



# Fem år med energi

Forskningsrådets energiprogrammer har ikke bare som oppgave å utvikle det norske energisystemet.

Like viktig er kompetanse- og erfaringsoppbygging for å møte nye utfordringer. Norsk konkurransevne er avhengig av at vi lykkes.



**T**ILBAKEBLIKK SYNLIGGJØR AT PROSJEKTER INNENFOR ALLE ENERGIOMRÅDENE HAR HATT KOMMERSIELL SUKSESS INNENFOR DEN FEMÅRIGE PROGRAMPERIODEN. Flere selskaper har en børsverdi som langt overstiger det beløp som er lagt ned i forskning. Disse prosjektene er synlige bevis på at «forskning lønner seg».

Bak hver suksesshistorie ligger det årelang oppbygging av erfaring og kompetanse. I stor grad er det kunnskap ervervet gjennom doktorgrader som på sikt har skapt de revolusjonerende gjennombruddene og de kommersielle suksessene. Derfor har også energiprogrammene lagt vekt på doktorgrader i sin strategi.

## Risiko – en forutsetning

En forskningspolitikk som ikke tar risiko, vil aldri kunne nå de eksepsjonelle resultater som hever Norges posisjon som en energinasjon. Forbedringer av etablert teknologi setter oss ikke på verdenskartet. Og det er på verdenskartet over energinasjoner Norge bør og skal være.

Det er mange uløste oppgaver innen energisektoren – og nye vil følge etter hvert som nye krav blir stilt.

Fremdeles utnytter vi de energiråvarene som det tar tusenvis av år å skape, på en ineffektiv måte. Den nye fornybare energien utnyttes heller ikke optimalt. Gjennombruddet for de «nye» energikildene lar også vente på seg. Solenergien er for kostbar, bølgeenergien er ikke «temmet», og vindenergien strever med miljølemper og høye kostnader. Og naturgassen er omdiskutert til tross for at den internasjonalt er akseptert som «ren». En trend som synliggjøres, er en større satsing på lokal energiproduksjon.

Det er med andre ord nye utfordringer rett rundt hjørnet. Programstyret håper å ha lagt til rette for at den kunnskapsbase som er nedlagt i doktorgrader og utviklingsprosjekter med høy risiko, kan være verdifull for fremtiden.

## Forskningsbevilgningene må tidobles

Vi håper også at Norges politikere vil satse på å utvikle Norge til en energinasjon som teller internasjonalt. Skal dette skje, må forskningsbevilgningene tidobles til et nivå rundt 700 millioner kroner per år. Idérikdommen og originaliteten i norsk energiforskning er unik, og programstyret er sikker på at et bevilgningsnivå i denne størrelsesorden, vil sette Norge på kartet blant flere nasjoner som bruker enda mye mer på energiforskning.

Vår erfaring er at norsk idérikdom og norsk kunnskap gir oss et unikt utgangspunkt. Det er bare å utnytte de mulighetene som allerede ligger der.

Programstyret håper denne informasjonsbrosjyren, som inneholder enkelte smakebiter fra programmene, viser hvor spennende norsk energiforskning er – og at den vil inspirere norsk næringsliv til ytterligere satsing på forskning. Det er gjennom forskning vi som nasjon får kompetanseoppbygging og konkurransevne.

*Knut Erik Madsen*  
PROGRAMSTYRELEDER

NYTEK	SIDE
Introduksjon	4-7
Solenergi	8-13
Bioenergi	14-17
Vindenergi	18-19
Tidevannenergi	20
Saltkraft	21
Bølgeenergi	22
Smarte motorer	23
Varmepumpe	24
Noen utvalgte forskningstemaer	25-26
Felles budsjettoversikt	27

# Kompetanseoppbygging og økt konkurransevne

Hvordan ivareta og foredle Norges naturgitte energiresurser, styrke norsk kompetanse og erfaringsoppbygging – og dermed også konkurransevnen? Dette har vært hovedspørsmålene for den brukerstyrte energiforskningen i Norge de siste fem årene.



**N**ORGE ER EN BETYDELIG ENERGIPRODUSENT – BÅDE UT FRA NATURGITTE- OG OPPARBEIDDE FORUTSETNINGER. I Vest-Europa står vi for ca. 30 prosent av vannkraftproduksjonen, 45 prosent av gassreservene og 75 prosent av oljereservene, men har bare én prosent av befolkningen i regionen. Av Norges totale energiproduksjon, på over 2.400 TWh, eksporteres 90 prosent direkte som olje og gass.

Samtidig ble det i 2000 satt tre rekorder i det norske kraftsystemet: Vi har aldri produsert så mye elektrisitet, vi har aldri eksportert så mye i løpet av ett år, og vi har aldri brukt så mye strøm. Selv om de to første rekordene kan forklares med store nedbørmengder, gir det et signal om de utfordringene Norge står overfor på energisiden.

Europa og verden ellers går også i retning av en mer effektiv energiteknologi og mer bruk av fornybare energikilder. Bakteppet er økt deregulering og utvidet kraftutveksling, en mer fleksibel og desentralisert energiproduksjon og nye rammebetingelser med utgangspunkt i klima- og øvrige miljøutfordringer.

*Hvordan kan norske energimyndigheter og aktører utnytte markedspotensialet som disse endringsprosessene skaper?*

I perioden 1996-2001 har Forskningsrådets område Industri og energi (IE) bestått av følgende energiprogrammer:

**EFFEKT** – Kraftutveksling og nettmonopoler

**NATURGASS** – Varer, tjenester og prosesser

**NYTEK** – Effektive og fornybare energiteknologier

De to første programmene startet opp i 1996, mens NYTEK «tyvstartet» året før. Ifølge de opprinnelige planene skulle programmene vært avsluttet i 2000, men alle ble forlenget ut 2001. For 2001 har søknader til Forskningsrådet innenfor

næringsrettet energiforskning måttet forholde seg til de nye prioriteringene innen IE.

Brakerstyrte energiforskning og utvikling iverksettes i bedrifter der behovene oppleves i praksis. Det sikrer nytteverdien.

I søknadsbehandlingen har støtte til høyrisikoprojekter med stort potensial vært prioritert – med høyest støtteandel til små og mellomstore bedrifter. Prosjekter som har medført samarbeid mellom bedrifter, universiteter og institutter, har hatt høy prioritet. Tildelingen av støtte har vært utslagsgivende for iverksettelsen av prosjektene.

## Programstyret

Programmene innenfor Forskningsrådets brukerstyrte energiforskning har i perioden 1996–2001 hatt følgende felles programstyre:

**Knut Erik Madsen**, E-CO Energy AS (tidl. Oslo Energi)

**Madeleine Cato**, Østfold Energi

**Marit L. Fossdal**, NVE (tidl. Enfo)

**Bjørn Erik Haugan**,

GE Packaged Power (tidl. Kværner Energy)

**Johan Hustad**, NTNU

**Helge Kongsjorden**, Statoil

**Svein Kroken**, Norske Skog

**Kristian Løkke**, NVE

**Liv Rathe**, Norsk Hydro

## Tidligere medlemmer:

**Erling Diesen**, NVE

**Gunnar Myrvang**, Statoil

**Kristian Hausken**, Statoil

**Jan Øverli**, PFI



# Effektive og fornybare energiteknologier

*«Som en følge av programmet,  
er 13 nye foretak stiftet.*

*Flere av disse omsetter allerede  
for flere 100 millioner kroner.»*



# Effektive og fornybare energiteknologier

Ett av de viktigste motivene for å sette i gang NYTEK-programmet i 1995, var næringsutvikling – med spesiell fokus på eksportmarkedet.

I slutfasen er det også lagt vekt på å støtte prosjekter som raskt kan implementeres i Norge.

**A**RSAKEN TIL DENNE «DREININGEN» ER ØKT FOKUS FRA MYNDIGHETENES SIDE PÅ TILTAK SOM KAN FÅ BETYDNING FOR NORSK ENERGIFORSYNING. Programmet «Effektive og fornybare energiteknologier» (NYTEK) ble startet opp i 1995 med planlagt avslutning i 1999. Forskningsrådet besluttet imidlertid å forlenge programmet ut 2001.

Hovedmålet har vært å bidra til utvikling av produkter og systemer som fortrinnsvis innen en femårsperiode, ga grunnlag for lønnsom norsk næringsvirksomhet. Programmet – som har omfattet både stasjonært og mobilt energibruk – skulle i tillegg legge grunnlaget for fremtidig nærings- og forretningsvirksomhet samt sikre tilfredsstillende kompetanse i sentrale FoU-miljøer.

Totalt er 384 millioner kroner brukt til realisering av mer enn 200 prosjekter. Næringslivet har bidratt med 218 millioner kroner, mens Forskningsrådets andel har vært på 166 millioner kroner.

## Fagutvalget

Et fagutvalg – som har bistått i de faglige evalueringene av prosjektene – har bestått av:

Harald Birkeland, NVE (fra desember 1996)  
Dag Christensen, Hydro Energi  
Klaus Livik, Powel (fra oktober 2000)  
Tor Mühlbradt, SND (fra mars 1997)  
Mads Rydehell, NVE (fra januar 1996 til des. 1996)  
Audun Wilberg, EBL Kompetanse (fra oktober 1996 til september 2000)

## Programkoordinator:

Fritjof Salvesen, KanEnergi AS, tlf. 67 15 38 50



## Betydelige ringvirkninger

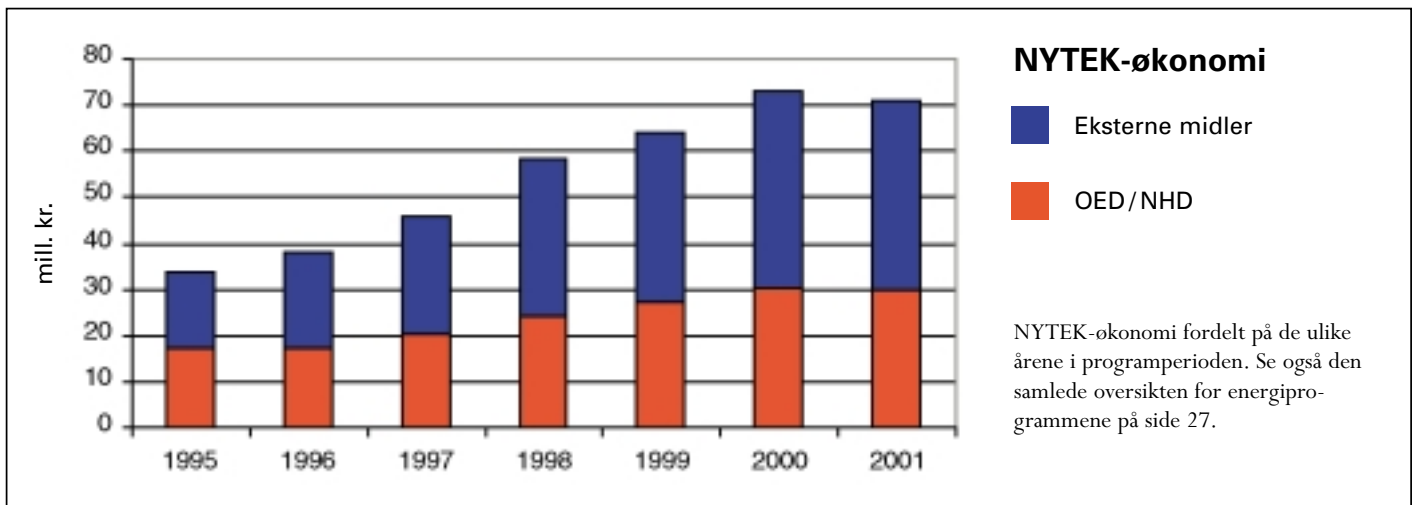
Som en følge av programmet, er 13 nye foretak stiftet. Flere av disse omsetter allerede for flere 100 millioner kroner. I løpet av hele programperioden har mer enn 200 bedrifter deltatt aktivt i ulike prosjekter. Over 30 norske og internasjonale FoU-institusjoner har vært involvert. Det er gitt bevilgning til 211 prosjekter – og i omlag 95 av disse utgjør internasjonalt samarbeid en vesentlig del av prosjektet. Det internasjonale samarbeidet har hovedsakelig vært knyttet til det internasjonale energibyrået IEA, EU og EUREKA.

I takt med den økende industrielle interessen for nye fornybare energikilder, ble det lagt økende vekt på opprusting av forskningsmiljøene. Dette kommer særlig til syne gjennom det store antall doktorgradsstipendiater som er mer enn det dobbelte av opprinnelige planer. Totalt har NYTEK-programmet finansiert 29 doktorgrader (hvorav 6 har disputert i løpet av programperioden). Spesielt innen videreføring av silisium for solceller har programmet, sammen med relevant industri, lagt inn store midler, og det er bygget opp et nytt laboratorium for solcellesilisium ved NTNU/SINTEF.

## Kommersielle suksesshistorier

Markedet for produkter og tjenester knyttet til energieffektivisering og nye fornybare energikilder vokser betydelig – både i Norge og internasjonalt. Med støtte fra NYTEK har enkelte bedrifter – som for eksempel Energos ASA, Organic Power ASA og ScanWafer AS – hver for seg inngått kontrakter for mer enn 100 millioner kroner. I august 2001 hadde ScanWafer alene en ordresreserve på hele 2,5 milliarder kroner.

*Fortsetter neste side.*



Energos og Organic Power utgjør «fyrårnene» i en bevisst satsing fra Forskningsrådets side på næringsutvikling knyttet til miljøvennlig forbrenning og energimessig utnyttelse av avfall – en satsing som har pågått helt siden 1990.

Utvidelsen av produksjonsanlegget i Glomfjord sommeren 2001 gjorde ScanWafer til verdens største frittstående leverandør av solcelleskiver. Sammen med blant annet Elkem begynner en ung og dynamisk solcelleindustri å ta form innen et område med en årlig markedsvekst på 20–30 prosent.

Også SolarNor AS – som tilbyr fleksible varmesystemer og solvarmeanlegg – er et direkte resultat av NYTEK-støtte. Selskapet er i dag operativt i mange land.

Med støtte fra NYTEK har flere norske bedrifter og FoU-miljøer også deltatt aktivt i internasjonale samarbeidsprosjekter, hovedsakelig i regi av IEA (International Energy Agency). Denne deltakelsen gir svært nyttige nettverk for senere internasjonalt samarbeid og deltakelse i EU-prosjekter.

Den internasjonale fokuseringen ved SINTEF har dessuten resultert i en kontrakt med energiselskapet BP om et betydelig FoU-prosjekt vedrørende bruk av solceller i bygninger. I september 2000 ble en 455 kvadratmeter stor prototyp solcellefasade satt i drift på en eksisterende bygning på Gløshaugen i Trondheim.

Programmet har hatt et godt samarbeid med Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) og Statens nærings- og distriktutviklingsfond (SND). Prosjekter i forskningsfasen har falt naturlig inn under NYTEK, men etter hvert som de kommer nærmere markedsintroduksjon, er NVE og/eller SND naturlige finansieringskilder.

## Resultatspredning

Den generelle informasjonsaktiviteten har vært betydelig. Mer enn 300 artikler og foredrag er presentert i norske og

# RESULTATER

En samlet oversikt gir tallene nedenfor. Se også den samlede oversikten for energiprogrammene på side 27.

Totalomsetning:	384 millioner kroner
Forskningsrådets bidrag:	166 millioner kroner
Antall prosjekter:	211
Antall doktorgrader:	29 (6 har disputert i perioden)
Bedriftsetableringer som følge av prosjekter:	13
Deltakende bedrifter:	Over 200
Deltakende FoU-institusjoner:	Over 30
Internasjonalt samarbeid:	Ca. 45 prosent av prosjektene
Registrerte patenter:	Ca. 30
Ferdigstilte nye og forbedrede metoder, modeller og prototyper:	Ca. 50
Nye og forberede produkter:	Ca. 20
Publiserte artikler i vitenskapelige tidsskrifter m/referee:	Ca. 30
Andre internasjonale publiseringer:	Ca. 100
Øvrige publiseringer:	Ca. 200

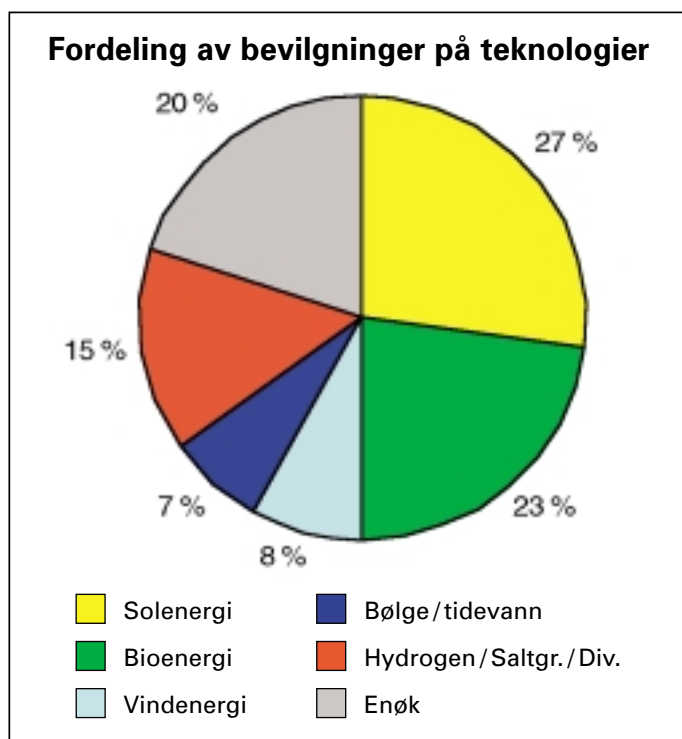




internasjonale medier og fora. Heftet «Nye fornybare energikilder» er totalt trykket opp i 30.000 eksemplarer. Den engelskspråklige versjonen «New Renewable Energy – Norwegian Developments» – som fokuserer på norske produkter og anlegg – er trykket opp i 4.000 eksemplarer.

I tillegg til programmets egen hjemmeside på <http://program.forskningsradet.no/nytek/> er det til sammen gitt ut 25 utgaver av NYTEKs informasjonsblad. Dette ble sendt til om lag 500 abonnenter og også lagt ut på aktuelle seminarer og møter.

Hvert år siden starten i 1995, er det arrangert egne «bransjedag(er)» med fokus på næringsmuligheter knyttet til energieffektivisering og nye energiteknologier. De tre siste årene har NVE og SND vært medarrangører sammen med Norges forskningsråd og NYTEK-programmet. Årlig deltar 110-150 personer på disse seminarene.



Fordeling av midler på fagområder.

*«En håpløs idé er nå  
verdsatt til 200 millioner kroner.  
Etter flere års arbeid tidlig på  
90-tallet, mistet de fleste troen  
på prosjektet. Unntaket var  
Norges forskningsråd som fortsatte  
bevilgningene frem til det som nå  
er blitt en kommersiell suksess.»*

Helge Rosvold, gründer i Energos ASA,  
til Dagens Næringsliv i februar 1998



# Grunnlaget for produktutvikling

– Resultater handler ikke bare om nye produkter og etablering av bedrifter. Gode energi- og miljømessige løsninger krever også kompetanseoppbygging.

**D**ETTE ER ET HOVEDBUDSKAP FRA ANNE GRETE HESTNES OG ØYVIND ASCHEHOUG, begge professorer ved Bygningsteknologisk Institutt og to av nestorene i det norske solenergimiljøet.

– For at arkitekter, konsulenter, entreprenører og andre aktører i byggebransjen skal klare å utvikle løsninger som boligbyggere og byggherrer etterspør, må det settes fokus på undervisning, opplæring, demonstrasjonsanlegg og referanseprosjekter, fremholder de.

– Ifølge markedets lov skal nye fornybare energikilder være lønnsomme fra dag 1 av. Lærekurven for ny teknologi forteller imidlertid at det trengs økonomisk incitament for å etablere et støttet marked i startfasen, påpeker Aschehoug og hører med blant dem som ønsker seg mer stabile og forutsigbare rammebetingelser.

## Både og

Både han og Hestnes er derfor glade for at Forskningsrådet ser behovet for en todeling av innsatsen, der både den langsiktige kompetanseoppbyggingen og bedriftsetableringene har sin plass. – Vi må ikke glemme at dagens norske «solskinshistorier», som SolarNor og ScanWafer, har sine historiske røtter.

Aktiviteter knyttet til utnyttelse av solenergi startet i Norge startet i midten av 70-tallet på Fysisk Institutt på Blindern og ved SINTEF i Trondheim. Miljøet i Oslo arbeidet mye med vannbaserte solvarmesystemer, mens forskere på Gløshaugen fokuserte på luftbaserte og bygningsintegreerte løsninger.

Selv om teknologien ikke helt har tatt av, er fortsatt solvarmesystemer med luft som varmemedium et fokusområde



i Trondheim. Og når det gjelder integrert bygningsdesign har Norge opparbeidet en ledende posisjon internasjonalt.

## – Tenk helhet

– Poenget er ikke enten aktiv eller passiv solvarme, men å tenke system og helhetsløsning, mener solenergiprofessorene og legger ikke skjul på at mye har skjedd i løpet av de siste årene – også når det gjelder utseende og estetikk.

Ennå er ikke fulløkologiske boliger midt i Oslo sentrum hverdagskost. I en stille sidegate til «bussgaten» Schweigaards gate, troner nå en 6-etasjers bygning med 35 leiligheter organisert i et økologisk borettslag.

Klosterenga Økologiboliger i Gamlebyen inneholder en rekke tiltak som reduserer energiforbruket og bedrer både det indre og ytre miljøet. Sentralt blant energitiltakene er en 270 kvadratmeter solfanger på taket for romoppvarming og varmtvann, samt bruk av varmepumpe som gjenvinner varmen fra ventilasjonsluften.



**Bilde til venstre:**

Økologiboliger i Oslo sentrum. Boligene i Klosterenga Økologiboliger i Gamlebyen er ettertraktet blant hovedstadens boligkjøpere.

**Bilde til høyre:**

Den nye solveggen på elektrobygget på Gløshaugen er Norges største og den eneste i sitt slag i verden. (Foto: Harald Danielsen, SINTEF Energiforskning)



## Internasjonal nettverksbygging

Det meste av utviklingsarbeidet innen NYTEK-området foregår utenfor Norges grenser. Derfor er internasjonalt samarbeid og teknologiovervåking viktig. En rekke norske bedrifter og FoU-miljøer har med støtte fra NYTEK, deltatt aktivt i flere internasjonale samarbeidsprosjekter – hovedsakelig i regi av IEA (International Energy Agency).

– Deltakelse i denne type prosjekter skaper svært nyttige nettverk, som også er viktige for senere internasjonalt samarbeid og deltakelse i EU-prosjekter, sier Anne Grete Hestnes, som selv innehar flere sentrale posisjoner i internasjonale komitéer.

## Banebrytende solcellefasade

Ved NTNU/SINTEF har den internasjonale fokuseringen mellom annet resultert i en betydelig kontrakt med energiselskapet BP vedrørende bruk av solceller i bygninger. I september 2000 ble en 455 kvadratmeter stor prototyp solcellefasade satt i drift på en eksisterende bygning på Gløshaugen i Trondheim.

Solcellene – som dekker 192 kvadratmeter – er plassert i en dobbel glassvegg utenpå elektrobyggets gamle kledning. – Vi er meget godt fornøyd med den arkitektoniske utformingen og har fått et referanseprosjekt som vi tror vil tiltrekke fagfolk fra inn- og utland, sier Aschehoug, som er leder av prosjektet.

På det meste (peakeffekt) produserer det bygningsintegreerte solcelleanlegget 16 kilowatt (kW). – Med dagens energipriser er ikke anlegget kostnadseffektivt hvis du ser på energibesparelsen alene. I det økonomiske regnestykket må man imidlertid også sammenligne hva en rehabilitering med bruk av konvensjonelle materialer ville ha kostet for å oppnå den samme energistandarden, sier han.

# En av verdens største produsenter

En utvidelse av produksjonsanlegget i Glomfjord, har gjort ScanWafer AS til en av verdens største frittstående leverandør av solcelleskiver (wafere).



**E**FTER Å HA BEGYNT PRØVEPRODUKSJON I 1997, STARTET SCANWAFAER AS REGULÆR PRODUKSJON ÅRET ETTER. Med drahjelp fra både Norges forskningsråd og Statens nærings- og distriktsutviklingsfond (SND) har bedriften gått fra null til nærmere 80 millioner kroner i omsetning i løpet av tre år. I 2000 ble salgsvolumet nesten tredoblet, omsetningen mer enn doblet og for første gang ble det også pluss på bunnlinjen.

## Femdoblet produksjonskapasitet

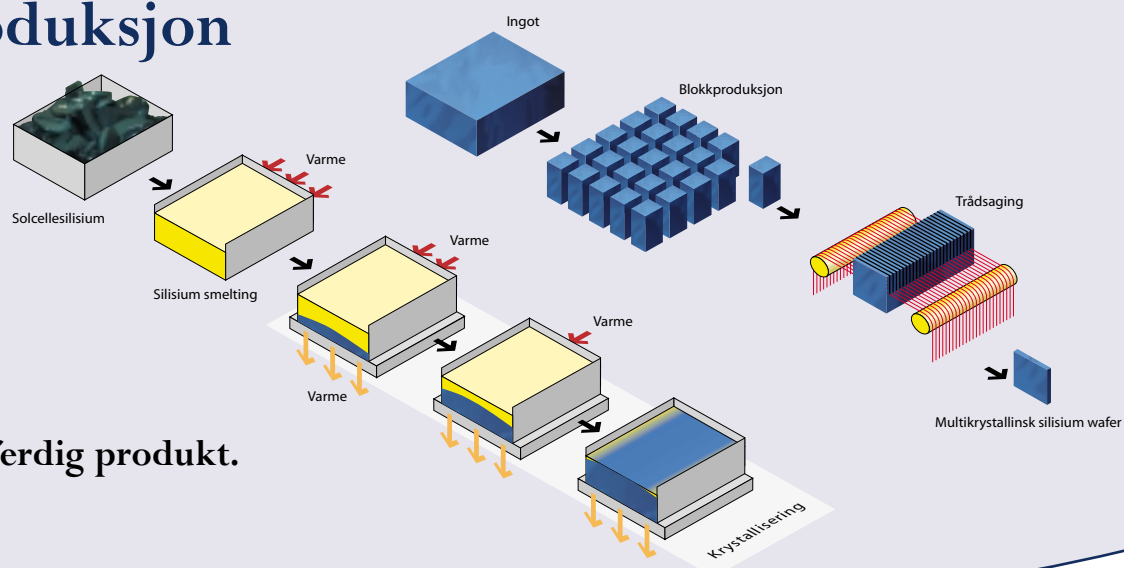
Bedriften har nylig investert rundt 240 millioner kroner i et nytt produksjonsanlegg i Norsk Hydros Industripark i Glomfjord i Nordland. Når den nye fabrikk er i full drift, femdobles produksjonskapasiteten og gjør ScanWafer i stand

ScanWafers nye fabrikk i Glomfjord inneholder verdens mest avanserte produksjonslinje for silisium-wafere til solceller.

til å produsere wafere tilsvarende 50 megawatt (MW) –med en markedsverdi på ca. 450 millioner kroner i året. Dette gjør bedriften til en av verdens største uavhengige produsenter av multikrystallinske silisiumskiver til solcelleindustrien.

Bakgrunnen for utvidelsen er avtaler om betydelige økninger i leveransene i årene fremover – både i Europa og Japan, som er verdens største på solceller. I en emisjon i fjor høst hentet selskapet inn nærmere 100 millioner kroner i frisk kapital og har i dag en markedsverdi på i overkant av 800 millioner kroner. Den største eieren er det norske selskapet Renewable Energy Corporation AS (REC).

## Waferproduksjon



– Fra råstoff til ferdig produkt.





## Nordens første solcellefabrikk

REC består hovedsakelig av selskaper som opererer innen solcellemarkedet. Ett av dem er ScanCell AS, som høsten 2001 vil starte produksjon av solceller i Narvik. Silisiumskivene vil bli kjøpt fra ScanWafer. Den nye fabrikk skal produsere solceller med en kapasitet på seks megawatt (MW) per år – en produksjon som gradvis skal utvides til 10 MW. En produksjon på seks MW gir en beregnet årsomsetning på mellom 80 og 100 millioner kroner, med ca. 40 ansatte.

### Blant selskapene innenfor REC er også:

- ScanModule AS som vil produsere solcellemoduler til det nordeuropeiske markedet fra Sverige.
- SolEnergy AS som opererer i utviklingsland – både med produksjon av solcellemoduler og installasjoner/ anvendelser av ferdige systemer, såkalte «Solar Home Systems» (SHS).

Den største barrieren for videre ekspansjon innenfor solenergi-markedet, er tilgangen på rent silisium, som er råvaren for waferproduksjon. Derfor satses det på å utvikle nye rensemetoder for silisium.

### «Fra sand til solceller»

Med støtte fra NYTEK ble det i 1999 startet opp et fireårs program ved NTNU som skal resultere i minimum fem doktorgrader. Programmet har tittelen «Fra sand til solceller» og finansieres i et samarbeid mellom Forskningsrådet og bedriftene Elkem, ScanWafer og Solar Silicon samt «Miljøfondet» ved NTNU. Programmet har etablert en egen Internettside med adressen: <http://www.chembio.ntnu/users/hagen/solceller/>.

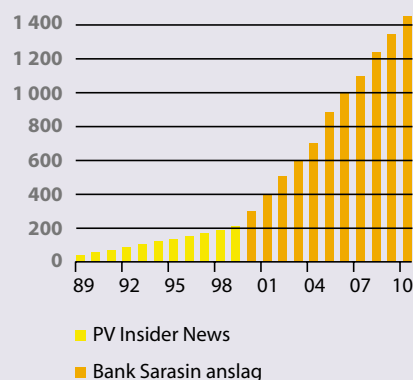
## Vekker internasjonal oppmerksomhet

Sol og silisium setter Norge på kartet innenfor nye fornybare energikilder. Sammen med blant annet Elkem (se egen omtale) begynner en ung og dynamisk solcelleindustri å ta form innenfor et området med en årlig markedsvekst på hele 20-30 prosent.

Fra 1990 til årtusenskiftet ble det globalt solcellemarkedet mer enn seksdoblet til en årsproduksjon på 288 MWp. Markedet i 2000 var sammensatt av 48 prosent polykrystallinske celler, 37

prosent monokrystallinske, 10 prosent amorf silisium og fem prosent andre typer. Japanske produsenter stod for 44 prosent av verdensproduksjonen, mens produsenter i USA og Europa stod for henholdsvis 26 og 21 prosent.

Det fremtidige markedet blir i flere uavhengige utredninger stipulert til en forventet omsetning på om lag 1.500 MWp i 2010. Dette vil bety at veksten på 1990-tallet fortsetter også i de neste 10 årene.





# Solcellesilisium til lavere kostnad

Tynnfilm-teknologi kan utnyttas til fremstilling av solceller med en tilfredsstillende kostnadsstruktur.

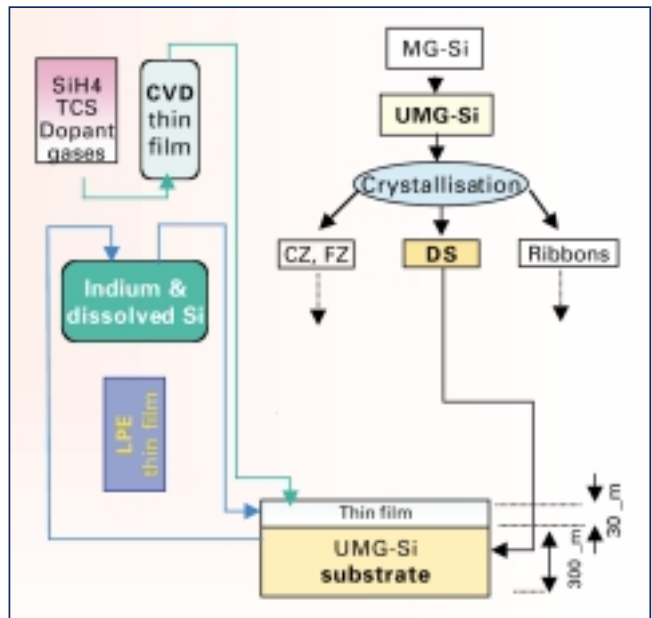
Teknologien gjør at behovet for høyrent silisium i solcelleproduksjonen drastisk reduseres.

**D**ETTE ER BLANT RESULTATENE ELKEM HAR KOMMET FREM TIL I PROSJEKTER INNENFOR NYTEK-PROGRAMMET. Produksjon av solceller tar i dag utgangspunkt i høyrene silisium-biprodukter fra halvlederindustrien. Silisium utgjør en betydelig andel av fremstillingskostnadene i solcelleproduksjonen. Høy pris og avtagende tilgjengelighet på dette materialet representerer imidlertid en stadig mer fremtredende begrensning for den tradisjonelle solcelleindustrien, som viser en årlig vekst på over 20 prosent.

## Kostnadseffektive prosessteknologier

Som ledende global produsent av silisium, har Elkem hatt et omfattende forskningsprogram relatert til solcellesilisium siden begynnelsen av 1980-tallet. Hovedmålsettingen har vært å utvikle kostnadseffektive prosessteknologier for fremstilling av høyrent silisium som tilfredsstillende kravene for produksjon av solceller.

I perioden 1996-2000 har Elkem utført i alt seks prosjekter med støtte fra Forskningsrådet og NYTEK-programmet.



Prinsippskisse for tynnfilm.

Ett av målene har vært å raffinere metallurgisk silisium til solcellekvalitet ved hjelp av en motstrømsprosess. Raffinerte krystaller stiger i en synkende smelte av silisium. Prosessen ble simulert i et isvann-system og en gitt renseseffekt ble påvist.

De øvrige prosjektene har vært fokusert på utviklingen av en kostnadseffektiv teknologi for fremstilling av tynnfilm-solceller. Disse prosjektene har vært knyttet opp mot EU-prosjektet SCARF (Solceller fra metallurgisk silisium).

Elkem anslår det globale markedet for silisium til solceller i størrelsesorden 6-800 millioner NOK årlig. Markedsveksten vil være på linje med veksten i det tradisjonelle solcellemarkedet, dvs. på over 20 prosent årlig. Med et konkurransedyktig produkt fra sine prosesser, forventer bedriften å betjene en betydelig del av dette markedet.

## Strategisk samarbeidsavtale

I desember 2000 underskrev Elkem ASA en avtale om teknisk samarbeid med amerikanske Astropower Inc. – verdens største uavhengige produsent av sol-elektriske produkter.

Samarbeidsavtalen innebærer blant annet avslutning av et felles utviklingsarbeid for en lavkostnadsprosess for pro-

duksjon av silisium til solceller. Avtalen signaliserer også en satsing på en felles eid produksjonsenhet for et slikt silisiumprodukt. Enheten er tenkt lokalisert til Norge og skal levere silisium til det globale solcellemarkedet.



**ASTROPOWER**  
ASTROPOWER

# Solvarmeanlegg på verdensmarkedet

SOLARNOR AS har til nå levert i overkant av 200 solvarmeanlegg. Den internasjonale etterspørselen er stadig økende, og det er inngått partnerskap om salg i 16 land. I løpet av 2001 vil det bli etablert datterselskaper i Tyskland, Nederland og Spania.



**D**ETTE ER STATUS FOR BEDRIFTEN SOM BLE ETABLERT I 1995, SOM DIREKTE FØLGE AV ET NYTEK-PROSJEKT. SOLARNOR AS har videreutviklet et solvarmekonsept fra tidligere Solnor AS – et selskap som hadde sitt utgangspunkt i miljøet ved Fysisk Institutt ved Universitetet i Oslo.

## Solfangere i plast

Men mens Solnors tidligere solfanger var i aluminium, har SOLARNOR i samarbeid med General Electric Plastics (GEP) i Nederland utviklet en ny solfanger i plast. Selskapet produserer og markedsfører i dag fleksible varmesystemer og solvarmeanlegg for boliger, barnehager, institusjoner, hoteller, idretts-/badeanlegg og prosessindustri.

SOLARNORs solvarmeanlegg består av modulære solfangerer, som åpner for fleksible løsninger tilpasset byggets arkitektur. Solfangerne er standard bygningselementer, som erstatter annen tak- og fasadekledning.

Fra Reuma Sol i Altea i Spania. Anlegget består av 11 småhus og et sentralt helsehus, hvor SOLARNOR-anlegget både brukes til solenergihosting, oppvarming av gulv og oppvarming av basseng. Totalt er det levert ca. 500 kvadratmeter solfangerer til dette anlegget.

Av de plastbaserte solfangerne er det til nå levert ca. 2.700 kvadratmeter. Prisene for solfangerne ligger i dag på mellom 600 og 1.000 kroner per kvadratmeter. En typisk merinvestering per årsprodusert kilowattime (kWh) er på ca. 5 kroner for enkle tappevannsanlegg og 2,5-3 kroner for store anlegg. Forventet årlig energiutbytte varierer mellom 250 og 500 kWh/m<sup>2</sup> – alt etter type anlegg og hvor stor andel av varmebehovet som dekkes med solvarme.

SOLARNOR leverer også separate komponenter til tradisjonelle gulvvarme- og veggvarmesystemer. Med støtte fra NYTEK er det blant annet utviklet et varmelagringsystem for fleksible varmeanlegg. Det er også utviklet et komplett styringssystem og måleutstyr som kan registrere levert varme i et lavtemperatur varmeanlegg med temperaturdifferens på bare ca. én grad.

## Patentert teknologi

Både solfangerne og styringssystemet er patentert i hele Europa og i sentrale oversjøiske land som USA og Japan.

– Støtten fra NYTEK har vært avgjørende for den kommersielle utviklingen. Skal en oppnå slagkraft på det internasjonale markedet, er det ikke nok å ha utviklet gode enkeltkomponenter. Man er nødt til å kunne tilby et komplett og gjennomarbeidet konsept, understreker daglig leder Knut Styrvold i SOLARNOR AS.



# Flere kommersielle suksesshistorier

Siden begynnelsen av 1990-tallet, har det pågått en bevisst norsk satsing på næringsutvikling knyttet til miljøvennlig forbrenning og energimessig utnyttelse av avfall. Resultatet er flere kommersielle suksesshistorier.



**M**ILJØVERNDEPARTEMENTET HAR SATT SOM MÅL AT MINIMUM 75 PROSENT AV GENERERT AVFALL SKAL GJENVINNES INNEN ÅR 2010. En betydelig andel av avfallet i Norge består av trevirke og papir som kan benyttes til brensel. Det er derfor også en målsetting at 80 prosent av brennbart og ikke-resirkulert materiale skal brukes til energiproduksjon.

Både *Organic Power ASA* og *Energos ASA* (se egne omtaler) har satset på utvikling og produksjon av forbrenningsanlegg som kan forbrenne fraksjoner fra både husholdnings- og produksjonsavfall. Begge bedriftene leverer anlegg med utslipp som ligger langt lavere enn dagens norske og europeiske normer.

## Distribuert energiproduksjon

Bedriftene har tatt utgangspunkt i norske forhold med spredt bebyggelse og designet små og mellomstore forbrennings-

Selv om energigjenvinning av avfall ikke kommer til å utgjøre noen stor andel av det totale energiforsyningen i Norge, kan det bli et viktig element i lokal energiforsyning.

anlegg. Konseptene er tilpasset grunnidéene for distribuert energiproduksjon, hvor det legges vekt på lokal produksjon med korte transportavstander for både brensel og energi.

Etter hvert som det blir vanlig med kildesortering, er det også aktuelt å utnytte organiske våtfraksjoner til biogassproduksjon. Også slam fra renseanlegg kan utnyttes som råstoff for energiproduksjon. Med støtte fra NYTEK-programmet har Hifotech AS spesialisert seg på behandling av våtorganisk avfall, med utgangspunkt i et patentsøkt system for styring og overvåking av anaerobe biologiske prosesser, jfr egen omtale.





# – Nøkkelen til suksess

- Det største løftet ved utvikling og kommersialisering av ny teknologi, er etableringen av et pilotanlegg. Støtten fra Forskningsrådet, NVE, SND og Miljøverndepartementet var nøkkelen til suksess.



Ovnen tennes på Averøy anlegget. Gründer Helge Rosvold gir startsignalet for ordinær prøvedrift. I april 2002 ble det vel ni megawatt (MW) store forbrenningsanlegget satt i normal drift.

**D**ET SA HELGE ROSVOLD, GRÜNDER I ENERGOS ASA, DA HAN MOTTOK PRISEN «ENERGIGRÜNDER 2001». I hele perioden 1990-98 har Forskningsrådet støttet et utviklingsarbeid knyttet til miljøvennlig forbrenning og energimessig utnyttelse av avfall. Teknologien ble utviklet gjennom et FoU-prosjekt ved SINTEF i første halvdel av 90-tallet. For å kommersialisere teknologien, ble Aitos AS etablert i 1995 – og senere Energos ASA.

## Optimal forbrenningsteknologi

Den patenterte teknologiens fortrinn i forhold til alternative løsninger, er høy energiutnyttelse og minimale utslipp. Spesiell fokus er lagt på reguleringsteknikk, prosessstyring og temperaturkontroll; noe som gjør at utslippene ligger langt under kravene i EUs nye forbrenningsdirektiv. Prosessen gir i tillegg en meget høy energiutnyttelse – opp til nær 90 prosent.

Energos-anleggene er basert på en type ristovn-teknologi som er nøye tilpasset for optimal forbrenning av avfall. Dagens standardløsninger ligger i området 12-15 MW (megawatt). Den produserte energien leveres til fjernvarmeanlegg eller som varme til prosessindustri, men det er også mulig å produsere damp for produksjon av kraft/varme.

## Både hjemme og ute

Det første fullskala anlegget ble ferdigstilt på Ranheim utenfor Trondheim høsten 1997. I tillegg til Ranheim, har Energos høsten 2001 også anlegg i drift på Averøy ved Kristiansund og Hurum utenfor Oslo, mens nye er under engineering/bygging i Sarpsborg, Stavanger og Minden i Tyskland. Flere anlegg har forventet byggestart i 2002 med driftsstart året etter. Dette gjelder både i Norge, Tyskland, Sverige, Finland og England.

Energos ASA har i dag ca. 80 ansatte. Etter en fase med betydelige investeringer i utvikling og kommersialisering, er selskapet høsten nådd fasen hvor kontantstrømmen er positiv. Hovedaksjonær er investeringsselskapet Venturos og Terje Mikalsen.

Miljøvennlig forbrenning og vakker natur i skjønn forening i Kristvika på Averøy. Til venstre Skrettings fiskeførfabrikk som mottar damp. Anlegget til Energos Averøy Energi er nesten skjult av trærne til høyre på bildet.



# Et norsk satsingsområde

- Norge har store muligheter for å bli verdensledende innen området «desentralisert energigjenvinning».
- Vi har rett og slett muligheten til å skape et nytt «Nokia», mener adm. dir. Ove Lerdahl i Organic Power AS (OPAS).

**S**ELSKAPET HAR FÅTT STØTTE FRA NORGES FORSKNINGS- RÅD, LANDBRUKSBANKEN OG STATENS NÆRINGS- OG DISTRIKTSUTVIKLINGSFOND (SND) til utviklingen av gassifiseringsteknologi fra biomasse og sortert avfall. Teknologien gir ekstremt lite skadelige utslipp – fra kompakte og desentraliserte anlegg nær forbrukerne.

## – Svært viktige bidrag

- Bidragene fra Forskningsrådet og SND har vært svært viktige for oss, blant annet fordi de har bidratt til å bygge opp nasjonale fagmiljøer ved Norges landbrukshøgskole (NLH) og SINTEF, understreker Lerdahl.

OPAS sine energigjenvinningsanlegg produserer i utgangspunktet varme i form av damp og varmt vann. Selskapet kan også levere kombinerte kraft- og varmeanlegg med en produksjonskapasitet for elektrisk kraft fra ca. 200 kW (kilowatt) og oppover. Ved å kombinere flere moduler, kan anlegget tilpasses ulike effektbehov.

- Fordelen med et lite anlegg er at det koster mindre å bygge og krever mindre transport enn et stort anlegg. Mindre transport av brensel inn og mindre transport av energi ut, sier Lerdahl.

## Mot kommersielt gjennombrudd

Selskapet – som har de Fred.Olsen-eide selskapene Hurd AS og Borgå AS som største eiere – er i ferd med å oppnå et kommersielt gjennombrudd. I tillegg til et fullskala forsøksanlegg på Notodden, har OPAS per juli 2001 levert et energi-



Patentert gassifiseringsteknologi for energigjenvinning fra avfall og biomasse. Her et bilde fra anlegget på Nord-Trøndelag Elektrisitetsverk (NTE). Anlegget – som består av en standard SK-1000-modell på 2 MW – skal levere 11 GWh damp til Norsk Potetindustri, Sundnes Brenneri.

gjenvinningsanlegg til Nordmøre Bio-El i Tingvoll kommune og et 2 MW anlegg til Bosung City i Korea.

Her hjemme er det også signert kontrakter med Nord-Trøndelag Elektrisitetsverk (NTE) og Sundnes Brenneri, Elverum Fjernvarme og Lier Fjernvarme. Den siste kontrakten brakte ordreservene opp i over 100 millioner kroner. Målet er børsnotering mot slutten av 2002 – eller tidlig i 2003.

Nylig har OPAS også inngått en kontrakt på leveranse av et 12 MW anlegg til Naskov kommune i Danmark. Et nytt småskala testanlegg er under klargjøring ved NLH for uttesting av brenselstraksjoner – og for videreutvikling og optimalisering av forgassingsprosessen.

# Avansert styring av biogass

Med støtte fra NYTEK har Hifo-Tech AS spesialisert seg på en ny biogassteknologi for behandling av våtorganisk avfall. Høsten 2001 settes det første anlegget i Norge basert på denne teknologien, i drift.



Det nye anlegget i Sellikdalen på Kongsberg.

**UTGANGSPUNKTET ER ET PATENTSØKT SYSTEM FOR ELEKTRONISK STYRING OG OVERVÅKING AV ANAEROBE BIOLOGISKE PROSESSER** (prosesser der energi frigjøres uten forbruk av oksygen). Systemet er utviklet i samarbeid med Hydro Agri, Høgskolen i Telemark og Forskningsstiftelsen Tel-Tek.

Deponering av avfall fører til utslipp av klimagasser. Det er derfor iverksatt forbud mot deponering av våtorganisk avfall i Norge. Til nå er kompostering den metoden som er mest utbredt her hjemme til behandling av denne avfallstypen. I andre land er for eksempel utråningsanlegg (anaerob nedbryting av avfallet) med produksjon av biogass også benyttet i en viss utstrekning.

Porsgrunnsfirmaet Hifo-Tech tar utgangspunkt i en såkalt termofil anaerob prosess, dvs. at utrånningen skjer ved hele 55 °C i stedet for ved 37 °C, som er vanlig temperatur ved de fleste teknologier. Dette har flere fordeler. Man slipper et eget prosesstrinn for hygienisering av slammen, samtidig som prosessen gir bedre utbytte av gass – spesielt ved nedbryting av våtorganisk avfall. Til gjengjeld kan termofile prosesser være ganske følsomme for endringer og derfor vanskelige å styre.

Her kommer det nyutviklede styringssystemet – som har betegnelsen HFO (High Frequency Oscillations) inn i bildet. Systemet bryter med tradisjonelle metoder for styring av biogassproduksjon ved at biokulturen påtvinges oscillasjoner (svingninger) i sentral prosessparametre. Dette gir en robust prosess, der datateknologi og matematisk simulering er sentrale verktøy til styring av prosessen.

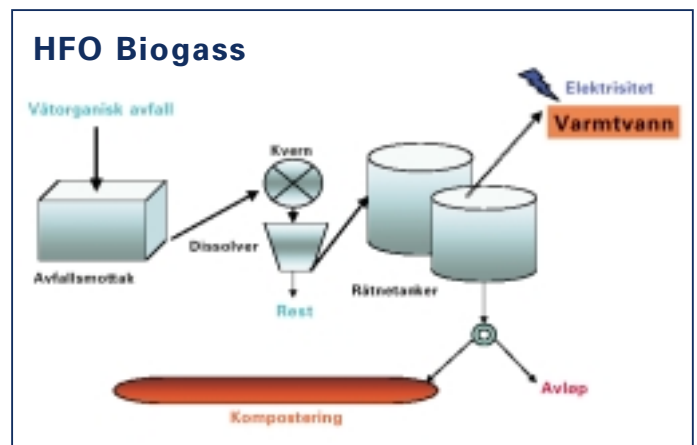
## Komplett kraftvarmeanlegg

I samarbeid med underleverandører tilbyr Hifo-Tech komplette kraftvarmeanlegg. Det første anlegget leveres til Kongsberg kommune. I Sellikdalen bygges et eksisterende biogassanlegg for slam ut til også å håndtere matavfall. Renseanlegget og

matavfallslinjen er designet for henholdsvis 24.000 p.e. (personequivallenter) og 2.500 tonn/år.

Kongsberg kommune har hatt kildesortering av sitt våtorganiske avfall siden 1996. Til nå er dette avfallet transportert til Halden for kompostering. I det nye biogassanlegget blir både våtorganisk avfall og slam fra kloakkrenseanlegget til strøm og varme. Et kilo våtorganisk avfall gir 0.24 kWh strøm og 0.44 kWh varme. Det betyr at matavfall fra 630 husstander gir nok elektrisitet og varme til én husstand.

Foreløpig er forskjellen på produksjonskostnad og markedspris på energi i Norge for stor til at salg av energi fra slike anlegg gir lønnsomhet alene. Hovedinntekten kommer fra behandlingen av avfallet. I Kongsberg vil kommunen selv benytte mesteparten av både produsert elektrisitet og varme til drift av de kommunale anleggene. Dette medfører at anlegget kan avskrives på relativt kort tid.



Diagrammet viser prinsippene i HFO-prosessen for produksjon av biogass fra våtorganisk avfall.



# ScanWind satser «stort»

Typisk nominell effekt for nye kommersielle vindkraftturbiner er i dag mellom 0,5 og 2,0 MW (megawatt). Industriselskapet ScanWind Group AS har startet utviklingen av vindturbiner på 3 MW. Målsettingen er serieproduksjon i 2002.



Rotoren – som har en diameter på 90 meter og er plassert på et 80 meter høyt tårn – har et turtall på 12–17 omdreininger i minuttet.

**V**ERDENS VINDKRAFTINDUSTRI HAR I DE SISTE ÅRENE HATT EN VEKSTRATE PÅ OVER 30 PROSENT OG TILHØRER DEN RASKEST VOKSENDE DELEN AV ENERGISEKTOREN.

Selv om dagens vindturbiner kan betraktes som en pålitelig konvensjonell teknikk, er det fremdeles mange utfordringer forbundet med å få kostnadene ytterligere ned.

For å øke lønnsomheten – ikke minst knyttet til havbaserte vindturbiner – går trenden også i retning av stadig større enheter.

## En ny design

ScanWinds tekniske strategi har vært å utvikle en kunnskap som gjør det mulig å beherske totaldynamikken i hele aggregatkonstruksjonen – for derigjennom å kunne optimalisere konstruksjonen for de kreftene den utsettes for. Dette kombineres med en helt ny generator- og konverterteknologi som kontrolleres av selskapets nyutviklede turbinregulator.

Som en del av denne teknologien, er det søkt patent på et helt nytt akselsystem for store vindturbiner.

Samarbeidende partnere på generatorsiden har vært ABB og Siemens, som begge har videreutviklet teknologier opprinnelig utviklet for annen kraftproduksjon. Som et alternativ for markedet har ScanWind også utviklet en løsning med gir som kobles direkte til ordinære 1.500 rpm-generatorer med velprøvde konverterløsninger. Denne løsningen benytter seg også av det nye akselsystemet.

Til alle konseptene er det utviklet et tilpasset transport- og montagesystem som blant annet muliggjør skånsom transport i ulendt terreng og montasje i vindhastigheter opp mot 15 meter i sekundet.



## Vil sette Norge på kartet

I dag domineres vindkraftindustrien av europeiske fabrikanter, spesielt danske og tyske. Norsk industri deltar bare med en liten andel som leverandører av komponenter. Dette bildet har Trondheimsbedriften ScanWind Group AS ambisjoner om å endre på.

Initiativet til det norsk-svenske utviklingsprosjektet ble tatt i 1998. Målet var å utvikle en vindturbinteknologi som ikke trenger økonomiske støtteordninger for å bli lønnsom for utbygger når den kommer i serieproduksjon.

De økonomiske rammene for hele utviklingsprosjektet er på 136 millioner kroner og mottar støtte både i Norge og Sverige. I tillegg til NYTEK-programmet, har også Statens nærings- og distriktsutviklingsfond (SND) og Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) bidratt med statlig støtte.

I samarbeid med henholdsvis Nord-Trøndelag Elektrisitetsverk og Vattenfall er planen å bygge demonstrasjonsturbiner – til havs i Sverige og på land i Norge.

# En av verdens største underleverandører

Kristiansands Jernstøperi AS har etablert seg som en av verdens største underleverandører til vindkraftindustrien. Den tradisjonsrike bedriften har allerede over ti års fartstid innenfor denne sektoren og er i dag inne på hele verdensmarkedet.



**I** ET MARKED SOM VOKSER MED HELE 25-30 PROSENT I ÅRET, BØR DET OGSÅ VÆRE Plass til norske produkter på denne arenaen. Innenfor flere felter finnes det norsk kompetanse som kan nyttiggjøres. Graden av suksess avhenger imidlertid av både produktet – og ikke minst evnen og viljen til å satse både langsiktig og sterkt nok.

Kristiansands Jernstøperi (KJ) fremstår som den norske suksessbedriften i denne sammenheng. Bedriften – som ble etablert i 1947 – er i dag en av Norges mest moderne og velutstyrte støperier med en kapasitet på ca. 20.000 tonn i året. I 1999 leverte KJ støperiprodukter til vindkraftindustrien for 125 millioner kroner. Året etter hadde omsetningen økt til over 200 millioner kroner og utgjør nå 70-80 prosent av støperiets totale omsetning.

– Veksten i vindkraftmarkedet er ekstrem, sier Per Rolf Roland, konserndirektør med ansvar for teknologiutvikling i KJ. – I 1997 hadde vi en andel av verdensmarkedet på rundt

30 prosent. To år senere hadde vi nådd kapasitetstaket for å vokse videre. Dagens hovedutfordring er å fremskaffe større produksjonskapasitet fort nok, understreker han.

## Oppkjøp av støperier

Kristiansands Jernstøperi – som med sine vel 250 ansatte er den tredje største arbeidsplassen i Sørlandets hovedstad – har i dag to «søsterstøperier» i Sverige og ett i Tyskland. Samtlige er en del av Windcast Group AS, som ble etablert for å spesialisere seg på leveranser til den internasjonale vindkraftindustrien.

For å videreføre en kontinuerlig FoU-aktivitet og opprettholde posisjonen som teknologileder, har gruppen også etablert et eget innovasjonssenter, Windcast Innovations Centre. NYTEK-programmet har støttet et prosjekt for å måle utmatingsegenskaper i seigjern (tykkvegget støpegods). Resultatet er et bedre beslutningsgrunnlag for vindturbinprodusentene.



Høy produktkvalitet og konkurransedyktige priser har gjort Kristiansands Jernstøperi til en av verdens største produsenter av vindkraftgods. (Foto: Peder Austrud, Mandal)

# «Vindmøller» på havets bunn

På slutten av 1800-tallet var verdens nordligste by, Hammerfest, en pioner når det gjaldt å ta i bruk elektrisitet her i landet. Nå satser krefter innen byens elforsyningsmiljø på å bli det samme innenfor tidevannskraft.



**S**ELSKAPET HAMMERFEST STRØM AS – MED HAMMERFEST E-VERK DA SOM HOVEDAKSJONÆR – er i gang med å utvikle en teknologi som kan gjøre det mulig med kommersiell utnyttelse av tidevann til produksjon av elektrisk kraft.

Utgangspunktet for forretningsidéen er å utnytte forskjellen mellom flo og fjære i havet – en forskjell som har store geografiske variasjoner. I de nordligste fylkene i Norge kan variasjonen være opptil tre meter. Andre steder i verden kan den være helt opp i 20 meter.

Hammerfest Strøm benytter egen teknologi for å produsere elektrisitet av forskjellen mellom flo og fjære. Møller – med vingspenn på opptil 15–16 meter – plasseres på havets bunn. Møllene drives av tidevannsstrømmen, og vingene posisjoneres seg kontinuerlig optimalt i forhold til styrken i strømmen. Hver mølle er utstyrt med generator og produsert elektrisitet bringes med kabel til land.

Sammenlignet med andre former for elkraftproduksjon, er kraft fra tidevann et meget miljøvennlig alternativ. Anleggene

Verdens første. Når pilotmøllen kommer i drift i Kvalsundet, vil det være det første fullskala tidevannskraftverket i sitt slag i verden. Det finnes allerede et tidevannskraftverk i Frankrike, men dette baserer seg på oppdemming av tidevannet og konvensjonell vannkraftteknologi.

plasseres på havbunnen og gir derfor ingen synbare naturinngrep. Internasjonale beregninger indikerer et potensial på hele 450 TWh (millioner kilowattimer). Avhengig av størrelsen på anleggene og teknisk løsning, er målsettingen at en kilowattime (kWh) tidevannskraft vil koste 27–35 øre.

## Pilotmølle i Kvalsundet

Den første fasen i utviklingsprosjektet er nå i ferd med å forlate tegnebrettet. I løpet av inneværende år skal arbeidet med å bygge et pilotanlegg – i Kvalsundet ved Hammerfest – igangsettes for å være i drift i annet halvår 2002. Prototypmøllen vil ha elektrisk produksjonskapasitet på 0,7 GWh (millioner kilowattimer).

Innen 2005 er planen at 20 møller skal være installert i Kvalsundet – med en estimert produksjonskapasitet på 32 GWh.

I tillegg til Forskningsrådet og NYTEK-programmet, har også Statoil, Rolls-Royce, ABB og SINTEF Energiforskning deltatt både teknologisk og finansielt i prosjektet så langt.





# Statkraft forsker på saltkraft

I fremtidige saltkraftverk vil egnede membranløsninger være det kritiske punktet. Statkraft SF har bygget to ulike typer spesialapparaturer for måling av egenskapene ved membraner og moduler, og utarbeidet spesifikasjoner for optimaliserte membraner.



**D**ET HAR LENGE VÆRT KJENT AT SALTØSNINGER TREKKER TIL SEG VANN FRA OMGIVELSENE. Denne naturlige drivkraften kan utnyttes til å skape et overtrykk der ferskvann møter saltvann, for eksempel ved elveutløp i havet. I neste omgang kan overtrykket utnyttes til å produsere energi.

Prosjektet i regi av Statkraft har tatt sikte på å vurdere realismen i fremtidig energiproduksjon fra trykkrelatert osmose (TRO). Løsningen baserer seg på at ferskvann fra en elv eller saltvann fra havet fødes inn i et rør, hvor ferskvannet adskilles fra saltvannet med en tynn membran.

## Overtrykk og konvensjonell turbin

Forenklet kan en si at membranen er gjennomtrengelig for vann, men ikke for salt. Det vil trenge ferskvann gjennom membranen, og det vil bygges opp et osmotisk trykk på saltvannssiden – et trykk som teoretisk kan bli inntil 27 bar (eller hele 270 meter vannsøyle) ved saltoppløsning tilsvarende det

Et saltkraftanlegg vil ha en høyde på mellom tre og fem meter, hvorav rundt halvparten vil være neddykket. Et 50 MW anlegg vil være på størrelse med en fotballbane. Anlegget vil være stillegående og uten skadelige prosessutslipp. Bildet over viser et tenkt anlegg. Lokaliseringen har ingen sammenheng med Statkrafts eventuelle planer.

som finnes i havet. I praksis regner en med at rundt halvparten av dette trykket går tapt som følge av tap som oppstår i membranen. Trykket i vannstrømmen utnyttes gjennom en konvensjonell turbin for energiproduksjon.

I tillegg til å utvikle spesialapparatur for måling, har Statkraft modifisert og oppgradert en trykkcelle for datalogging.

Nyutviklede polymerbaserte membraner fra utenlandske produsenter basert på spesifikasjonene fra prosjektet, har ikke vist tilfredsstillende resultater så langt. På bakgrunn av NYTEK-prosjektet og med forventet EU-støtte vurderer Statkraft allikevel å forsere byggingen av et pilotanlegg.

## Et formidabelt potensial

Potensialet for kraftproduksjon basert på saltkraft, er formidabelt. En vannmengde på én kubikkmeter per sekund vil kunne gi en effekt på anslagsvis én MW (megawatt). Fra Norges ti største elver er det et teoretisk utnyttbart potensial på 25 TWh (milliarder kilowattimer), dvs. om lag 20 prosent av dagens norske energiproduksjon.

Med utgangspunkt i et saltkraftanlegg på 50 MW, er kostnadene per kilowatt-

time anslått ned mot det en har ved andre nye fornybare energikilder, så som vindkraft. I motsetning til for eksempel vindkraft, vil saltkraft ha fordelene av å kunne produsere like stor energieffekt – uavhengig av vær og vind.

Det antas at arbeidet med å fremstille egnede membraner, samt ytterligere teknologisk optimalisering, vil kunne ta minimum 5-10 år.



# Smarte motorer uten gir

Elektrisitet er en av de mest foredlede energiformene som finnes. Alle har skjønnet at den bør forbrukes med en høyest mulig virkningsgrad, men gevinsten kan være minst like stor når strømmen produseres (på generatorsiden).

**S**MARTMOTOR AS HAR SPESIALISERT SEG PÅ ENERGI-EFFEKTIVE MASKINER – BÅDE GENERATORER OG MOTORER. Teknologiselskapet som primært utvikler «Energy Efficient Motors» (eem) med kompakt kraft- og styrings-elektronikk. Kjerneteknologien er permanentmagnetiske (PM) synkronmotorer med høy virkningsgrad og dreiemoment. Da bedriften ble etablert i 1996, gikk NYTEK modig inn og støttet utvikling av denne teknologien. Forretningssidéen var å utvikle, industrialisere og kommersialisere nye motorkonsepser.

## – Et bedre alternativ

– Selv om PM-synkronmotorer normalt har en høyere pris enn asynkron- og DC-løsninger, vil den nye optimaliserte synkronløsningen være svært konkurransedyktig når livssyklus-kostnader og produkttegenskaper trekkes inn i kalkulasjonen, mener Ulf Roar Aakenes, administrerende direktør i SmartMotor AS. – Spesielt i de tilfellene der design, kompaktet og ytelse er viktig.

Firmaets teknologi er spesielt godt egnet innenfor «nye fornybare» fordi man genererer med høy virkningsgrad. Aktuelle anvendelsesområder er blant annet energiproduksjon fra vindkraft, bølgekraft (se foregående sak), Sterling og tidevannsenenergi.

## Lettere vindmøller

I tillegg til at SmartMotors teknologi er praktisk talt lydløs, har den en annen viktig egenskap. Det aktive området er relativt lite; noe som betyr en vesentlig vektreduksjon. Det er for eksempel beregnet at vekten på generatoren (ca. 200 tonn) og giret i dagens store vindmøller, kan reduseres til ca. 60 tonn med SmartMotors direkte-drevne og sakteroterende gireløse løsninger.



Synkron motorer/-generatorer gir forbedrede produkttegenskaper og lavere livssyklus-kostnader (LCC).

I samarbeid med NTNU arbeider SmartMotor i dag med flere utviklingskontrakter. Firmaets fremdriftsmotor «Submerged Traction» – som er utviklet i samarbeid med Forsvarets forskningsinstitutt (FFI) – har allerede gjennomgått en vellykket markedsintroduksjon. Motoren er installert i Kongsberg Simrads undervannsfartøy Hugin og er med suksess testet ut i flere dykk under 2.000 meter.

Et annet varemerke er «Quiet Traction», som blant annet har fått markedsgjennombrudd innenfor motoriserte hjul på rullestoler. Et tredje prosjekt omfatter vinsj-systemer, hvor kravene til lave hastigheter, et høyt dreiemoment og en høyest mulig virkningsgrad er det samme som ved fremdriftssystemer.



# Hvordan temme havkrefteene?

Energipotensialet langs norskekysten er beregnet til nesten like stort som potensialet i alle norske vassdrag. For å optimalisere energiopptaket, baserer ConWEC AS seg på fasestyring og energiproduksjon uten turbin.



ConWECs bølgekraftmodell i skala 1:6. En flottor på en svingende vannsøyle driver et stempel til å pumpe sjøvann.

**M**OT ALLE VERDENS KYSTER KOMMER DET INN ENERGI SOM ER ANSLÅTT Å TILSVARE 1 TW (=  $10^{12}$  W) I GJENNOMSNIITTEFFEKT. Det tilsvarer om lag tredje-parten av verdens nåværende forbruk av elektrisk energi. ConWEC AS ble etablert høsten 1998 for å kommersialisere et fasestyrt bølgekraftverk. Utgangspunktet var et FoU-samarbeid mellom Brødrene Langset AS og NTH om å utvikle et bølgekraftverk basert på prinsippet om den «svingende vannsøyle». Dette prinsippet kan videreutvikles til å bli en aktiv bølgeenergikonverter, derav betegnelsen ConWEC (Controlled Wave Energy Converter).

## Testmodell i Trondheimsfjorden

Med støtte fra NYTEK er det bygget en testmodell i skala 1:6 som er satt ut i Trondheimsfjorden på Lade ved Trondheim. Nødvendige testserier er gjennomført og har gitt tilfredsstillende driftserfaringer. Med 1–2 meters bølgehøyde og 1–6 sekunders bølgeperioder – noe som er typisk for norske farvann – er anleggets robusthet testet med tilfredsstillende resultater.

Større fysiske dimensjoner, vil gi en rask økning av energiopptaket. Når størrelsen økes med en skala på 2, økes effektopptaket med en skala på 3. Et anlegg med relativt beskjedne mål, vil kunne produsere effekt i størrelsesorden 300 kW (kilowatt). Teknologien anses nå å være ferdig utviklet til et beta-nivå og fungerer som forutsatt. Bedriften har også kommet i gang med markedsarbeidet og internasjonaliseringen.

Tradisjonelt produserer bølgeenergi ved at bølgebevegelsen benyttes mekanisk til å pumpe vann under trykk gjennom en turbin – som igjen driver en elektrisk generator. I alle konverteringsleddene tapes energi. Klarer man å fjerne noen av disse, vil det ha stor betydning både for den totale virkningsgraden og produksjonskostnadene.

## Exit turbin

Den senere tid har derfor ConWEC fokusert på arbeidet med direkte konvertering til elektrisk energi – uten å gå veien om en turbin. For å få til dette, arbeider man med en lineær generatorløsning, som er optimalisert for de driftsbetingelsene som et slikt bølgekraftverk møter.

I utviklingen av denne teknologien har ConWEC inngått et samarbeid med NTNU og selskapet SmartMotor AS (se egen omtale på neste side), som har spesialkompetanse innenfor elektriske motorer og generatorer. Målsettingen er en halvering av installasjonskostnadene og en betydelig økning av totalvirkningsgraden ved å benytte lineærgeneratorer.



# Varmepumpe for høye temperaturer

En industriell høytemperatur varmepumpe er under utvikling ved Institutt for energiteknikk (IFE) på Kjeller. Kombinasjonen av relativt lave investeringskostnader og en høy varmfaktor gjør teknologien meget lovende for norske industrielle prosesser.



Den 60 kW (kilowatt) store pilot varmepumpen er designet og bygget for å kunne evaluere ytelsen og driftskonsekvensene over lengre tid.

at kokepunktet blir betraktelig høyere. Varmen kan derfor leveres til en betydelig høyere temperatur med en standard 20 bars kompressor.

At blandingen består av to komponenter, gjør at varmevekslingen skjer ved glidende temperaturer – både ved varmekilden og på avløpsiden. Resultatet er mindre varmevekslingstap. Siden sammensetningen av blandingskomponentene kan endres, kan også driften av varmepumpen tilpasses variasjoner i temperaturen.

## Planlagt pilotinstallasjon

En industriell pilotinstallasjon i full skala planlegges installert i et norsk meierianlegg. Dette vil gi ytterligere informasjon om drift og totaløkonomi. Resultatene så langt indikerer en tilbakebetalingstid på 3–5 år når varmepumpen er klar for det kommersielle industrimarkedet.

Innenfor prosjektet har IFE deltatt i et internasjonalt samarbeidsprosjekt innen IEA's (International Energy Agency) Heat Pump Programme, Annex 24 (Absorption Machines for Heating and Cooling in Future Energy Systems). Målet med dette prosjektet var å øke forståelsen for og bruken av termisk drevne systemer til oppvarmings- og kjøleformål.

## MANGE INDUSTRIPROSESSER I NORGE HAR ET VARMEBEHOV I TEMPERATUROMRÅDET 100-120 °C.

Samtidig finnes det ofte spillvarme tilgjengelig, som typisk holder 30-50 °C. En effektiv varmepumpeteknologi er derfor attraktiv med tanke på å redusere det spesifikke energiforbruket (kWh/produsert enhet).

Etter at kuldemediet KFK-114 ble forbudt brukt, er tilbudet av varmepumper som leverer varmt vann med temperatur på over 100 °C, begrenset. Fokus rettes derfor mot alternative varmepumpeprosesser som benytter naturlige arbeidsmedier.

## Absorpsjon og kompresjon

På Kjeller har IFE bygget en 60 kW (kilowatt) stor pilot varmepumpe som kombinerer absorpsjon og kompresjon. Varmepumpen kan beskrives som en standard kompresjonsvarmepumpe med en ekstra væskesløyfe. Arbeidsmediet er ammoniakk og vann.

Varmepumpen er designet for å gjenvinne industriell spillvarme ved en temperatur på rundt 50 °C og levere fra seg varmt vann ved 110-115 °C med en varmfaktor på over 3,5. Ved de mest gunstige driftsforholdene vil anlegget også kunne levere kjøling ved 5 °C. Anlegget er satt sammen av standard komponenter; noe som gjør at kapitalkostnadene for en kommersiell høytemperatur varmepumpe minimaliseres.

## Flere fordeler

Sammenlignet med konvensjonelle varmepumper basert på dampfortetning, gir en kombinert kompresjons-absorpsjons varmepumpe flere fordeler. Ikke minst gjør tilførselen av vann

# NYTEK

## – Noen utvalgte forskningstemaer

### TITTEL

### KONTRAKTSPARTNER

### KONTAKTPERSON

#### SOLENERGI

Fremtidens lavenergiboliger  
Strålingstransmitterende materialer og konstruksjoner  
Optimalisering av solenergisystemer i yrkesbygg  
Solvarme- og -kjøleanlegg med plastsolfanger  
Luftsolfanger  
Dagslys i bygninger for energi- og effektsparing i yrkesbygg  
Kostnadseffektive lavenergiboliger  
Energieffektive og intelligente fasader  
Solar Skin - dobbeltfasade med solceller  
Stand-alone PV Systems  
Fremstilling av høyrent silisium for bruk i solceller  
Tynnfilm silisium solceller fra UMG-Si substrat og «melt-back» beleggingsteknikk  
Prosess for fremstilling av høyrent silisium  
Krystallisasjonsteknologi for produksjon av solcelle skiver  
Ny teknologi for produksjon av solcellesilisium  
Fra sand til solceller – kompetanseprogram  
Sol, hydrogen og vind som energikilde - et kompetanseprogram  
Solkokker for utviklingsland

SINTEF Bygg og miljøteknikk  
SINTEF Bygg og miljøteknikk  
SINTEF Bygg og miljøteknikk  
SolarNor AS  
ABB Miljø AS  
SINTEF Bygg og miljøteknikk  
Den Norske Stats Husbank  
NTNU – fakultet arkitektur  
Hydro Aluminium Vekst AS  
Inst. for energiteknikk  
Elkem ASA  
Elkem ASA  
Norwegian Silicon Refinery AS  
ScanWafer AS  
Solar Silicon AS  
NTNU  
Elkem ASA  
Sun Cook AS

Anne Grete Hestnes  
Øyvind Aschehoug  
Anne Grete Hestnes  
John Rekstad  
Ole K.Bøckman  
Øyvind Aschehoug  
Are Rødsjø  
Øyvind Aschehoug  
Hans Marius Blegen  
Per Finden  
Gunnar Halvorsen  
Cyrus Zahedi  
Jan R. Stubbergh  
Alf Bjørseth  
Alf Bjørseth  
Georg Hagen  
Gunnar Schüssler  
Signe Marie Årdal

#### BIOENERGI

Fastbrenselovn for avfallsforbrenning  
Rentbrennende ildsteder  
Lokal varmeproduksjon med biobrensel  
Ildsteder med automatisk styring  
Kombinert ildsted for flytende brensel, gass og pellets  
Kraftproduksjon med lavtemperatur varme  
Biodiesel fra biologisk avfall og fleksible raffineringsteknikker  
Biodrivstoff og bio-oljer i Norge  
TTP-tørke for tørking av slam  
Energi fra makroalger  
Behandlingsanlegg for våtorganisk avfall, termisk hydrolyse, biogassproduksjon  
Økt energiutnyttelse ved gassifisering av avfall  
Biogassprosess for husholdning og industriavfall med gjenvinning av næringsalter  
Gassifisering av fast brensel kombinert med brenselcelle for el-produksjon  
Filtermodul for partikkelrensing fra biomasseforbrenning  
Kjelanlegg uten panelvegger og konvensjonelle konveksjonsdrag  
Distribuert energi fra biologisk brensel og restavfall – KMB  
Kvalitet- og miljøkrav ved energiutnyttelse av brensel fra sortert avfall.

Aitos AS / Energos AS  
Jøtul AS  
Organic Power AS  
Nord-Interiør AS  
EPM Consultants AS  
Organic Power AS  
Habiol AS  
Norsk Hydro ASA  
Norske Tørker AS  
Norsk Hydro ASA  
Cambi AS  
Organic Power AS  
Hifo Tech AS  
Prototech AS  
Vang Filter Technology AS  
Carbo Heat & Power AS  
Inst. for tekniske fag – NLH  
Prosessindustriens Landsforening

Helge Rosvold  
Ralph Gunnar Hattevig  
Kjell Ivar Kasin  
Stian Varre  
Nils Olav Solum  
Johannes Hatløy  
Einar Teslo  
Elisabeth F. Hagen  
Thorleif Jener  
Jon Hovland  
Hans Rasmus Holte  
Ove Lerdahl  
Jens Chr. Thysted  
Arild Vik  
Per O. Nos  
Rolf H. Hammer  
Jens Hetland  
Thoralf H. Thorsen

#### VINDENERGI

Små autonome elforsyningssystemer  
Norsk produksjon av vindturbinblader  
P & Q kontrollere  
Effektmåling på vindturbiner - ny patentert instrumentering  
Utmattingssegenskaper for seigjern i store vindkraftturbiner  
Utvikling av 3 MW vindturbiner  
Neste generasjon vindturbinblad  
Metode for effektiv plassering av vindkraftverk - dr.scient  
Kartlegging av vindressurser med numeriske beregninger  
Vindkartlegging - anvendelse av meso-skala meteorologisk modell  
Korttidsprognoser for energiproduksjon fra vindkraft  
Utvikling av norsk vindkraftteknologi – kompetanseprosjekt  
Storskala integrasjon av vindkraft i det norske kraftsystemet

SINTEF Energiforskning  
Libra Plast AS  
ABB Kraft AS  
F. K. Smith AS  
Kristiansands Jernstøperi AS  
ScanWind Group AS  
Umoe Mandal AS  
Kitron Development AS  
Vector AS  
Nord-Trøndelag Elektrisitetsverk  
Kjeller Vindteknikk AS  
SINTEF energiforskning  
Statkraft SF

Kjetil Uhlen  
Arne Lillebø  
Geir Svoen  
Frantz K. Smith  
Per Rolf Roland  
Torolf Pettersen  
Nere G. Skomedal  
Martin Korsrud  
Arne Reidar Gravdahl  
Pål Anders Dahl  
Lars Tallhaug  
John Olav G. Tande  
Terje Gjengedal

## BØLGEKRAFT

Fasestyrt bølgekraftverk men turbin og generatorløsning  
Simuleringsverktøy for kilerennekraftverk  
Bølgekraftforskning med vekt på styring - dr.ing.

ConWEC as  
Norwave AS  
NTNU

Ulf Aakenes  
Per Anderssen  
Johannes Falnes

## HYDROGEN

Fotobiologisk hydrogenproduksjon  
Hydrogensamfunnet - en nasjonal mulighetsstudie  
Ammoniakk som hydrogenbærer for polymer elektrolytt brenselcelle  
Grunnlag for bruk av hydrogen og brenselceller i norsk transportsektor  
Hydrogenlagring i faste stoffer - fra syntese til system KMB  
Hydrogen Technology - materials, processes and system analysis KMB  
Dr.ing. nye fornybare energikilder i kombinasjon med hydrogenlagring  
Vind - hydrogenanlegg på Utsira - forprosjekt  
Vind - hydrogen prosjekt på Røst - forprosjekt  
Utvikling og karakterisering av hydridmaterialer for ladbare batterier

NIVA  
SINTEF Energiforskning  
Norsk Hydro ASA  
Norsk Hydro ASA  
Inst. for energiteknikk  
SINTEF Materialteknologi  
Statkraft SF  
Norsk Hydro ASA  
Lofotkraft AS  
Norsk Hydro ASA

Olav Skulberg  
Hanne Marie Kvamsdal  
Steinar Kvisle  
Elisabet F. Hagen  
Per Ø. Finden  
Steffen Møller-Holst  
Per Ø. Hjerpaasen  
Elisabet F. Hagen  
Kristian Friis  
Oddmund Wallevik

## DIVERSE NY FORNYBAR ENERGI

Utvikling av turbin for langsomtstrømmende væske  
Vannturbiner for tidevannskraft  
Småkraftverk  
Utvikling og tilrettelegging av nytt småturbinkonsept  
Stirling aggregat i kombinasjon med fornybare energikilder  
Geotermisk el-kraft offshore  
Geotermisk varme - pilotprosjekt ved det nye Rikshospitalet  
Energiproduksjon fra saltgradienter

Water Power Industries AS  
Hammerfest Strøm AS  
Grøner Trondheim as  
Small Turbine Partner AS  
SIGMA Elektronisk AS  
Rogalandsforskning  
Geovarme AS  
Statkraft SF

Even Evensen  
Harald Johansen  
Tor Gjermundsen  
Åshild Rian  
Svein Hestvik  
Bjørnar Lund  
Per H. Moe  
Jon Brandsar

## VARMEPUMPER

Utvikling av varmepumpe med CO<sub>2</sub> som varmemedium  
Dimensjoneringsgrunnlag for nyutviklet varmepumpe tørketeknologi  
Effektiv fordampere til bruk i varmepumper  
Roterende varmepumper luft/luft  
Fordamperkonsept til VP- og kuldeanlegg  
Høytemperatur absorpsjons-/kompresjonsvarmepumpe  
Naturlige kuldemedier  
Prototyp utvikling av industriell høytemperatur varmepumpe  
Kartlegging av grunnvarme fra fjell  
Grunnvarme fra fast fjell - økt energiuttak ved hydraulisk trykking av borebrønner

Frostmann AS  
Inst. for klima og kuldetekn. - NTNU  
Nordisk Energikontroll AS  
Environmental Concepts Intern. AS  
Aquaterm Energi AS  
Institutt for energiteknikk  
SINTEF Energiforskning  
Alf Laval AS  
Norges geologiske unders. (NGU)  
Brønnteknologiutvikling AS

Torbjørn Olsen  
Ola M. Magnussen  
Tor Sveine  
Johan Haga  
Per Johansen  
Bjarne Horntvedt  
Jørn Stene  
Mattias Mårtensson  
Bernt Olav Hilmo  
Jan Håbrekke

## STYRING OG OVERVÅKING

Tefu Logger  
Styringsystem for restaurantdrift  
Produkt for energimåling av fleksible varmesystemer

TEFU TECH AS  
Tech Partner AS  
SolarNor AS

John Røsseland  
Frode Petersen  
John Rekstad

## VENTILASJON

Naturlig ventilasjon i kontor- og næringsbygg - NATVENT  
VAV-spjeld for behovstyrt ventilasjon  
Vindresistent ventil for fast avtrekkshette med varmegjenvinning  
Naturlig ventilasjon - konsept og konsekvenser - dr.ing.  
Enkelt og effektivt behovstyrt ventilasjonssystem  
Test og utvikling av varmegjenvinningsanlegg for boliger  
Reduksjon av elenergi til viftedrift i ventilasjonssystemer

BYGGFORSK  
Pyrox AS  
Auranor AS  
Hydro Alum. Metal Products  
Auranor AS  
BYGGFORSK  
Techno Consult AS

Jørn Brunsell  
Dag Rune Stensaas  
Odd Magne Solheim  
Einar Wathne  
Odd Magne Solheim  
Jørn T. Brunsell  
Trond Th. Harsem

## DIVERSE ENERGIEFFEKTIVISERING

Fjernvarme og fjernkjøling  
Energifleksible og kostnadseffektive varmeanlegg i boliger  
Utvikling av smart elektrisk maskinsystem  
Utvikling av dataverktøy for induksjonsspoledesign  
Utvendig kondens på vinduer  
Solskjerming som miljøtiltak  
Produksjonsøkning og varmegjenvinning fra elektrolyseceller i Al-industrien  
Kompetanseprogram mikrobølgeoppvarming

SINTEF Energiforskning  
Block Watne Gruppen AS  
SmartMotor AS  
ELVA Induksjon AS  
Glassbransjeforbundet  
Norges Solskjemingsforbund  
Cronus Engineering AS  
Inst. for energiteknikk

Rolf Ulseth  
Bjørn Rustad  
Robert Nilssen  
Leif Markegård  
Per Pettersen  
Kenneth Falck  
Vidar Låte  
Per Finden



# Over til «Energi, Miljø, Bygg og anlegg»

Den brukerstyrte energiforskningen – som tidligere tilhørte programmene EFFEKT, NATURGASS og NYTEK – vil fra år 2002 bli adressert til det felles programmet «Energi, Miljø, Bygg og anlegg».

**A**T BYGG OG ANLEGG HAR KOMMET MED I SAMME PROGRAM SOM ENERGI, skyldes hovedsakelig erkjennelsen av at ca. 60 prosent av vårt energiforbruk til alminnelig forsyning går til romoppvarming. Det er derfor viktig at FoU relatert til bruk av energi i bygg- og anleggssektoren, sees i sammenheng på tvers av bransjene dersom vi skal oppnå en effektivisering som monner.

Det nye programmet forventes å ha et budsjett på omkring 150 millioner kroner, som skal brukes til brukerstyrte innovasjonsprosjekter (BIP) og kompetanseprosjekter med brukermedvirkning (KMB). For mer informasjon, se «Energi, Miljø, Bygg og anlegg» sin hjemmeside på:

<http://program.forskningsradet.no/energi-miljo-bae/>

## Budsjettoversikt energiprogrammene 1995 til 2001\*

	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	SUM
<b>EFFEKT</b>								
OED	–	12,0	31,0	33,0	33,0	36,8	34,7	180,5
Privat	–	9,0	61,0	56,0	76,0	55,0	50,0	307,0
<b>SUM EFFEKT</b>	<b>0,0</b>	<b>21,0</b>	<b>92,0</b>	<b>89,0</b>	<b>109,0</b>	<b>91,8</b>	<b>84,7</b>	<b>487,5</b>
<b>NYTEK</b>								
OED	17,2	17,5	13,5	17,1	21,1	24,4	22,9	133,7
NHD	–	–	7,0	7,0	6,0	5,8	6,9	32,7
Privat	16,5	20,4	25,5	34,3	37,0	43,0	41,0	217,7
<b>SUM NYTEK</b>	<b>33,7</b>	<b>37,9</b>	<b>46,0</b>	<b>58,4</b>	<b>64,1</b>	<b>73,2</b>	<b>70,8</b>	<b>384,1</b>
<b>NATURGASS</b>								
OED	–	14,0	9,3	9,0	7,5	7,9	7,3	55,0
NHD	–	–	7,5	7,5	6,0	4,8	5,0	30,8
Privat	–	18,0	27,0	31,0	35,0	22,0	15,0	148,0
<b>SUM NATURGASS</b>	<b>0,0</b>	<b>32,0</b>	<b>43,8</b>	<b>47,5</b>	<b>48,5</b>	<b>34,7</b>	<b>27,3</b>	<b>233,8</b>

\* Alle tall er i millioner kroner.



Norges  
forskningsråd

### Området for industri og energi

NYTEK – FoU-program for effektive og  
fornybare energiteknologier.

<http://program.forskningsradet.no/nytek/>

Norges forskningsråd  
Postboks 2700 St.Hanshaugen  
0131 Oslo

Telefon: 22 03 70 00  
Faks: 22 03 70 01  
[www.forskningsradet.no](http://www.forskningsradet.no)

ISBN 82-12-01625-0