli et biprodukt ved praktisk anvendelse av mikroalger i en fremtidig industrivirksomhet (alge-kulturteknologi). På dette felt er det innledet forskningsarbeid bl.a. ved Norsk institutt for vannforskning (Skulberg 1992).

Et internasjonalt forskningsprogram - Advanced Hydrogen Production - for perioden 1995-1997 er under etablering i regi av International Energy Agency. Her vil bl.a. biofotolyse inngå som en sentral forskningsoppgave. Norge - ved Institutt for energiteknikk - vil være ankersted for dette IEA-programfeltet.

### **Norge - vann og energilandet**

Hydrogen via solenergi og vann i hydrogenenergisystemet tegner seg som den viktigste arvtakeren i verdens energiforsyning.

Skal Norge beholde en sentral plass i internasjonal energivirksomhet fremover, må det tilrettelegges bevisst for dette. Det vil bl.a. være forutseende å

forankre utviklingen i aktiv forskningsinnsats til dette formålet.

### **Henvisninger**

- Bergene, T. & Skulberg, O.M. (1994): Naturen som veiviser mot morgendagens energisamfunn, *Naturen* 118, 14-19.
- Brohult, M. (1994): Sju spådomar, svenska författare spekulerar om framtiden. Brombergs. Stockholm. 165 pp.
- Faulkner, R.O. (1972): *Book of the Dead*. British Museum Publications. London. 192 pp.
- Hall, D.O., Rosillo-Calle, F., Williams, R.H. & Woods, J. (1993): Biomass for energy: Supply prospects, in T.B. Johansson, H. Kelly, A.K.N. Reddy & R.H. Williams (eds.), *Renewable Energy Sources for Fuels and Electricity*. Earthscan Publications Ltd, London, pp. 593-651.
- Johansson, T.B., Kelly, H., Reddy, A.K.N. & Williams, R.H. (1993): *Renewable Energy Sources for Fuels and Electricity*. Earthscan Publications Ltd, London. 1160 pp.
- Nærings- og energidepartementet (1994): *Lov om vassdrag og grunnvann*. NOU 1994:12. Oslo. 521 pp.
- Skulberg, O.M. (1992): Hydrogen som energibærer. Biofotolytisk produksjon av hydrogen med bruk av blågrønnalger/alger. Norsk institutt for vannforskning, Oslo. 27pp.
- World Commission on Environment and Development WCED (1987): *Our Common Future*. (The Brundtland Report). Oxford University Press. 387 pp.