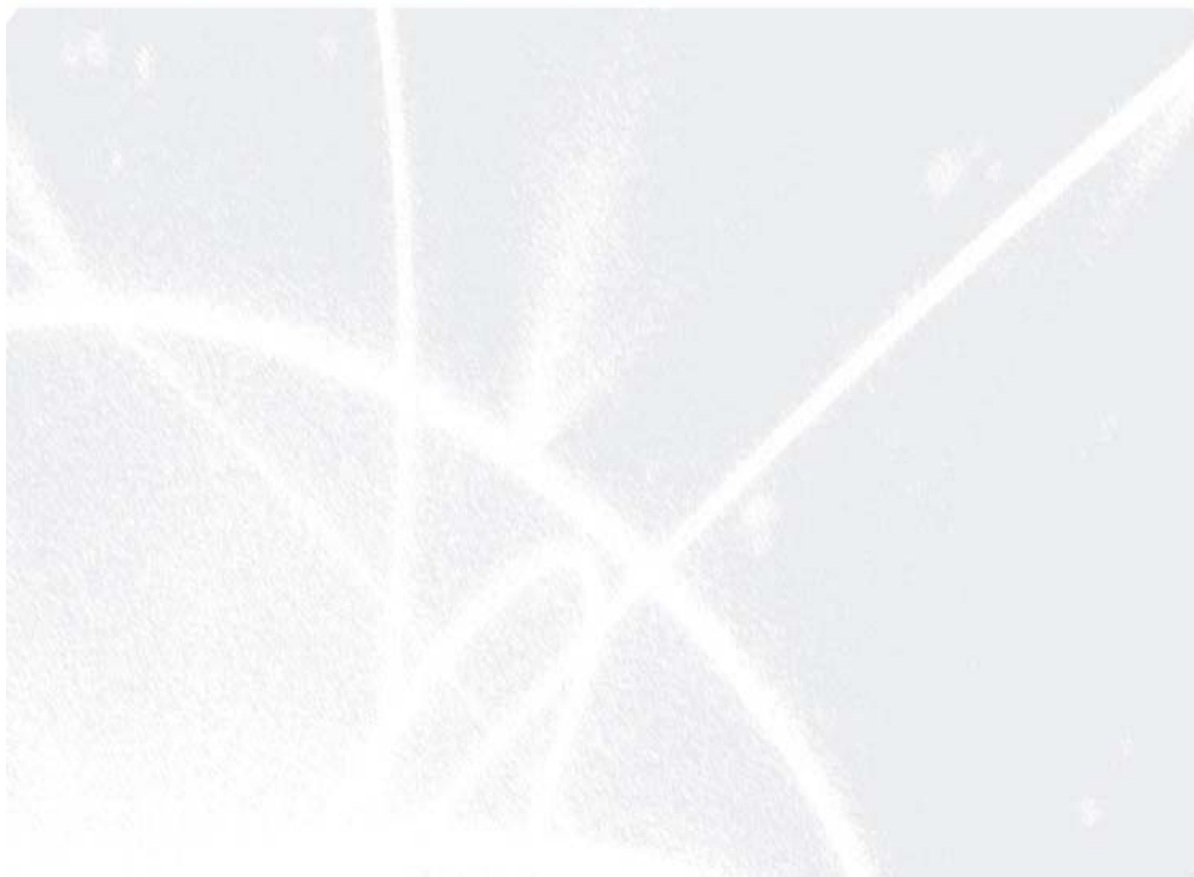


Vestlandsforskning - notat nr. 4/2013

# Lange spor i energiforskningen

- *De alternative drivstoffenes implementering.*
- *Hva har vi lært om barrierene*

Otto Andersen



## Vestlandsforskning notat

<b>Tittel</b> Lange spor i energiforskningen	<b>Notat nummer</b> 4/2013 <b>Dato</b> 14.05.2013 <b>Gradering</b> Open
<b>Prosjekttittel</b> Lange spor i energiforskningen: De alternative drivstoffenes implementering. Hva har vi lært om barrierene?	<b>Tal sider</b> 12 <b>Prosjektnr</b> 6271
<b>Forskar(ar)</b> Otto Andersen	<b>Prosjektansvarleg</b> Otto Andersen
<b>Oppdragsgivar</b> Norges Forskningsråd	<b>Emneord</b> energi

### Samandrag

Notatet presenterer resultatane frå eit synteseprosjekt for Norges forskningsråd om dei lange linene i energiforskinga, med hovudvekt på Renegeriprogrammet. Prosjektet har studert dei lange spora i norsk samanheng, relatert til den internasjonale utviklinga, om implementering av alternative drivstoff i transportsektoren. Dette er blitt belyst gjennom barrierekunnskap. Prosjektet gir samla kunnskap om barrierar over lang tid, i form av historiar om implementering av tre hovudtypar alternativ energi til bruk i transport (elektrisitet, hydrogen og biodrivstoff).

### Andre publikasjonar frå prosjektet

<b>ISBN:</b>	<b>Pris:</b>
--------------	--------------

1 Innledning og bakgrunn .....	4
2 De viktigste utviklingstrekk .....	4
3 Sammenhengen mellom Forskningsrådets programmer/prosjekter og utviklingen .....	4
4 Sentrale resultater og effekter av kunnskapen om de alternative drivstoffene .....	5
4.1 Elbiler .....	5
4.1.1 Elbilenes historie gjennom fem bølger .....	5
4.1.2 Elbilcase: VEL-forsøket i Frankrike .....	6
4.1.3 Elbilcase: Think- den norske elbilen.....	7
4.1.4 Noen generelle trekk .....	9
4.2 Hydrogen .....	9
4.2.1 HyNor .....	9
4.2.2 CUTE.....	10
4.2.3 Oppsummering.....	10
4.3 Biodrivstoff .....	11
5 Kilder.....	12

# 1 Innledning og bakgrunn

Dette er hovedrapporten fra et synteseprosjekt som Norges Forskningsråd har finansiert. Hensikten har vært å få fram kunnskap om de lange linjene i energiforskningen, med utgangspunkt i forskningsprogrammet Fremtidens rene energisystem (RENERGI), men supplert med annen relevant forskningsbasert kunnskap.

Bakgrunnen for valg av tema for denne synteserapporten er en forståelse om at de konvensjonelle drivstoffene bensin og diesel må erstattes med alternativer basert på fornybare energiresurser. Kunnskap knyttet til barrierene for drivstoffenes implementering er viktig for å forstå hvordan disse energiformene og energibærerne kan forventes å bli benyttet, samt hvilke samfunnsmessige konsekvenser bruken vil kunne ha i tiden framover.

Prosjektet har studert de lange sporene i norsk sammenheng, relatert til den internasjonale utviklingen, om implementeringen av alternative drivstoffer i transportsektoren. Dette er blitt belyst gjennom barrierekunnskap. Prosjektet gir samlet kunnskap om barrierer over lang tid, i form av historiene om implementering av tre hovedtyper alternativ energi til bruk i transport (elektrisitet, hydrogen og biodrivstoff).

Det er på sin plass å påpeke at i tillegg til henvisningene til omtalte arbeider i rapporten, bygger dette synteseprosjektet på studier av mange forskjellige alternative drivstoffer og deres miljøaspekter, som har inngått i forskningen ved Vestlandsforskning i flere tiår. Supplerende bakgrunnskunnskap og resultater er således å finne i Høyer og Heiberg (1993), Holden (2003), Høyer og Holden (2007), og i Simonsen (2010).

## 2 De viktigste utviklingstrekk

Implementeringen av alternative drivstoff har ikke vært uproblematisk. Den kan i mange sammenhenger karakteriseres som en bølgedal, med ups and downs. Det er også snakket om "kåringen av årets drivstoff" (Holden 2007, Holden et al. 2009). Ulike typer alternative drivstoff er ofte blitt markedsført med en svært optimistisk tone, som at de utgjør løsninger som skal redusere klimagassutslipp og lokal luftforurensning, samt bidra til næringsutvikling. Implementeringen av de forskjellige alternative drivstoffene har imidlertid vært begrenset, med store tilbakeslag. Dette gjelder for alle tre hovedgrupper alternative drivstoff dette prosjektet omfatter:

1. Elektrisitet som alternativ energibærer i biler
2. Hydrogen som energibærer i transport, både i Brenselceller og forbrenningsmotorer
3. Biodrivstoffene biodiesel og etanol

## 3 Sammenhengen mellom Forskningsrådets programmer/prosjekter og utviklingen

Ved en gjennomgang av prosjektarkivet for RENERGI er det påfallende få av prosjektene på området alternative drivstoff som konkret tar for seg barrierene ved implementering av disse energiformene. Storparten av RENERGI-prosjektene om f.eks. biodrivstoff omhandler utvikling av nye metoder og teknologier for å produsere drivstoff. Videre er prosjektene om hydrogen i stor grad knyttet til

etablering av fyllestasjoner og innkjøp av kjøretøy knyttet til Hydrogenveien Oslo-Stavanger (HyNor). Og til sist er elbil-prosjektene for en stor del begrenset til støtte for utvikling av kjøretøy, i første rekke hos den norske produsenten Think.

Av de få RENERGI-prosjektene som konkret tar for seg barrierene knyttet til implementering av alternative drivstoff må prosjektet "Providing hydrogen for transport in Norway: A social learning approach", i perioden 2005-2010, framheves. Det er dokumentert i Andersen (2005) og Kårstein (2008). Her ble implementeringsprosjektet HyNor gjenstand for en kritisk evaluering. Både teknologiske og ikke-teknologiske barrierer ble tematisert. Ikke minst ble det gjennom prosjektet fremskaffet kunnskap om de involverte aktørenes interesser og hvordan disse var bestemmende for tilretteleggingen eller ikke, av hydrogen som drivstoff og brenselcelleteknologi som system for energikonvertering. Noe av støtten fra RENERGI-programmet har således bidratt til å øke forståelsen omkring hvilke samfunnsmessige betingelser som er av betydning ved implementering av alternative drivstoffer. Dette har, i kombinasjon med resultatene fra andre relevante prosjekter, gitt grunnlaget for en samlet oversikt om kunnskap over lang tid, om de viktigste barrierene og karaktertrekkene ved implementering av alternative drivstoff i transportsektoren.

## 4 Sentrale resultater og effekter av kunnskapen om de alternative drivstoffene

I satsingen på teknologisk utvikling og implementering av alternative drivstoffer i transportsektoren kan det virke som om mange aktører glemmer å ta hensyn til ikke-teknologiske barrierer. Selv om det er teknisk mulig – i noen tilfeller også økonomisk forsvarlig - med overgang til alternative drivstoff, er det ofte andre forhold som gjør at implementeringen hindres. Utsiktede effekter dukker opp og behovet for ny infrastruktur og endring av kunnskap, holdninger og transportvaner undervurderes. I det følgende presenteres resultater av forskningen omkring barrierer for implementering av alternative drivstoff, og hva slags effekter denne kunnskapen har for innfasing av alternativ energi i transportsektoren. Det gjøres her i form av historiene til de tre energiformene 1)elbiler, 2)hydrogen og 3)biodrivstoffene etanol og biodiesel.

### 4.1 Elbiler

#### 4.1.1 Elbilenes historie gjennom fem bølger

Implementeringen av elektriske biler er en historie preget av at behovet for endring av transportvaner kan bremse alternativ energi's implementering. For elbiler er dette konkret knyttet til den store begrensningen i form av den korte kjørelengden mellom hver opplading av bilenes batteri. Den globale historiske utviklingen av elektriske biler har preg av en historie om fem store bølger (Høyer 2007).

Den første bølgen startet ca. 1835 og varte til 1880. Dette var i en periode med mange viktige oppfinnelser, hvor det første kjøretøyet som ble drevet av en elektrisk motor ble demonstrert både i USA, Skottland og Nederland i 1835. Et viktig steg ble tatt i 1859 med introduksjon av blybatteriet, som fremdeles er den vanligste batteritypen i bruk. Tidlig på 1870-tallet kom de første batteridrevne elektriske bilene i bruk. Det skulle gå nesten to tiår før det første kjøretøyet på veg med intern forbrenningsmotor ble demonstrert av tyskeren Carl Benz i 1885 (Westbrook 2001).

Den andre bølgen var i tiden 1890-1925 som inkluderte den såkalte "gylne perioden" (1895-1910) for elektriske biler (Anderson and Anderson 2005). Dette var en periode med et relativt stort antall elektriske biler, vel så mange som de konkurrerende bilene med forbrenningsmotor. Omkring 1910 var det 30.000 elektriske biler i USA. Den gylne perioden svant imidlertid hen med lanseringen av Ford's

T-modell. Under den første verdenskrig fikk elbilene igjen en oppblomstring p.g.a. oljemangel til sivile aktiviteter. USA ble en stor eksportør av elbiler til Europa, ikke minst til Norge som kunne dra nytte av mye tilgjengelig elektrisitet fra vannkraft.

Hybridbiler er heller ikke noe nytt, de første bilene med både el- og forbrennings-motor var på veien allerede rundt år 1900. Flere bilprodusenter var involvert, ikke minst franske, som framviste en hybridbil på *Automobile and Cycle Show* i Paris i 1901 (Ibid.). Frankrike hadde forøvrig på denne tiden et godt utbygd system for lading av elbiler, med 265 ladestasjoner (i 1900) i form av myntautomater som leverte nødvendig mengde strøm for å lade opp batteriet.

*Den tredje bølgen* varte fra omkring 1935 til 1950 og var sterkt knyttet til den andre verdenskrigen. Som under den første verdenskrig ble oljebruken prioritert til krigsformål. Det var imidlertid en annen utvikling som var av betydning: økt kullkraft, med tiknyttet elektrisitetsnett, spesielt i Storbritannia. Dette var medvirkende til implementeringen av verdens mest omfattende elektriske kjøretøyflåte; de elektriske varebilene for levering av melk til forbrukere ("milk vans"). Etter den andre verdenskrigen besto kjøretøyflåten av 70.000 elektriske varebiler i Storbritannia. De fortsatte å være i drift etter 1950, mens bruken av andre elbiler igjen dalte.

*Den fjerde bølgen* var igjen knyttet til Frankrike, gjennom VEL-caset som beskrives i et eget avsnitt nedenfor. Bølgen hadde sin bakgrunn i et helt nytt konsept. I perioden 1965-1980 ble det først fokus på å redusere lokal luftforurensing i byene. Så, spesielt på 70-tallet, ble det oppmerksomhet rundt behov for utvikling av nye energiformer, basert på fornybare ressurser. Alle store bilprodusenter hadde programmer for utvikling av elbiler for å møte disse behovene. Men programmene hadde også *symbolsk* verdi; det hadde blitt viktig for bilprodusentene å vise miljøansvar. Det ble gjort framsteg innen elektrokjemi og batteriteknologi, men interessen skulle imidlertid dale igjen, som forklart nedenfor i presentasjonen av VEL-caset.

*Den femte bølgen* varte fra rundt 1987 til 2000. For Norges del er denne bølgen knyttet til framveksten av elbilprodusenten Think, som beskrives i et eget avsnitt nedenfor. Det ble tatt opp igjen ny satsing på bedre batteriteknologi og nye optimistiske ambisjoner ble lansert. Men perioden var dominert av en ny samfunnsdebatt. Selv om miljødebatten om nødvendigheten av reduksjoner i lokal luftforurensing fremdeles var viktig, var det en ny problematikk som kom fram med betydelig kraft; *menneskeskapt klimaendring*. Det var også perioden med nye utfordringer ved konsepter som *bærekraftig utvikling*, bærekraftige energisystemer og til og med bærekraftig mobilitet. Dette ble møtt med ny politikk, internasjonale avtaler og lovverk, fra globale klimakonvensjoner til regionale reguleringer som Zero Emission Vehicles i California (Høyer 1999).

#### **4.1.2 Elbilcase: VEL-forsøket i Frankrike**

For å utvikle forståelsen omkring barrierer mot implementering av alternative drivstoff er det nyttig å se litt nøyere på en storkala innfasing av elbiler i Frankrike, som ble forsøkt gjennomført i de såkalte VEL ("vehicule électrique") -forsøkene. Tidlig på 1970-tallet lanserte en gruppe ingeniører ved Electricité de France (EDF) ambisiøse scenarier om en overgang til elbiler som erstatning for biler med forbrenningsmotor. Dette inkluderte en visjon om videreutvikling til hydrogenrevne brenselcellebiler. Implementeringsforsøket er tidligere beskrevet og grundig analysert av Callon (1980, 1987). EDF-ingeniørene var inspirert av studentopprøret i 1968 som startet i Frankrike, samt miljøproblematikk som luftforurensing og støy fra biltrafikk. Scenariet forutsatte at folk ville endre sine verdier, vaner og forventninger til bilene, og at de ville samarbeide om å nå målet om et miljøvennlig elektrifisert transportsystem.

Samtidig omdefinerte ingeniørene produksjonssystemet for biler. EDF skulle stå for utviklingen av elektriske motorer mens Renault ble marginalisert til å kun produsere understell og karosseri. Dette var et hardt slag mot en av Europas mektigste industriselskaper og mot den tette koblingen mellom privatbilisme og oljeindustri.

VEL-forsøkene forlot i realiteten aldri laboratoriene og tegnebrettene. Det begynte å dukke opp ulike problemer, som Hughes (1987) gir betegnelsen *omvendte framspring* (“*reverse salients*“):

“Reverse salients are components in the system that have fallen behind or are out of phase with the others. Reverse salients are comparable to other concepts used in describing those components in an expanding system in need of attention, such as drag, limits to potential, emergent friction, and systemic efficiency” (Hughes 1987:73).

Det første omvendte framspringet dukket opp i tilknytning til grunnleggende tekniske komponenter. Det var ikke etablert noe system for behandling av brukte batterier. Utviklingen av gode brenselceller var i tillegg svært problematisk, nye billigere katalytisk materiale hadde en tendens til raskt å bli forurenset. Ingeniører hos Renault fungerte her som motekspertise ved å påpeke nødvendigheten av å bygge opp en fullstendig ny infrastruktur med servicestasjoner for håndtering av brukt katalytisk materiale fra brenselceller og for resirkulering av brukte batterier. De stilte spørsmålsteget om hvilke aktører som skulle ha ansvar for dette.

Renault-ingeniørene gikk videre og påpekte at i løpet av de tre årene VEL-forsøkene pågikk hadde de sosiale protestbevegelsene avtatt, i hvertfall de som opponerte mot bilsamfunnet. En form for re-industrialisering av bilindustrien ble istedenfor skissert, med mer miljøvennlige busser og lavere utslipp fra bilene. Callon vektlegger i sin analyse at den konvensjonelle bilindustrien ble fullstendig rehabilitert gjennom en “allianse” mellom Renault-ingeniørene, sviktende brenselceller og en protestbevegelse på hell. Nå var det VEL-ingeniørene som ble stille, deres satsing hadde fullstendig mistet troverdighet og styrke.

#### **4.1.3 Elbilcase: Think- den norske elbil**

Bilproduksjonen til den norske elbilfabrikanten Think, som har fått betydelig støtte fra RENERGI-programmet. Derfor er det her på sin plass med en nærmere analyse av Think, som et eget case for implementering av elektrisitet som framdriftsenergi i personbiler.

Avviklingen av bilproduksjonen ved Think må kunne betraktes som et betydelig tilbakeslag for innfasing av elbiler. Til tross for at Norge ikke hadde hatt noen bilindustri av betydning tidligere, hadde Think blitt en av de mest kjente elbilene på verdensbasis i løpet av 1990-årene. Dette må sees i lys av den lange innovasjonshistorien som lå bak. I løpet av 1950 og 1960-årene var teknologier for å formstøpe bakelitt, spesielt til fritidsbåter, godt etablert. Innovatøren Lars Ringdal i Bakelittfabrikken AS fikk i 1973 laget to elbil-prototyper ble med basis i denne teknologien, nå anvendt til å lage bilkarosseri. Han kalte dem ikke biler, men heller kjøretøy med fire hjul, styre og en elektrisk motor.

Det skulle gå helt mot slutten av 1980-årene før det ble fortsettelse i historien. Basis var ny fokus på energi og miljøproblemer, spesielt i tilknytning til diskursen rundt bærekraftig utvikling generelt, og bærekraftig energi spesielt. Miljøproblemene forårsaket av energibruken i motorisert transport, spesielt i byer, var stadig debattert. Rent konkret var det i 1988, kun et år etter lansering av begrepet bærekraftig utvikling i Bruntlandkommissjonens rapport “Vår felles framtid” (WCED 1987), at norske myndigheter vurderte det som riktig å ta et internasjonalt ledende ansvar for å følge opp anbefalingene i rapporten. En forberedende konferanse for Rio 1992-toppmøtet var allerede planlagt i Bergen i 1990. Representanter for norske myndigheter husket 1973-prototypene og kontaktet Ringdal

for å diskutere mulighetene for en norsk elbilproduksjon. Idéen ble støttet av Lars Ringdal og ikke minst av hans like innovative sønn, Jan Otto. Planleggingen startet og støtte ble sikret fra Norges Forskningsråd.

Den første prototypen av den nye generasjonen elektrisk bil ble produsert i 1991. Den var i høyeste grad nyskapende, med en konstruksjon som kombinerte aluminium understell og teknologien med formstøpt bakelitt. En grunnleggende idé var at både motorteknologien og plastikkmaterialene i karosseriet skulle være miljøvennlige. Alle materialene skulle lett la seg resirkulere. Det neste steget var å produsere en bil som kunne brukes under vanlige kjøreforhold. Lillehammer-OL i 1994 ble sett på som et glimrende internasjonalt utstillingsvindu, spesielt ettersom det allerede hadde blitt lansert som det første miljøvennlige OL. I Lillehammer by ble det lagt strenge restriksjoner på all forurensende privat transport under lekene. Dette gjorde elbil til et interessant alternativ, og den avtale om å produsere 12 biler var i boks.

I byen Lillehammer, med bratte bakker og temperatur ned mot -20 °C, fungerte bilene fint, men ikke med blybatterier, men kun ved bruk av de atskillig mer kostbare nikkel-kadmium batteriene. Bilene var vært dyre å produsere; ca 60 000 € per stk.

Utstillingsvinduet Lillehammer-OL fungerte som godt for elbilene. Prins Albert av Monaco var der, tok med seg en av bilene hjem og viste den fram under Monaco Grand Prix. Det ble gjort en første kontakt med interessenter i USA. Etter innføringen av de strenge utslippskravene i California ble USA sett på som et spesielt interessant marked. I perioden 1995-1996 ble ca. 140 nye elbiler produsert av Think. Bilen vant flere priser i et rally for elektriske biler mellom Gøteborg og Oslo. De fleste bilene ble benyttet av norske firma, men 45 av dem ble tatt med til California. De tilfredsstilte imidlertid ikke sikkerhetskravene i USA, så de ble bare brukt som testbiler i en periode på ca. to år.

Den neste generasjon elbil fra Think - produsert for store markeder - ble klar i 1998. Think hadde hele tiden vært en liten bil, med kun to seter og nesten ingen plass til bagasje. Og den hadde også blitt markedsført kun som en nisjebil for bykjøring. Dette var en klar begrensning. Fordelen var imidlertid at den var produsert som en elbil helt fra starten av. Dette gjorde at den fungerte bedre enn de fleste av de konkurrerende elbilene. Elbilene produsert av de store bilfabrikantene var i stor grad vanlige biler som ble utstyrt med elektrisk motor og tilpassede batterier, noe som så ut til å skape problemer. Når alt kommer til alt, en batterilast på 200-300 kg lar seg ikke enkelt passe inn i en vanlig bil. Det var imidlertid andre begrensninger. Opprinnelig var Think-bilen tiltenkt en rekkevidde på 100 km mellom hver opplading. Men p.g.a den økte vekten fra batteriene viste det seg at dette var vanskelig å oppnå. Det måtte reduseres til 85 km, som i beste fall ville være 70 km under virkelige kjøreforhold med kuperte veier, tunge vinterdekk, lav utetemperatur og ekstra elektrisitet for oppvarming av kupé.

Mens Think slet økonomisk, fikk den amerikanske bilprodusenten Ford øynene opp for elbilene, først på en messe i Brussel i 1998, hvorpå en Think-bil ble tatt med til Detroit. Øverste ledelse i Ford ble begeistret for bilen og gikk inn som hovedaksjonær i 1999, for så å ta 100% av eierskapet året etter. Optimismen var igjen stor og en ny fabrikk ble åpnet av Norges konge og statsminister.

Med amerikanernes overtakelse dukket det imidlertid opp helt nye typer problemer. De skulle vise seg å utgjøre virkelig alvorlige omvendte framspring, og kom som flere "geriljaangrep" fra det indre av Ford-konsernet. Amerikanerne likte ikke den kjedelige plastikkoverflaten. De var vant til blanke biler. De hadde i tillegg mye større utstyrskrav enn det som var vanlig i Europa. Thinkbilen var i utgangspunktet laget som en svært enkel bil. Amerikanske biler måtte imidlertid ha doble kollisjonsputer, servostyring, ABS-bremser, luftkjøling (Air Conditioning) og elektriske vinduer. Dette ville innebære overgripende endringer, ikke bare i produksjonen, men også for hele bilkonseptet. I



tillegg var Think-bilene utstyrt med nikkel-kadmium batterier. Amerikanerne likte ikke kadmium, som er et giftig og miljøfiendtlig metall. Nikkel-kadmium batteriene måtte tas ut og gjennomgå omfattende vedlikehold/gjenopplading etter kun 6000-7000 km kjøring. Det ville ofte være etter mindre enn et års kjøring. Amerikanerne var ikke til vant et slikt vedlikehold, og var kun vant til å ha blybatterier i biler. Ford hadde også sin beste ekspertise på den batteritypen.

Det måtte således inngås en rekke kompromisser for å produsere en ny generasjon Thinkbiler. Men det måtte bli en bil med blybatterier. Det ble oppnådd svært dårlig ytelse. En forventet batterilevetid på tre år ble under virkelige kjøreforhold erfart til 1-1,5 år. Dette var ikke akseptabelt, og utvikling av en ny batteritype ble startet. Men det skulle ikke gå lenge før nye problemer dukket opp. Dette var i 2002 og implementeringen av de strenge utslipps- og energiforbrukskravene i California ble stadig utsatt. Det amerikanske markedet for elbiler så ikke like lovende ut som før. Batteriutvikling gikk ikke som forventet, og amerikansk bilindustri var i ferd med å miste interessen for elbiler. Fokus var nå på brenselcelleteknologi og hydrogen. Ford bestemte seg for å legge ned Think-avdelingen. Mot endelig slutt i 2011 var det flere eiere, bl.a et sveitsisk med ekspertise på elektriske motorer, og det finske selskapet Valmet.

Think-produksjonen var favorisert av den norske tilretteleggingen for elbiler. De er fritatt for merverdiavgift, bomavgifter, og kan bruke kollektivfelt. Dette er svært fordelaktig for bileierne, både med hensyn til økonomi og tidsforbruk. Privatpersonene som er eier av en elbil er stort sett velstående, bosatt på Oslo's vestkant. Det er ikke deres eneste bil, snarere husholdningens andre eller tredje. Førerne er stort sett alene i bilen, til og fra arbeid. Da er det hyggelig og tidsbesparende å slippe køene.

#### 4.1.4 Noen generelle trekk

Utviklingen av bedre batterier har gått langt saktere enn det som kunne forventes, med basis i det som skulle vise seg å være altfor optimistiske projeksjoner. Det er snakk om en *teknologisk overselling* som har preget elbilbransjen.

De to casene viser behovet for å analysere elbil-implementering som en kompleks og heterogen helhet, selv fra starten av. Hughes' (1983, 1987) konsept om teknologiske systemer er her nyttig. Vi har her å gjøre med tre ulike teknologiske systemer; *transportsystemet*, *bilproduksjonssystemet* og *energiproduksjonssystemet*. De er sammenkoblet men må betraktes som separate teknologiske system.

Begrepet *omvendte framspring* ("reverse salients") er nyttig i forståelsen av betydningen av ulike barrierer som oppstår under implementering av alternativ energi generelt, og elbiler spesielt.

## 4.2 Hydrogen

Studier av *ikke-teknologiske barrierer* ved implementering av hydrogen som energibærer i transport er blitt gjennomført innen RENERGI-programmet. Prosjektet "Providing hydrogen for transport in Norway: A social learning approach", ble gjennomført av Vestlandsforskning og Institutt for tverrfaglige kulturstudier ved det historisk-filosofiske fakultetet ved NTNU i perioden 2005-2010.

### 1.1.1 HyNor

RENERGI-programmet var en sentral finansieringskilden for implementerings-prosjektet Hydrogenveien Oslo-Stavanger (HyNor). Derfor er det spesielt viktig å forstå hvilken betydning HyNor hadde for hydrogen-implementering i Norge. En god kilde til dette er Asbjørn Kårsteins doktorgradsarbeid (Kårstein, 2008).

Han karakteriserer HyNor som et prosjekt som gikk ut på å simulere et spekter av mulige framtidige teknologiutviklingsprosjekter – altså et meta-teknologiutviklingsprosjekt. Med bakgrunn i et mislykket forsøk på å få Oslo med som demonstrasjonsby i det EU-støttede prosjektet Clean Urban Transport for Europe (CUTE), lanserte Hydro prosjektnavnet "Hydrogenveien i Norge". Mangfoldet i de ulike demonstrasjonsbyenes hydrogenteknologier i CUTE ble brukt som inspirasjon for HyNor. Knutepunktene skulle alle ha ulike teknologier som skulle prøves ut for å produsere og benytte hydrogen som drivstoff. HyNors heterogene karakter gjorde at nodene framsto som det viktigste i prosjektet.

Han viser hvordan HyNor støtte på problemer, som betegnes snublesteiner, med å komme fram til levedyktige og troverdige konsepter for hydrogenproduksjon – inkludert CO<sub>2</sub>-rensing; bygging av tilstrekkelig omfattende infrastruktur; og ikke minst fremskaffing av egnede hydrogenbiler med tilhørende brenselceller.

Kårstein stiller på denne bakgrunn spørsmålet om HyNor kan karakteriseres som en "hype". Svaret som gis er nei hvis det med "hype" forstås noe som så å si er uten substans eller innhold. Men, snarere enn å være innholdsløst, konkluderer Kårstein med at mye tyder på at HyNor-aktørene var vel tidlig ute med å sette i gang et prosjekt av denne typen. Ting gikk rett og slett ikke så fort som man hadde forventet. Særlig så det ut til at det var arbeidet med å utvikle energieffektive hydrogenbiler som gikk saktere enn sentrale aktører hadde håpet og trodd. Dette leder Kårstein til å fastslå at HyNor har demonstrert på en ganske effektiv måte at det trolig er et stykke igjen til hydrogensamfunnet.

### 1.1.2 CUTE

I det strategiske instituttprogrammet i Vestlandsforskning, "Systemer for implementering av hydrogenenergi i transportsektoren", ble det sett spesielt på hvordan implementeringen av hydrogen har foregått i andre land. Spesifikk kunnskap fra Island og andre europeiske land om betydningen av de ulike barrierene ble sammenfattet og systematisert (Andersen 2006, 2007). Et viktig eksempel på en av faktorene som hindret hydrogenimplementering var fra London, hvor manglende publikumsaksept bidro til problemer knyttet til fyllestasjonen for hydrogen i CUTE-prosjektet. Protester fra naboer i nærområdene gjorde at prosjektet ble betydelig forsinket, slik at prosessen mot godkjenning, som startet i 2001 pågikk helt fram til november 2004. Motstanden mot plasseringen av fyllestasjonen ble ikke tatt godt nok hensyn til i planprosessen. Klagen fra publikum omfattet:

- Arealet for planlagt fyllestasjon var grøntområde
- Skjemmende gjerder og belysning
- Frykt for ulykker. Hydrogenstasjonen ble i lokalavisene assosiert med Hindenburg og hydrogenbomber

Forsinkelsen i godkjenning av lokaliseringen førte til at en midlertidig fyllestasjon måtte tas i bruk for å starte busskjøringen i januar 2004. En av hovedlærdommene fra London-prosjektet var at manglende publikumsaksept hos lokalbefolkningen er en svært viktig barriere for etablering av hydrogenfyllestasjoner.

### 1.1.3 Oppsummering

Ved innfasing av hydrogen som energibærer i transport er utviklingen av ny *produksjonsinfrastruktur* og *energieffektive brenselcelleteknologier* viktige barrierer som kan bremse implementeringen. HyNor, som en stor *teknopolitisk hybrid*, var i tillegg krevende for involverte aktører bl.a. p.g.a. de spesielle store kravene til samordning for å oppnå ønsket resultat.

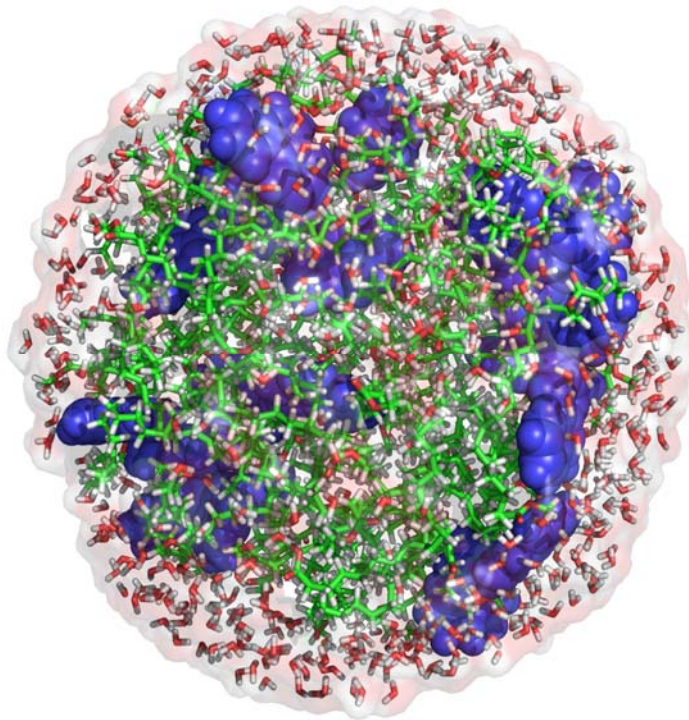
## 1.2 Biodrivstoff

Satsingen på biodrivstoff er et område hvor ny kunnskap om effekten på miljø og klima, samt på verdens matvaretilgang, bremser implementeringen. I tillegg til RENERGI-prosjektene har norsk deltakelse i internasjonale prosjekter gitt viktige bidrag om denne type barrierekunnskap.

Spesielt må fremheves norsk deltakelse i Intelligent Energy Europe -prosjekter i EU sitt program for Competitiveness and Innovation (CIP), samt i EU sine rammeprogram for forskning og teknologiutvikling (EU-FP). Spesielt relevant for biodrivstoff var kunnskapen som ble erhvervet i Altener-prosjektet "Biodiesel in heavy-duty vehicles – Strategic plan and vehicle fleet experiments". I dette prosjektet ble barrierene, synliggjort som grunnlag for å utvikle en strategisk plan for bruk av biodiesel i tyngre kjøretøyer (Andersen et al. 1998). I prosjektet, som ble gjennomført på slutten av 90-tallet, ble problemene med storskala implementering av biodiesel tematisert. Sentralt i prosjektet var problematikken knyttet til de store arealkravene og klimagassutslippene i livsløpet til biodiesel. F.eks ble det vist at i "worst case" scenarier kan en overgang til biodiesel faktisk øke klimagassutslippene. Dette er aspekter som først over et tiår senere har blitt en del av biodrivstoffdebatten og sentralt i kravene som i dag stilles til disse drivstoffene, bl.a. gjennom de nyinnførte bærekraftskriteriene i EU (EC, 2010).

Innfasing av biodrivstoff i transportsektoren skjer i stor grad ved at biodrivstoff blandes inn i eksisterende drivstoff som selges på fyllestasjonene. Alkohol innblandes i bensin (f.eks E85, d.v.s. at drivstoffet består av 15 % etanol og 85 % bensin) og biodiesel blandes inn i fossil diesel (f.eks. B7, d.v.s. 7 % biodiesel og 93 % fossil diesel). Denne innblandingsstrategien for å øke anvendelsen av biodrivstoff benyttes bl.a. i Norge, store deler av EU, USA og Canada. EØS-prosjektet "Influence of bio-components content in fuel on emission of diesel engines and engine oil deterioration – BIODREG" tar for seg effektene av denne implementeringspolitikken.

BIODREG-prosjektet har vist utilsiktede problematiske konsekvenser av bioinnblanding. Dannelsen av en ny type eksosutslipp er blitt sannsynliggjort gjennom molekylærdynamiske simuleringstudier. Nanopartikler bestående av fettsyremetylestre (Fatty Acid Methyl Esters, FAME) og polyaromatiske hydrokarboner (PAH) kan gjøre eksosen mer kreftframkallende, sammenliknet med eksosen fra ublandet diesel (Manzetti et al., 2011). Dette har sin bakgrunn i at nanopartikler som dannes av ufullstendig forbrente FAME-molekyler kan fungere som "kjøretøy" for å transportere de kreftfremkallende PAH-forbindelsene inn i lungeceller, hvor de kan binde seg til DNA og gi mutasjoner som fører til utvikling av kreft. En simulert PAH-FAME nanopartikkel er vist i Figur 1.



**Figur 1:** Simulert struktur for nanopartikkel i vann bestående av 22 PAH-molekyler (phenanthrene, vist med blå-lilla farge) og 76 FAME-molekyler (grønn farge)

Slike nye former for utslipp utgjør helse- og miljømessige barrierer, som representerer viktig kunnskap omkring de samfunnsmessige konsekvensene av å unnlate å følge føre var-prinsippet ved implementering av alternative drivstoffer.

## 2 Kilder

Andersen, O. (2005). Providing hydrogen for transport in Norway: A social learning approach. *European Conference on Sustainable goods and Passenger Transport*. Nordic Transportpolitical Network (NTN) and North Sea Commission (NSC) Transport Group. Kristiansand, 31 Mai - 01 June 2005.

<http://www.ntn.dk/konfKristiansand05/presentasjoner/Providing%20hydrogen%20for%20transport%20in%20Norway.ppt>

Andersen, O. (2006). *Ikke-teknologiske barrierer for hydrogen som energibærer i transport. Hva kan vi lære av CUTE, ECTOS og HySociety?* VF-Notat 11/06, Vestlandsforskning, Sogndal.

<http://www.vestforsk.no/filearchive/notat11-06-hydrogen.pdf>

Andersen, O. (2007). Hydrogen as transport fuel in Iceland. The political, technological and commercial story of ECTOS. *International Journal of Alternative Propulsion*, 1(4), 339 - 351.

Andersen, O., Lundli, H.-E., Brendehaug, E., and Simonsen, M. (1998). *Biodiesel in heavy-duty vehicles –Strategic plan and vehicle fleet experiments. Final report from European Commission ALTENER-project XVII/4. 1030/Z/209/96/NOR*. VF-Rapport 18/98, Vestlandsforskning, Sogndal.

<http://www.vestforsk.no/filearchive/rapport-18-98.pdf>

Anderson, C.D. & Anderson, J. (2005). *Electric and Hybrid Cars: A History*. McFarland & Company.

Callon, M. (1980). The state and technical innovation: a case study of the electrical vehicle in France. *Research Policy* 9:358–376. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0048733380900323>

Callon, M. (1987). *Society in the Making: The Study of Technology as a Tool for Sociological Analysis. The Social Construction of Technological Systems: New Directions in the Sociology and History of Technology*. MIT Press, London, 83–103.

European Commission (2010). *Directive 2009/28/EC of 23 April 2009 on the promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC*. [http://ec.europa.eu/energy/renewables/biofuels/sustainability\\_criteria\\_en.htm](http://ec.europa.eu/energy/renewables/biofuels/sustainability_criteria_en.htm)

Holden, E. (2003). *Energi og miljødata for alternative og konvensjonelle drivstoffer – år 2010*. VF-Rapport 2/2003, Vestlandforskning, Sogndal. <http://www.vestforsk.no/filearchive/rapport-2-03.pdf>

Holden, E. (2007). Hva er årets drivstoff? *Dagbladet.no*. <http://www.dagbladet.no/kultur/2007/01/23/489675.html>

Holden, E., Linnerud, K., Schlaupitz, H. (2009). *Transport og miljø*. Tapir Akademisk Forlag.

Høyer, K.G. (1999). *Sustainable Mobility - the Concept and its Implications*. PhD Thesis, Dept. of Environment, technology and social studies, Roskilde University. Vf-rapport 1/2000. Vestlandforskning, Sogndal.

Høyer, K.G. (2007). The battle of batteries: a history of innovation in alternative energy cars. *International Journal of Alternative Propulsion* 1:369–384.

Høyer, K. G., and Heiberg, E. (1993). *Persontransport -konsekvenser for energi og miljø. Direkte og indirekte energibruk og miljøkonsekvenser ved ulike transportmidler*. VF-Rapport 1/93, Vestlandforskning, Sogndal.

Høyer, K. G. (2007). The battle of batteries: a history of innovation in alternative energy cars. *International Journal of Alternative Propulsion*, 1(4), 369-384.

Høyer, K. G. and Holden, E. (2007). Alternative fuels and sustainable mobility: is the future road paved by biofuels, electricity or hydrogen? *International Journal of Alternative Propulsion*, 1(4), 352 – 368.

Hughes, T.P. (1983). *Networks of Power: Electrification in western Society, 1880-1930*. John Hopkins University Press, Baltimore, USA.

Hughes, T.P. (1987). The evolution of large technological systems. *The Social Construction of Technological Systems: New Directions in the Sociology and History of Technology*. MIT Press, London, 51–82.

Kårstein, A. (2008). *HyNor - den norske hydrogenveien? En studie av en stor tekno-politisk hybrid*. Avhandling for graden philosophiae doctor, Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet. <http://ntnu.diva-portal.org/smash/get/diva2:139432/FULLTEXT01>

Manzetti, S., Andersen, O., Czerwinski, J. (2011). Biodiesel, Fossil Diesel and their Blends: Chemical and Toxicological Properties. *Biodiesel: Blends, Properties and Applications*. Nova Publishers, 41–68.

Simonsen, M. (2010). *Transport, energi og miljø*. VF-rapport 2/2010, Vestlandforskning, Sogndal.

WCED (Verdenskommisjonen for miljø og utvikling) (1987) *Vår felles framtid*. Tiden Norsk forlag.

Westbrook, M.H. (2001). *The Electric Car: Development and Future of Battery, Hybrid and Fuel-Cell Cars*. Institution of Electrical Engineers. London.