

Lange spor Energi

Et temahefte fra Norges forskningsråd

Blikk på ti år med forskning
på miljøvennlig energi

Om Norges forskningsråd

Norges forskningsråd er et nasjonalt forskningsstrategisk og forskningsfinansierende organ. Forskningsrådet er den viktigste forskningspolitiske rådgiveren for Regjeringen, departementene og andre sentrale institusjoner og miljøer med tilknytning til forskning og utvikling (FoU). Videre arbeider Forskningsrådet for et økonomisk og kvalitetsmessig løft i norsk FoU og for å fremme innovasjon, i samspill med forskningsmiljøene, næringslivet og den

offentlige forvaltningen. Forskningsrådet skal identifisere behov for forskning og foreslå prioriteringer. Gjennom målrettede finansieringsordninger skal Rådet bidra til å sette i verk nasjonale forskningspolitiske vedtak. Andre viktige oppgaver er å være møteplass for forskerne, finansieringskildene og brukerne av norsk forskning og å medvirke til internasjonalisering av forskningen.

Innhold



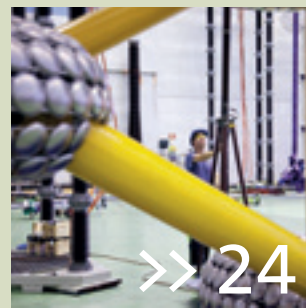
>> 4



>> 10



>> 16



>> 24

Energisystemer

Det er en selvfølge at strømmen er der når vi trenger den, takket være et robust energisystem. Men hva skjer med energisystemet når forbrukerne ikke bare kjøper, men også leverer kraft? Smarte nett blir trolig det neste store spranget for energiforsyningen i Norge og andre land.

Transport

Hydrogen, biodrivstoff eller strøm? Ja takk, alle tre! Norge er med på utviklingen, og har tatt en tydelig posisjon innen hydrogen, i jakten på drastiske kutt i CO₂-utslippene fra transport. Sterke teknologi miljøer og avgiftsfritak gjør Norge til et attraktivt teststed for bilprodusentene.

Samfunn

Hvordan påvirker salg av CO₂-kvoter prisene på energi i Norge? Hvordan reagerer folk på planer om et vindkraftprosjekt i nærområdet? Hvilke virkemidler for overgang til ny, fornybar energi gir resultater? Slike spørsmål skal samfunnsforskerne gi svar på, og gi fakta inn i energidebatten.

Næringsliv

En av Forskningsrådets viktigste oppgaver er å utløse forskning i næringslivet som ellers ikke ville blitt utført. Samfunnet får gevinsten i form av økt verdiskaping i bedriftene og økt norsk kompetanse. Les om noen av de mange bedriftene som har fått kommersiell uttelling av sin forskning.

Langtidsanalyse av RENERGI-programmet: Staker ut kursen for fremtidens energiforskning

RENERGI er Forskningsrådets strategiske forskningsprogram rettet mot energisektoren. Programmet har gitt og gir oss sentral kunnskap om teknologier, løsninger, politikk og virkemidler som kan bidra til å løse energi- og klimautfordringer og bygge opp under norsk næringslivs muligheter for verdiskapning. Programperioden strekker seg fra 2004 til 2013. I dette heftet presenterer Forskningsrådet en analyse som viser utviklingen av forskningen programmet har finansiert, fra starten til i dag.

Analysen av RENERGI, vi kaller den «Lange spor», følger utvalgte prosjekter og porteføljer av prosjekter gjennom flere år for å spore effekten Forskningsrådets finansiering har hatt. Og hva er de viktigste funnene? Erfaringene fra RENERGI og fra forløperne til programmet, viser at økte midler til forskning på dette feltet utløser nyskapende forskning og innovasjon. Programmets virkemidler er tilpasset bransjens egenart: Energiforskning krever sterke fagmiljøer, og programmet har bidratt til å bygge opp slike over tid. Disse sterke miljøene redet grunnen for etableringen av Forskningscentre for miljøvennlig energi (FME), det siste skuddet på stammen av Forskningsrådets virkemidler innen dette området.

Analysen av forskningsinnsats over tid er viktige fordi de viser effekten av å investere offentlige midler i forskning. Når man setter i gang forskning, knytter det seg store forventninger til kortsiktige resultater. Vi vet det kan ta tid før resultatene kommer. Det som gir avkastning i dag ofte bygger på forskning gjennom mange år.

Forskningsrådet bruker disse analysene som en del av vårt kunnskapsgrunnlag for prioriteringer fremover og i vår dialog med forskningsfinansierende departementer. Forskningsmiljøene kan bruke resultatene til å oppsummere egen virksomhet over tid. Næringslivet kan ha stor nytte av langtidsanalysene som viser at energiforskningen har åpnet for bedriftsetableringer og gitt etablerte selskaper nye produkter de kan skape verdier av.

«Lange spor» understreker betydningen av å tenke langsiktig: Når et forskningsprosjekt starter opp, er det ikke er åpenbart hva slags effekter det vil gi. Ofte kan det ta lang tid før forskningen gir resultater, og da kanskje på andre områder enn opprinnelig tenkt. Denne analysen viser flere gode eksempler på dette. Det er mange flere RENERGI-prosjekter enn de denne analysen omfatter som har gitt viktige resultater. I sum bekrefter analysen og vår noe bredere porteføljeanalyse at RENERGI har bidratt vesentlig til å utvikle løsninger for fremtidens energisystem. Dette tar vi med oss i planleggingen av videre forskningsinnsats etter at RENERGI løper ut.

God lesning!

Fridtjof Unander,
direktør
Divisjon for energi, ressurser og miljø



Foto: Sverre Chr. Jarild



Smart grids >>

Smarte nett (Smart grids på engelsk) er en merkelapp på fremtidens kraftsystem hvor avanserte måle- og styresystemer og kommunikasjon til alle nettkunder og produksjonsanlegg spiller en sentral rolle.

Smarte nett blir helt nødvendige for å møte kravene til energisystemet når flere fornybare og variable energikilder kobles til, og det blir økt elektrifisering i transport og industriprosesser.

Smarte nett får strømmen til å flyte

Det er en selvfølge at strømmen er der når vi trenger den, takket være et robust energisystem. Men hva skjer med energisystemet når forbrukerne ikke bare kjøper, men også leverer kraft?

Over mange tiår er energisystemet bygd opp for å bringe strømmen fra kraftverket til stikkontakten døgnet rundt. Langsiktig forskning og gode industrimiljøer har sørget for at energisystemet utnyttes mye mer effektivt enn tidligere. Når variable kraftkilder som vind og sol kobles til kraftnettet og forbrukerne blir leverandører, stiller det forskerne og bedriftene overfor nye utfordringer. Både de og samfunnet må tenke radikalt nytt om hvordan energisystemet skal bygges ut og driftes.

Smarte nett blir trolig det neste store spranget for energiforsyningen i Norge og andre land. Kunnskapen som skal til for å mestre spranget finnes allerede i norske forskningsmiljøer og bedrifter. På 90-tallet og 2000-tallet tok Forskningsrådet strategiske grep for å bygge opp norsk kompetanse og finne nye og bedre løsninger i energisystemet. De strategiske programmene EFFEN på 90-tallet og RENERGI på 2000-tallet har støttet en rekke forsknings- og utviklingsprosjekter som danner fundamentet for videre forskning på og utvikling av smarte nett.

Balansegangen

Strøm er en flyktig vare. Den må brukes i samme øyeblikk den er produsert. Produksjonen i alle kraftverkene må derfor balansere perfekt

med etterspørselen hos alle forbrukerne. Denne oppgaven ligger hos nettoperatørene som har tatt i bruk stadig mer avanserte systemer for å sikre en stabil strømforsyning. Mange av de viktigste systemene er utviklet i norske forskningsmiljøer og bedrifter støttet av EFFEN og RENERGI.

I Norge balanseres varierende etterspørsel i stor grad ved å justere vannmengden gjennom turbinene. Import og eksport av kraft bidrar også til balanse i markedet. I andre land balanseres etterspørselen ved å øke eller redusere produksjonen i gasskraftverk og kullkraftverk.

Om det er komplisert å oppnå et balansert energisystem i dag, blir det enda mye mer krevende når ustabile fornybare energikilder som vind og sol utgjør en stor andel av produksjonen. Norske vannmagasiner må fungere som et batteri: Overskuddsenergi fra vind- og solkraftverk brukes til å pumpe vann opp i høyereliggende magasiner, og vannet brukes til å produsere kraft når vinden eller solen uteblir.

Trendskifte

Forskningsrådets mangeårige støtte til forskning og utvikling har gitt nettoperatørene gode verktøy for å sikre at forbrukerne alltid har

strøm i kontakten, enten været er godt eller dårlig. Men dagens verktøy er ikke tilstrekkelige når energisystemet i løpet av få år vil endre seg radikalt. Strømmen vil ikke lenger bare flyte fra produsent til forbruker via kraftnettet, men også den andre veien, fra forbruker ut på nettet. Hvordan skal da energisystemet bygges ut for å utnytte strømmen optimalt og sikre strømforsyningen?

Velkommen til smarte nett!

Smarte nett var opprinnelig et begrep for å sikre strømforsyningen og unngå de hyppige strømpruddene, som både USA og Europa har opplevd gjennom tidene. Men begrepet er blitt mye mer omfattende. Nå dekker smarte nett hele kraftsystemet – fra de store produsentene til småforbrukerne som leverer kraft fra sine små solcelleanlegg og andre energikilder.

Nettoperatorene kan ikke lenger bare bygge ut kapasiteten i nettet, men må også bygge ut funksjonalitet for å håndtere de nye kravene.

Folk flest får snart sin første kontakt med smarte nett når de nye målerne for toveis kommunikasjon (AMS) erstatter de gamle målerne frem mot 2018 i Norge. De avanserte målerne skal ikke

bare gi mer rettferdige strømreregninger, men også mye bedre styring av strømflyten i distribusjonsnettet.

Tidlig ute

På begynnelsen av 1950-tallet var det norske kraftnettet delt opp i seks geografiske områder, nærmest som seks isolerte øyer. En landsdel med underskudd på grunn av lite nedbør, kunne ikke få kraft fra en landsdel med overskudd. Synergieffektene ved å knytte «øyene» sammen ble etter hvert åpenbare.

Men sammenknytningen bød på utfordringer og krevde nøye system-analyser, noe EFI (Elektrisitetsforsynings – senere Energiforsynings Forsknings Institutt) fikk i oppgave å løse. EFI ble etablert i 1951 og er i dag SINTEF Energiforskning. Kompetanse er bygget opp over tid, med mange års støtte fra Forskningsrådet, blant annet gjennom det strategiske RENERGI-programmet, og med delfinansiering fra industrien selv.

Med vann og gass som de viktige norske lagervarene, utviklet EFI Samkjøringsmodellen for å kunne beskrive det norske kraftproduksjonsapparatet i samspill med øvrige nordisk kraftproduksjon og de europeiske kraftmarkedene. Modellen

ga innsikt i både kraftmarkedspriser, energiøkonomi, energiflyt, miljøkonsekvenser og leveringskvalitet.

Modellene fra Trondheim

Den sterke veksten i norsk vannkraftutbygging på 60- og 70-tallet krevde bedre kontroll og styring med transmisjon og distribusjon av elektrisitet. Drift av nett er kostbart, og kostnader til utfall og skader på nettet og energitap i nett blir store ved ugunstige driftsforhold. For å kunne modellere dette og optimalisere driften av kraftsystemet, ble det også utviklet programvare for modellering av lastflyten i kraftsystemet. Rundt 1980 ble programvaren for nettmodellering (Netbas) utviklet, med et brukergrensesnitt som gjorde at programmet lettere kunne benyttes ved e-verkene rundt omkring i landet.

På 80-tallet økte debatten om de omfattende investeringene i kraftsystemet var samfunnsøkonomisk fornuftige i styrke. Oppfatningen var at det hadde bygd seg opp en betydelig overkapasitet i produksjon og distribusjon av kraft. Forskningsresultatene gjorde det mulig å ha en sikker kraftforsyning uten å investere mer i nettet. Det var tid for en annen økonomisk modell.

Tok toget for å kjøre beregninger >>

Tidlig på 1960-tallet kom Arne Johannesen inn i EFI (nå SINTEF Energi) som den første med datakunnskap. Han hadde studieopphold i USA og Canada bak seg og satte i gang arbeidet med å videreutvikle modeller for kraftsystemanalyse basert på norske forhold. Beregninger og modelleringer ble gjort for hånd med blyant og papir, da det ennå ikke var tilgang til datakraft på Gløshaugen i Trondheim. Johannesen tok så toget til Kjeller for å kjøre beregningene på Forsvarets forskningsinstituttts maskin «Frederik».

Vellykket spinoff >>

Styret i EFI besluttet i 1995 å kommersialisere energistyringsprogrammene Netbas og ID gjennom å danne et eget selskap. De aktuelle forskerne var usikre på om de ville miste en sikker arbeidsplass. Den ble overvunnet da SINTEF energiforskning kjørte et internt kurs i industriell markedsføring som 103 av forskerne ved instituttet tok eksamen i. Powel ble etablert 1. juli 1996, med 37 ansatte og alle rettighetene til Netbas og ID. Norsk Vekst kom inn på eiersiden høsten samme år. I dag har Powel 230 ansatte.



Styring av energisystemet i fem faser



Foto: EFI

De fysiske nettmodellene var med brytere og komponenter, ikke modeller med vann.



Foto: EFI

De første regnemodellene ble kjørt på datamaskiner med hullkort.



Foto: Shutterstock

Økt regnekapasitet i kraftigere datamaskiner ga sterkere optimalisering av nettet.

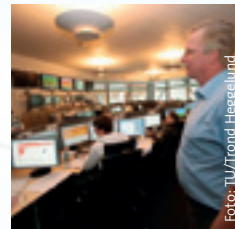


Foto: TU/Trond Heggelund

Avanserte matematiske modeller med mange variable.

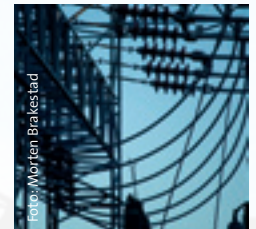


Foto: Wörten Brakeslad

Smarte nett.



Kjøp strøm, få en bil på kjøpet >>

Når millioner av elbiler settes til lading samtidig, er veien kort til kollaps i strømmettet dersom ikke noe gjøres. Et smart nett vil kunne styre ladeprosessene og jevne dem ut over tid for å unngå overbelastning. I topperiodene kan systemet hente effekt fra de mange bilbatteriene som er koblet til nettet. Her ligger mulighetene for mange nye forretningsideer. Kanskje kan vi en dag kan kjøpe et strømabonnement og få en bil på kjøpet, slik vi allerede gjør med mobiltelefon?

Enormt energibehov >>

Endringene i samfunnets energiforsyning vil kreve en omfattende utbygging av effektive kraftnett. IEA har anslått behovet for utbygging av elektrisitetsforsyningen i verden i perioden 2005-2050 til 11,3 trillioner dollar. Av dette er hele 54 prosent til transmisjon og distribusjon av kraften. EU planlegger å bygge ut kraftnett for en milliard euro for å øke overføringskapasiteten mellom landene. Debatter om kraftlinjer i Norge og på kontinentet det siste året er bare en forsmak på hva som er i vente.

Energiloven

Med energiloven i 1991 gjennomførte Norge som det første landet i verden en total deregulering av kraftmarkedet. For energiforsyningen ble dette en dramatisk omstilling – fra et teknologisk orientert forvaltningsregime til en konkurranseutsatt næring. Med innføringen av det frie kraftmarkedet oppsto en rekke problemstillinger: Nå ble fokuset rettet mot økonomi, organisering og drift.

Året før energiloven i 1991 startet prosjektet Integriert Driftssentral (ID). Støttet av Forskningsrådets program EFFEN, utviklet EFI og industrien et integriert konsept for driftssentraler for det norske og utenlandske markedet. ID-prosjektet førte fram til en prototyp av et programvareprodukt. I løpet av prosjektperioden ble deler av programvaren testet ut av ulike kraftselskap. Siemens og ABB var blant de industrielle deltakerne. Statkraft og NEBB utviklet litt senere en alternativ driftssentral.

Den omfattende programvaren dekket produksjon (korttidsplanlegging, sesongplanlegging, langtidsplanlegging), nettanalyser (lastflytprogram), prognostisering (forbruk, tilsig, priser) og vedlikeholdsregistrering.

De nye programmene gjorde nettoperatørene i stand til å beregne og simulere belastningen på nettet og dermed utnytte kapasiteten til fulle. På denne måten kunne de sikre kraftflyten og kraftbalansen uten å måtte investere i ny kapasitet.

Netbas og Integriert driftssentral ble kommersielle produkter da selskapet Powel ble etablert som et spinoff fra SINTEF i 1996. I dag har selskapet om lag 230 ansatte. I 2009 hadde Powel 261 millioner kroner i omsetning. Blant kundene er store selskaper som DONG, E.ON, Forum, Norsk Hydro og Statkraft.

Norske forskningsmiljøer og næringsliv støttet av Forskningsrådet og myndighetene har bygd opp en solid kompetanse på det kompliserte fagområdet energisystem. De senere årene er denne forskningen blitt trappet opp som følge av Klimaforliket i 2008.

Forskningsrådets rolle

Forskningsrådets RENERGI-program skal skape nye muligheter basert på et nært samspill mellom offentlige og private interesser. Programmet gir støtte til prosjekter på områder hvor norske forskningsmiljøer og energiresurser

gir Norge en særlig gunstig posisjon på lang sikt. Kunnskapen om energisystemet og kraftmarkedet er et slikt område. Det norske kraftnettet utgjør store samfunnsmessige og økonomiske verdier og vil måtte spille en avgjørende rolle for å håndtere de nye behovene og kravene i Norge og i Europa.

Kompetanse på energisystem og kraftmarkeder er systematisk bygget opp i skjæringspunktet myndigheter, industri og forskningsmiljøer. Gjennom avansert planlegging, vedlikehold og driftsmodeller har Norge klart i stor grad å levere relativt rimelig kraft til forbrukerne på en sikker måte. Spørsmålet nå er hvilken rolle Norge ønsker å ta i den videre utviklingen. Fundamentet for å være i front i Europa er der, og forskningsmiljøene har blikket rettet mot de internasjonale utfordringene.



Gjennomslag i EU >>

En av tre energisøknader med norsk deltagelse får støtte i EUs syvende rammeprogram. Den norske suksessraten på dette feltet ligger langt over EUs gjennomsnitt som er en av fem søknader.

Per mai 2011 hadde 50 av 146 prosjekter med norske søkere fått støtte fra EU. 10 av EU-prosjektene har norsk koordinator.

Samtidig viser statistikken at 64 prosent av alle søknader med norsk deltagelse, er kvalifisert for finansiering. Det er sytten prosentpoeng høyere enn gjennomsnittet for alle søknadene i EV FP Energy og viser at Norge har svært høy kvalitet på sine søknader.

Aktiv industri >>

Norske leverandørbedrifter som har bidratt til utviklingen av modellering av energisystemer:

Siemens, ABB, NEBB, Wärtsila, NorTroll, Mag Tech og Transinor.

Ny strategi for energisystemer

Forskningsrådet har gjennom flere tiår støttet forskning og utvikling av modellering av energisystemene gjennom sine strategiske programmer. Mye av RENERGIs er støtte til forskning og utvikling innenfor energisystemer er gått til såkalte kompetanseprosjekter med brukermedvirkning (KMB). Dette er en prosjekttype som bygger nasjonal kompetanse i forskningsmiljøene med industrien som viktig medspiller. Kompetansen disse prosjektene har bygd opp ligger nå klar til å brukes på smarte nett.

Den internasjonale konkurransen om å utvikle kommersielle løsninger for smarte nett er hard. Dersom det ikke blir fart på utviklingen av smarte nett i Norge, risikerer vi at toget er gått før norske bedrifter får en plass i markedet for smarte nettløsninger.

RENERGI-programmet har hele tiden prioritert næringsrettet forskning. Det har gitt norske bedrifter et forttrinn, samtidig som de har løst viktige samfunnsoppgaver. Den videre strategien vil bygge videre på det tette samarbeidet med næringslivet og myndighetene.

Utviklingen av smarte nett vil kreve store investeringer i forskning og utvikling.

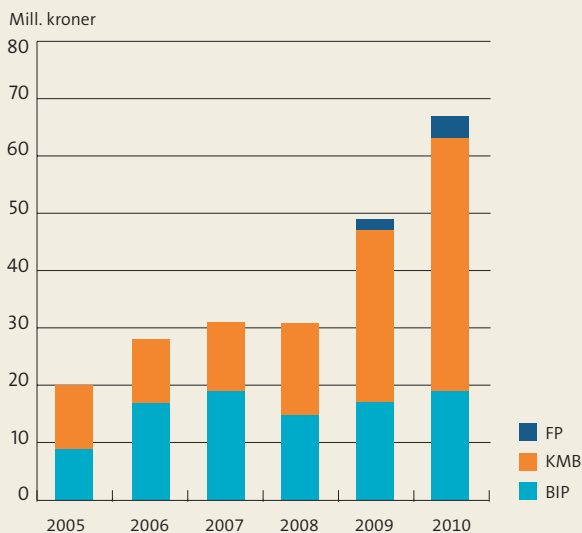


Foto: Sverre Chr. Jarild

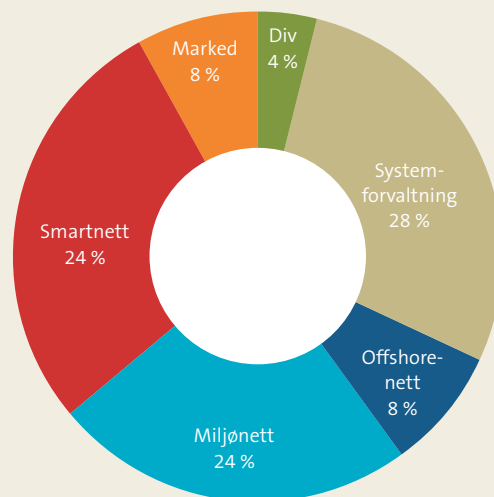
Ane Torvanger Brunvoll, spesialrådgiver i Forskningsrådet og ansvarlig for energisystemer i RENERGI-programmet.

Forskningsrådets strategi for forskning og utvikling av energisystemer vil ta hensyn til de store strategiske programmene i EU, den nasjonale FoU-strategien *energi21* og stortingsmeldingen om energi, i sine prioriteringer.

Fordeling av ressurser fra RENERGI til prosjekter innenfor energisystem i perioden 2005-2010



Fordeling av områdene innenfor energisystemer i RENERGI i 2010





Tre veier til lavere transportutslipp



Hydrogen, biodrivstoff eller strøm? Ja takk, alle tre! Norge er med på utviklingen, og har tatt en tydelig posisjon innen hydrogen, i jakten på drastiske kutt i CO₂-utslippene fra transport.

Oppbyggingen av hydrogenveien fra Oslo til Stavanger, HyNor, har vakt interesse hos verdens store bilprodusenter. Norge er blant de første landene som får de nye hydrogenbilene til testing. Bare i 2011 sender Daimler ti brenselcellebiler til Norge, og får følge av to biler fra sørkoreanske Hyundai og fem fra Think. Fra før har Norge 19 hydrogenbiler med ombygde forbrenningsmotorer, blant annet fra Toyota og Mitsubishi.

Infrastrukturen som er bygd opp i HyNor og de andre norske hydrogenprosjektene, støttet av RENERGI-programmet i

Forskningsrådet, har også trukket EUs største hydrogenprosjekt H2MOVES hit. I kollektivtransporten investerer buss-selskapet Ruter i fem hydrogenbuss og en tankstasjon som settes i drift i 2012.

I tillegg til sterke teknologimiljøer, er også norske skatte- og avgiftsfritak med på å gjøre Norge til et av de attraktive teststedene for bilprodusentene.

Den globale utfordringen

Transport er en livsnødvendig del av samfunnet, både for å sikre økonomisk vekst og for den enkelte innbyggers bevegelsesfrihet.

Men den har en kostnadsside, ikke bare i form av investeringer i veier og innkjøp og bruk av biler, men også i form av høye utslipp av klimagasser og annen type forurensing. Transport er en av de store kildene til verdens CO₂-utslipp. I Norge sto sektoren ifølge SSB for 37 prosent av CO₂-utslippene i 2009, mens transport globalt ifølge IEA sto for 23 prosent i 2007.

Petroleum som drivstoff vil heller ikke være tilstrekkelig for å dekke verdens voksende flåte av kjøretøyer når de fremvoksende økonomiene får en biltetthet som i den vestlige verden.

Hydrogenveien >>

HyNor-prosjektet skal opprette et sammenhengende nettverk av fyllestasjoner for hydrogen langs kysten fra Oslo til Stavanger. Den vil danne grunnlaget for å prøve ut hydrogen i transportsektoren i Norge, både biler og infrastruktur. I dag er det hydrogenstasjoner i Oslo, Drammen, Porsgrunn og Stavanger. Neste steg er byggingen av hydrogenstasjoner Lillestrøm og Bergen og flere stasjoner i Oslo og Stavanger.

Hydrogen Technologies >>

Norge har en av verdens fremste produsenter av elektrolysører, som er viktig for produksjon av hydrogen. Norsk Hydro har i nærmere hundre år utviklet elektrolysører som bruker elektrisk kraft til å spalte vann til hydrogen og oksygen. Datterselskapet Hydro Electrolysers ble fusjonert inn i Statoil som nå har solgt seg ut. Hydrogen Technologies er lokalisert i Notodden og Porsgrunn, og har 31 ansatte.

Og når flere flytter til byene, vil også den lokale forurensingen fra biltrafikken kreve andre løsninger enn dagens fossildrevne kjøretøyer.

Forskningsmiljøer og industrien verden over jobber på spreng for å utvikle teknologi som kan få ned utslippene, parallelt med at myndighetene utvikler incentividninger som skal få oss til å kjøre miljøvennlig. Globalt går utviklingen langs tre veier: Elbiler, biler kjørt på biodrivstoff og hydrogenbiler samt hybrider av disse.

Tre bølger

Det siste tiåret har vært en sann flom av initiativer fra politikere, forskningsmiljøer og næringsliv, drevet frem av en kombinasjon av ønsket om bedre energiforsyningsikkerhet, reduserte klimagassutslipp og en fremtidsrettet byutvikling.

Fra 2002 var det enorm interesse for hydrogen, ikke minst i USA, der målet var å ha nye biler klare i 2006. Det ambisiøse initiativet fikk konsekvenser i resten av verden, der flere og flere snakket om hydrogenbiler og veien mot hydrogensamfunnet. Men så kom ikke bilene så raskt som ventet, og interessen for hydrogen dabbet av da utviklingen tok lenger tid og kostet

mer enn forventet. Biodrivstoff seilte opp som alternativet på kort sikt helt til debatten om produksjon av biodrivstoff la beslag på jordbruksarealer for matproduksjon fra 2007/2008. Da kom den tredje bølgen med elbiler. Utviklingen av bedre batterier og smartere biler tok virkelig av.

Norge kan ikke dekke alle forskningsområdene langs alle de tre veiene. I stedet har Forskningsrådets strategi vært å støtte spissede områder innenfor hydrogen, biodrivstoff og elbilteknologi, og samtidig øke det internasjonale samarbeidet. I tillegg støttes forskning på de samfunnsmessige virkningene av en omlegging av transportsektoren til å bli mer miljøvennlig.

Hydrogen

Da hydrogenbølgen kom, var flere norske selskaper allerede i posisjon i markedet. Hydro hadde i mange år brukt elektrolyse av vann til å produsere hydrogen og oksygen, og solgte utstyr til industrien gjennom sitt eget selskap Hydro. I tillegg så både Statoil og Hydro potensialet i norsk naturgass som hydrogenkilde. Ved å reformere naturgass kunne de produsere og selge hydrogen som drivstoff på det internasjonale markedet. Sammen med forskningsmiljøene fikk selskapene satt

hydrogen på den politiske dagsorden, og en strategi for hydrogen i transportsektoren ble lansert i 2006.

Forskningsrådets RENERGI-program satte av store midler til utvikling av hydrogenlagring og brenselceller for hydrogen. Satsingen rettet seg både mot forskning og demonstrasjon, gjennom oppbyggingen av hydrogenveien fra Oslo til Stavanger. Byggingen startet i 2006 da Statoil åpnet sin første hydrogenstasjon og fikk følge av Hydro i 2007. Året etter fusjonerte Statoil med oljedelen av Hydro, der hydrogenaktivitetene lå. Aktivitetene fikk lavere prioritet etter fusjonen, og Statoil trakk seg ut av forskningsprosjektene. Selskapet driver likevel fortsatt fire hydrogenstasjoner.

Den internasjonale oppmerksomheten rundt Utsira-prosjektet sammen med byggingen av hydrogenveien, bidro til at Norge fikk tidlig tilgang til hydrogendrevne biler, til tross for landets lille befolkning.

Hydro gikk også inn i europeiske organisasjoner slik at Norge var med å forme de europeiske teknologiplattformene på hydrogen. Norge har fortsatt en sterk internasjonal stilling innenfor hydrogen, spesielt på materialteknologi og hydrogenlagring.

Utsira satte Norge på kartet >>

Prosjektet som virkelig satt Norge på det globale hydrogenkartet var Utsira. Det var verdens første samfunn som skulle demonstrere muligheten for å være selvforsynt på energi basert på en vindturbin og en elektrolyser som produserte hydrogen. Det lagrede hydrogenet ble brukt i brenselceller til å produsere strøm i vindstille perioder.

Bioetanol av trevirke >>

Gründeretablissementet i Weyland AS i Bergen har fått støtte i tre prosjekter. Først til utvikling og bygging av et pilotanlegg for celluloseetanol basert på egne patenter og flere års forskning ved Høgskolen i Bergen. Deretter støtte til å forske på å gjøre den patenterte syre-gjenvinningsprosessen mer energieffektiv. I det tredje prosjektet skal Weyland gjøre FoU- på det å øke etanolutbyttet ved at de ikke bare fermenterer C6-sukker, men også C5-sukker.

Biodrivstoff

Biodrivstoffforskning har lange røtter i Norge, men har først i de siste årene fått et visst volum i Norge. Den første større forskningsaktiviteten i RENERGI kom fra 2005, da det startet et stort kompetanseprosjekt om kostnads-effektiv produksjon av biodrivstoff ved PFI i Trondheim.

RENERGI har prioritert midlene til forskning på andregenerasjons biodrivstoff. Dette er biodrivstoff med en god klimaprofil og som ikke konkurrerer om matressurser. Det tidlige prosjektet ved PFI var starten på lignin-til-drivstoff, som RENERGI har støttet i to prosjekter senere. De utvikler en prosess som kan lage en drivstoffkomponent av lignin, fra trevirke. Forskerne samarbeider med forskere i Sverige, Tyskland, Danmark, Finland og Estland.

I Bergen utvikler bedriften Weyland en prosess som skal produsere bioetanol fra celluloseholdig avfall. RENERGI har støttet tre prosjekter hos Weyland siden 2007. Den opprinnelige ideen kom fra ansatte ved Høgskolen i Bergen som videreutviklet den over mange år før de ble skilte ut et eget selskap. Weyland har bygd et pilotanlegg som nå er i oppstartsfasen.

Hydro og Norske Skog dro i 2006 i gang en mulighetsstudie for å produsere syntetisk biodiesel av tømmer. De trakk hver sin konklusjon. Hydro mente det var for dyrt mens Norske Skog tok prosjektet videre og etablerte datterselskapet Xynergo. Det ble siden lagt ned, men Norske Skog er fortsatt med i forskning på syntetisk biodiesel, blant annet sammen med Statoil i gassifiseringsprosjektet GasBio. Der har også Avinor kommet med. Luftfarten kan i

fremtiden bli det viktigste markedet for biodrivstoff, siden fly ikke har noen alternativer.

Elbil

Samtidig som utviklingen av hydrogen-drevne kjøretøyer utviklet seg langsommere, kom ny teknologi inn i elbilene som akselererte utviklingen av elbiler slik at de har fått bedre rekkevidde og kollisjonssikkerhet.

I internasjonal sammenheng har Norge svært gode incentividninger for elbil, noe som har skapt stor interesse blant folk flest til å anskaffe elbil. Transnovas program for å støtte utrulling av ladestasjoner bidrar også. Norge har trolig høyest elbilandel per innbygger i verden med 3891 registrerte elbiler per mars 2011.

RENERGI-programmet rettet seg mer mot elbiler fra 2009. Med den internasjonale elbilbølgen kom prosjektsøknadene. De norske prosjektene går mye på batteriteknologi og styring av batterier samt konsekvenser for energisystemet og samfunnet.

Norge har 15 års erfaring med å utvikle den elektriske plattformen og er inne i bilindustrien. Fagmiljøene har høy kompetanse på materialteknologi. Til nå er den blitt mer brukt på solceller og brenselceller enn batterier. Miljøbil Grenland er et av selskapene som går tungt inn på batteriteknologi. Bilene kommer fra Tata Motors i India og får montert norskutviklet batterisystem og styringselektronikk.

Miljøbil Grenland jobber med styresystem for batterier og motor for at de skal virke best mulig sammen. Denne plattformen er nøkkelkomponenten i



Foto: Morten Brakestad

en elbil. Det kan bli en eksportartikkel, selv om produksjonen trolig vil skje i andre land.

Men teknologi alene kan ikke løse klimautfordringen i transportsektoren. RENERGI støtter derfor også samfunnsfaglige prosjekter som ser på innfasing av miljøvennlig transportteknologi i hele sin bredde, og på utforming av virkemidler som eksempelvis avgiftlette og lov til å kjøre i kollektivfelt.

– Kan ikke forutsi vinneren

Forskningsrådet har gjennom RENERGI-programmet fulgt ulike strategier på transportsektoren siden programmet startet i 2004. I den første perioden lå tyngdepunktet på hydrogen, deretter kom biodrivstoff tyngre inn og til slutt er elbilteknologi blitt en viktig del. Den internasjonale erfaringen har vist at det finnes flere veier til lave utslipp i transportsektoren.



Befolkningen vil i fremtiden trolig velge ulike kjøretøy til ulike transportbehov. Eksempelvis elbil til bybruk og biler på biodrivstoff eller hydrogen på lange strekninger.

Bølgene med hydrogen, biodrivstoff og elbil viser at forskning har høy risiko. Vi kan ikke forutsi hvilken teknologi som vil vinne, men vi vet de tre områdene som RENERGI jobber med, er fremtidsrettede og vil spille en viktig rolle.

Innsatsen i programmet er rettet mot teknologiområdene som kan bidra til omlegging av det norske transportsystemet, og der norske aktører kan bidra i den internasjonale utviklingen.

Målet er at norske aktører posisjonerer seg for verdiskapning i et internasjonalt marked i sterk vekst.

Forskningen har fått drahjelp av at Norge har veldig gode incentivordninger på elbil, noe som har gjort at Norge er et av landene med flest elbiler per innbygger. På hydrogen er den første infrastrukturen på plass, og bilprodusentene kommer for å teste sine biler før andre land. På biodrivstoff er utviklingen kommet langt nærmere produksjon.

Forskningen vil fortsette på tre viktige områder der norske miljøer står sterkt internasjonalt:

- > Brenselceller som går på hydrogen og kan brukes i biler, busser og skip.
- > Neste generasjon biodrivstoff som utnytter trevirke og ikke krever matjord.
- > Batteriteknologi og styringsystemer for elbiler.

Felles for alle områdene er solid norsk kompetanse på materialteknologi og prosesskunnskap, mye bygd opp i olje- og gassvirksomheten og prosessindustrien. Det overordnede målet er å redusere utslippene fra transportsektoren samtidig som vi stimulerer til næringsutvikling og verdiskapning i norske bedrifter.

Milepæler i utviklingen av elbiler og hydrogenbiler

Kilde: IFE



Den første forbrenningsmotoren som bruker hydrogen



Den første praktiske elbil (EV)



Det første brenselcellekjøretøyet – en traktor



Den første bilen med brenselcelle (GM)



Den første prototypen av Think City



Den første masseproduserte hybridbilen – Toyota Prius



1807

1835

1959

1966

1991

1997

Samfunnsfaglig forskning >>

Hva skal til for at vi skal reise mer miljøvennlig? Og hva skal til for at Norges handel skal skje på klimaets premisser? Transportøkonomisk institutt (TØI) og CICERO Senter for klimaforskning med partnere forsker på disse spørsmålene i det store prosjektet TEMPO. Målet er å framskaffe informasjon om hvilke tiltak som virker og hvilke som ikke virker for å skape et mer miljøvennlig transportsystem.

Elbil >>

Miljøbil Grenland utvikler batteriteknologi og teknologi styring av det elektriske anlegget i elbiler for indiske Tata Motors, og samarbeider med inderne om deres nye elbil.

Think har vært gjennom opp- og nedturer i sin 20 år lange historie. Utviklingen av elektriske drivlinjer har vært en kjernevirksomhet i elbilutviklingen.

De viktigste RENERGI-aktørene



Hydrogen

De store forskningsaktørene har vært Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU), SINTEF, Institutt for energiteknikk (IFE) og Universitetet i Oslo (UiO) mens de store industriaktørene har vært Statoil, Statkraft, Hydro, Det Norske Veritas (DNV), Hydrogen Technologies, ZEG Power, Prototech og Protia.

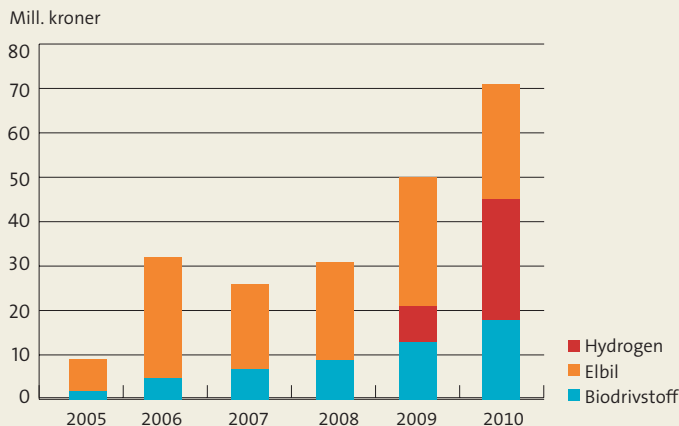
Biodrivstoff

Paper and Fibre Research Institute (PFI), Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU), SINTEF, Universitetet i Bergen (UiB) og Høgskolen i Bergen (HiB) har vært viktige forskningsaktører mens Norske Skog, Borregaard, Statoil, Weyland Bioethanol, LTL Nor, Memfoac, BioOil og Avinor er viktige industriaktører. Det har også Xynergo som nå er lagt ned vært.

Elbil

SINTEF, UiO og IFE er de viktigste forskningsaktørene mens Think, Miljøbil Grenland og Eltek Valere er de viktigste industriaktørene.

Fordeling av ressurser fra RENERGI til prosjekter innenfor hydrogen, biodrivstoff og elbil i perioden 2005-2010



Internasjonale aktiviteter >>

Norge har kommet på innsiden av flere internasjonale aktiviteter innenfor miljøvennlig transport. Hydrogenforskningen ga Norge innpass i The International Partnership for Hydrogen and Fuel Cells in the Economy (IPHE) der det stort sett er de store landene som deltar. Det gjelder også IEAs Hydrogen Implementing Agreement som har hatt god norsk deltakelse fra industri og forskningsmiljøene. To store EU-prosjekter under Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking blitt lagt til Oslo. Norge deltar også i det europeiske nettverket ERA-NET Electromobility som skal øke elektrisk transport i Europa. RENERGI og Transnova er norske kontaktpunkter.



Andreas Bratland, seniorrådgiver i Forskningsrådet og fagansvarlig for transport i RENERGI-programmet.



Ingen energiomlegging uten at samfunnet deltar

Hvordan påvirker salg av CO₂-kvoter prisene på energi i Norge? Hvordan reagerer folk på planer om et vindkraftprosjekt i nærområdet? Hvilke virkemidler for overgang til ny, fornybar energi gir resultater? Slike spørsmål skal samfunnsforskerne gi svar på.

Dagens ulike teknologier for fornybar energi har et teknisk potensial som vesentlig overgår verdens nåværende energibehov, skriver FNs klimapanel i en rapport. Fornybar energi er altså tilgjengelig. Utfordringen er å legge om til mer miljøvennlig energiproduksjon og -forbruk.

Teknologiske og naturvitenskapelige problemstillinger har lenge satt premissene for energi- og klimadebatten. Men en vellykket omlegging forutsetter at beslutningstakerne har nødvendig kunnskap om hvilke konsekvenser en overgang til fornybare energikilder har for samfunn, økonomi og husholdninger. Det vil også være nyttig for dem å vite hvordan befolkningen reagerer på de ulike virkemidlene som skal fremme en slik utvikling. Den samfunnsvitenskapelige forskningen rundt disse temaene fikk økt oppmerksomhet i Norge ved klimaforliket i 2008. Forskningsmiljøer med røtter over 20 år tilbake har fått en betydelig vekst i midlene fra Forskningsrådet gjennom RENERGI-programmet.

Høy relevans

Når nasjonal politikk for energisektoren skal utformes, bidrar samfunnsvitenskapelig forskning med viktige innspill. For eksempel har utvalget bak «Klimakur 2020 – tiltak og virkemidler for å nå norske klimamål mot 2020» i stor grad bygd på kompetanse i forskningsinstitusjoner. Statistisk sentralbyrås forskningsavdeling (SSB) var med i utvalget som lagde rapporten og bidro med makroøkonomiske modellberegninger. I Lavutslippsutvalgets utredning fra 2006 var MARKAL-modellen, utviklet av IFE, brukt som et verktøy til å analysere tiltak for å redusere det totale CO₂-utslippet i Norge. Modellen ble også brukt som grunnlagsmateriale for å beregne kraftproduksjonen.

Samfunnsøkonomisk kunnskap om ulike instrumenter for politikktutforming på energiområdet er representert i Energiutvalget, opprettet av regjeringen i mars 2011. Tidligere har energioøkonomisk kunnskap fra fagmiljøene dannet en viktig basis for utformingen av kraftmarkedsreformen som ble iverksatt i 1991.

Kunnskapsbasene i forskningsmiljøer som RENERGI har bidratt til å styrke, gjør også Norge bedre rustet til å delta aktivt i internasjonale fora der globale klima- og energiutfordringer står på agendaen. Både Cicero og Fridtjof Nansens Institutt (FNI) har levert innsikter til myndigheter og bedrifter i internasjonalt arbeid gjennom sine prosjektarbeider.



Foto: Colourbox

Sentrale trekk i utviklingen i samfunnet som forskningen relaterer seg til:



Foto: Shutterstock

Energiloven av 1990 iverksettes fra 01.01.91 i Norge



Foto: Wikipedia

Statnett Marked A/S, eid av Statnett, etableres som børsorgan for kraftomsetningen.



Foto: Colourbox

Finansiell handel i ukemarkedet starter opp i regi av Statnett Marked



Foto: www.nord-poolspot.com

Et felles norsk-svensk kraftmarked blir etablert. Statnett Marked erstattes av Nord Pool ASA, eid 50/50 av Statnett og Svenska Kraftnät



Foto: Colourbox

Nytt reguleringsregime for nettenhetene innføres av NVE. Ordningen med gebyr ved leverandørskifte oppheves



Foto: Colourbox

Sluttforbrukere kan bytte leverandør på ukebasis



1991

1992

1994

1996

1997

1998

Fra nasjonale til internasjonale markeder

Forskningen på distribusjon og omsetning av kraft har i lengre tid dreid seg om regionale og nasjonale spørsmål. I dag påvirkes energisystemet i økende grad av internasjonale avtaler og regelverk, og den påvirkningen blir ikke mindre i fremtiden.

Norske beslutningstakere må vite mer om konsekvenser for norsk økonomi og samfunn av å knytte seg til nye energimarkeder og implementere internasjonale energi- og klimaavtaler. Støtten fra RENERGI har bidratt til å øke kunnskapen på dette feltet, spesielt kunnskap om konsekvensene av EUs energi- og klimapolitikk. Studier av EUs politikk rettet mot liberalisering av energimarkedet, EUs kvotehandelsystem, energieffektivisering og ambisjoner om å øke bruken av fornybar energi har stått sentralt i dette. En sentral konklusjon er at man ser sterkere politisk vilje til energipolitisk

koordinering på EU-nivå og en økende mengde av saksområder der EU-nivået har fått mer makt i den videre politikkutviklingen. Forskningen bidrar med innsikt i hva som er det reelle handlingsrommet for norske myndigheter.

Energiøkonomi i verdensklasse

I løpet av de siste 20 årene er energiøkonomi utviklet til et stadig viktigere fag- og forskningsområde, som levererfaktagrunnlag og analyser for politikkutforming og næringslivets investeringer. Norge var et av de første landene som liberaliserte det nasjonale kraftmarkedet. Bak innføringen av energiloven i

1991 lå mye samfunnsøkonomisk forskning om avkastningen av norske vannkraftinvesteringer og analyser av effektiviteten i kraftforsyningen. Mange prosjekter har analysert hvordan energiloven har fungert og hvilke forbedringer som kan gjøres i markedsdesignet. Enkelte deler av den samfunnsvitenskapelige forskningen har argumentert for at styringen de siste ti årene i for stor grad har vært overlatt til markedsmekanismene fordi man mener det har vært for lave kapasitetsinvesteringer de siste årene både i produksjons- og nettvirksomheten.



Foto: Colourbox

Den nordiske markedsintegrasjonen fortsetter gjennom integrering av Finland og til dels Danmark i det nordiske kraftmarkedet



Foto: Colourbox

EUs eldirektiv kommer

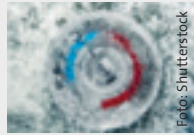


Foto: Shutterstock

Kraftmarkedet settes på prøve, spesielt som følge av liten vanntilgang i forhold til etterspørselen vinteren 2003. Politiske inngrep i markedet, drøftes i Norge, men blir ikke iverksatt



Foto: Colourbox

EUs Emissions Trading System starter opp per 01.01.05. Norge slutter seg til dette



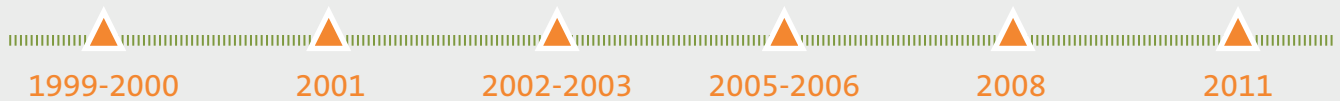
Foto: Colourbox

Klimaforliket



Foto: Colourbox

Tre FME Samfunn etableres. IPCC lanserer rapport om fornybar energi



Da Norge og Sverige etablerte et felles kraftmarked i 1996, fikk verden sitt første integrerte kraftmarked mellom to land, som senere ble utvidet til et nordisk kraftmarked der også Danmark og Finland ble inkludert. Etter år 2000 har det norske markedet utvidet seg og fått stadig flere forbindelser til Europa. De samfunnsvitenskapelige miljøene vil bidra til økt innsikt i hvordan markeder med forskjellig utgangspunkt skal kunne fungere sammen i et felles marked.

Hvordan planlegge både globalt og regionalt >>

I LinkS (Linking global and regional energy strategies) studeres den gjensidige forbindelsen mellom global og regional planlegging. Prosjektet skal gi internasjonale aktører en arena for å forutse mulig utvikling i energisektoren de neste 50 år.

Målet er å forstå bedre konsekvensene av ulike politiske verktøy og oppnå at befolkning og næringsliv engasjerer seg i fremtidig utvikling.



Usikkerhet og investering i fornybar energi >>

Frischsenteret for samfunnsøkonomisk forskning har laget en modell som viser hva usikkerhet betyr for satsingen på ulike former for fornybar energi i Europa. Modellen skal bidra til å vurdere hva som er de samfunnsøkonomisk mest lønnsomme investeringene under ulike scenarier til for eksempel vind-, vann- eller solenergi. Industriell økonomi ved NTNU ser på konsekvensen av usikkerhet rundt offentlige virkemidler på næringens investeringer i småkraft og vind i prosjektet PURELEC.



Mellom klima og komfort >>

Mange års forskning om energiforbruk og klimahensyn oppsummeres i «Mellom klima og komfort – utfordringer for en bærekraftig energiutvikling», en artikkelsamling utgitt av Institutt for tverrfaglige kulturstudier ved NTNU. SSB har benyttet adferdsanalyser basert på mikrodata til å undersøke husholdningenes energietterspørsel. CICERO har med støtte fra RENERGI bygd opp et miljø innenfor adferdsøkonomi der virkemidler for endring av energibruk står i fokus.

Energibruk – et usynlig gode

Samfunnet trenger kunnskap om sluttbrukernes holdninger til nødvendig energieffektivisering og til å ta i bruk teknologiske nyvinninger. Studier viser at energi oppfattes som et usynlig gode.

Energiforbruk er fremfor alt styrt av hvordan folk organiserer sin hverdag og tilfredsstillende sine behov for komfort, og i mindre grad av energiprisene eller hensyn til klima. Energikostnadene må bli mye høyere før vi endrer forbruksmønstre.

Forskning på husholdningenes energietterspørsel har hatt stor nytteverdi i virkemiddelanalyser og gir oss muligheten til å beregne forbruksendringer i husholdningene. Forskningen har også gitt bedre innsikt i hvordan adferd kan skape målkonflikter i energipolitikken, og hvordan husholdningenes tilpasning til ett gode påvirker politiske målsetninger er knyttet til andre goder.

Vel og bra – men ikke akkurat her

Manglende sosial aksept kan være en betydelig barriere for å nå mål innenfor fornybar energi, konkluderer en ekspertgruppe i IEA, der norske forskere har deltatt. For selv om de fleste gjerne gir sin støtte til fornybar teknologi på generelt grunnlag, ønsker de ikke automatisk at teknologien skal installeres akkurat i deres nærmiljø. Eksempelvis blir utbygging av overføringsnett flere steder møtt med sterk motstand fra lokalbefolkningen. Energi21s rapport

på Energisystem peker på behov for bedre metoder for å skape aksept for endringer som påvirker folks hverdag og lokalmiljø.

Akseptstudier er nødvendig blant annet for å få kunnskap om hvordan utbygging av vindparker på best mulig måte kan forankres i befolkningen. Energi21s nasjonale strategi innenfor Vindkraft peker på hvor viktig denne problemstillingen er. Konklusjonen i en pågående studie er at tidspunktet for offentliggjøring har betydning for sosial aksept, og at offentliggjøringen med fordel kan skje tidlig i planprosessen. Studier viser også at det å skape en vinn-vinn situasjon gjennom gode forhandlinger mellom utbyggere, lokalbefolkning og myndigheter er sentralt.



Foto: Calourbox



Virkemidler som virker?

Et tredje hovedområde i den samfunnsvitenskapelige forskningen på miljøvennlig energi handler om samfunnets utforming og bruk av ulike typer virkemidler.

Listen over mulige virkemidler er lang og omfatter skatter og avgifter, lover og forskrifter, støtteordninger til teknologiutvikling og energieffektivisering, prisreguleringer og kampanjer, for å nevne noen. Sertifikatorordningen som har vært diskutert frem og tilbake i ti år og som nå skal tre i kraft fra årsskiftet forventes å gi en betydelig økning i produksjonen av ny, fornybar kraft. Vindkraft er i dag ikke lønnsom og dermed avhengig av offentlig støtte. Studier viser at ikke bare ulønnsomme småkraftprosjekter, men også prosjekter som i dag regnes som lønnsomme, er blitt utsatt i påvente av hva sertifikatorordningen vil gi av ekstra insitamenter. Forskning argumenterer for at usikkerhet rundt iverksettelse av offentlige virkemidler kan ha en uønsket kostnad.

Kvotemarkedet, sertifikater og støtte til utvikling av fornybar

Beregninger av hvordan en kostnad på CO₂ utslipp ville påvirke elektrisitetsmarkedet, spesielt i Europa, ble igangsatt på begynnelsen av 2000-tallet. Foran oppstarten av EUs kvotemarked i 2005 (EU ETS) ble effekten av gratis karbonkvoter og kvoteprisens betydning for energiprisene viktige forskningstemaer. Resultatene av denne forskningen viser at ideelt sett burde utslippskostnader alene drive utviklingen. På den annen side sier forskningen at innenfor eksisterende politiske realiteter og eksisterende ufullkommenheter i markedet bør sertifikater og fornybarstøtte supplere kvotemarkedet som virkemiddel.

Utslippskutt uten vesentlig økte energipriser >>

Kvotemarked supplert med ulike støtteordninger for fornybar energi og energieffektivisering er de beste virkemidlene for å få ned utslippene slik markedet og politikken fungerer i dag, viser forskning i ICEPS (Impacts of climate change mitigation and energy policies on the electricity sector) ved SNF. Samtidig blir det et stort offentlig ansvar å også få til energieffektivisering og langsiktig teknologiutvikling på fornybar, noe som ellers ville kunne blitt stimulert av høyere energipriser.

EU-politikk og Norge >>

Det norsk-svenske prosjektet CANES ved FNI analyserer EUs sentrale politikkområder for energi, hvor kvotesystemet for klimagassutslipp utgjør en hjørnestein. Stor usikkerhet knytter seg til endringer i kvotesystemet fra 2012, om disse vil stimulere ny teknologi og lykkes i å få ned utslippene. Kvotesystemet påvirker i stor grad rammebetingelsene for industrien. Forskning på elsertifikater inngår også i CANES.

Gode overgangsstrategier – hvilke passer for Norge?

Forskningsmiljøene skal være med og designe og implementere gode overgangsstrategier som tar opp i seg kompleksiteten i de politiske målene og de miljømessige utfordringene verden står ovenfor.

Vi har mange hjemlige og lokale utfordringer. En av dem er hvordan skape bedre og bredere aksept for utvikling av nødvendig energi-infrastruktur. Samtidig ser vi at Europa i økende grad legger premisser for norsk energi og klimapolitikk gjennom forpliktende mål om andel fornybar energi og reduksjon av klimagassutslipp. Som Energi21s strategi påpeker må vi må greie å ha fokus både på det lokale og det internasjonale i forskningen.

Det er en utfordring å stimulere til forskning på fremtidige løsninger innenfor rammer, politikk og marked på energifeltet, når vi samtidig har behov for å forstå dagens praksis og behov bedre. Det er viktig å formulere lang-siktige forskningsutfordringer hvor man ikke lar kortsiktige og til enhver tid gjeldende politikk og forvaltningspraksis legge for sterke premisser. På samme tid ønsker vi at forskningen skal være relevant for beslutningstakere hos myndigheter og næringsliv slik at den stimulerer til nytenkning og innovasjon. Kompetanse i forskningsmiljøer som RENERGI har bidratt til å bygge opp, styrker Norges deltagelse i internasjonalt energi- og klimasamarbeid. Samfunnsvitenskapelig forskning leverer analyser, perspektiver og

modeller når norske delegater deltar på internasjonale konferanser knyttet til Kyotoavtalen, i ulike EU-fora, i FNs klimapanel, og i IEAs arbeid med fornybar energi.

Norge er med på å utforme EUs SET-plan (European Strategic Energy Technology Plan), som handler om å finne ut hvordan Europa skal forsere teknologiutviklingen for å nå 20–20–20-målene. Vi ønsker at de samfunnsvitenskapelige miljøene skal jobbe sammen med teknologene i å nå de politiske ambisjonene. RENERGI har utlyst støtte til strategisk arbeid knytt til SET for å fremme norske prioriteringer og forskningsagendae i dette samarbeidet. Vi ønsker at også de samfunnsvitenskapelige miljøene skal bli mer synlige i arbeidet i SET-planen og innenfor EUs FP Energy.



Grete Håkonsen Coldevin seniorrådgiver i Forskningsrådet ansvarlig for den samfunnsvitenskapelige porteføljen i RENERGI-programmet og fagansvarlig for FME Samfunn.

Partnere >>

I forvaltningen: NVE, Klif og Enova.

I næringslivet: Agder Energi, SAE vind, Hydro, Nord-Trøndelag Energiverk, BKK Hafslund, Statkraft, Statnett og ECON Pöyry og Energi Norge.

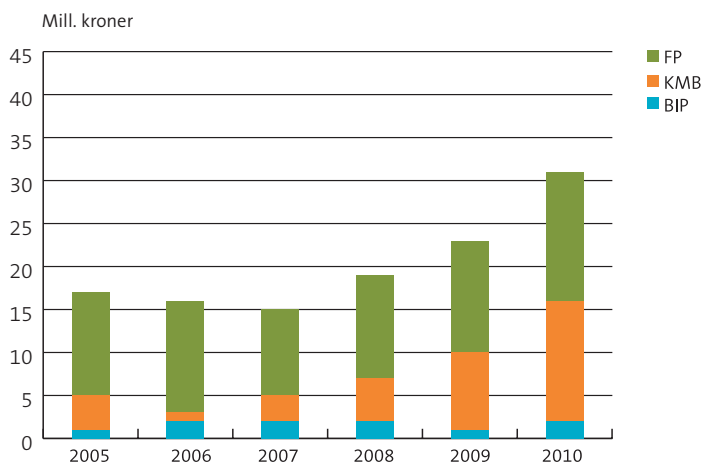
Knoppskyting: Point Carbon, Viz Consulting og ECON

Forskningsaktørene

FME Samfunn >>

Parallelt med utviklingen av nye teknologiske løsninger for fornybar energi har samfunnsvitenskapelig forskning de siste årene fått en bredere plass i RENERGI. Denne satsingen har bidratt til å bygge opp vitenskapelig kvalitet som har gjort det mulig å etablere tre forsknings-sentre for miljøvennlig energi (FME) innenfor samfunnsfagene i 2011: FME CenSES, FME CREE og FME CICEP.

Fordeling av ressurser fra RENERGI til prosjekter innenfor energibruk, -marked og rammebetingelser i perioden 2005-2010



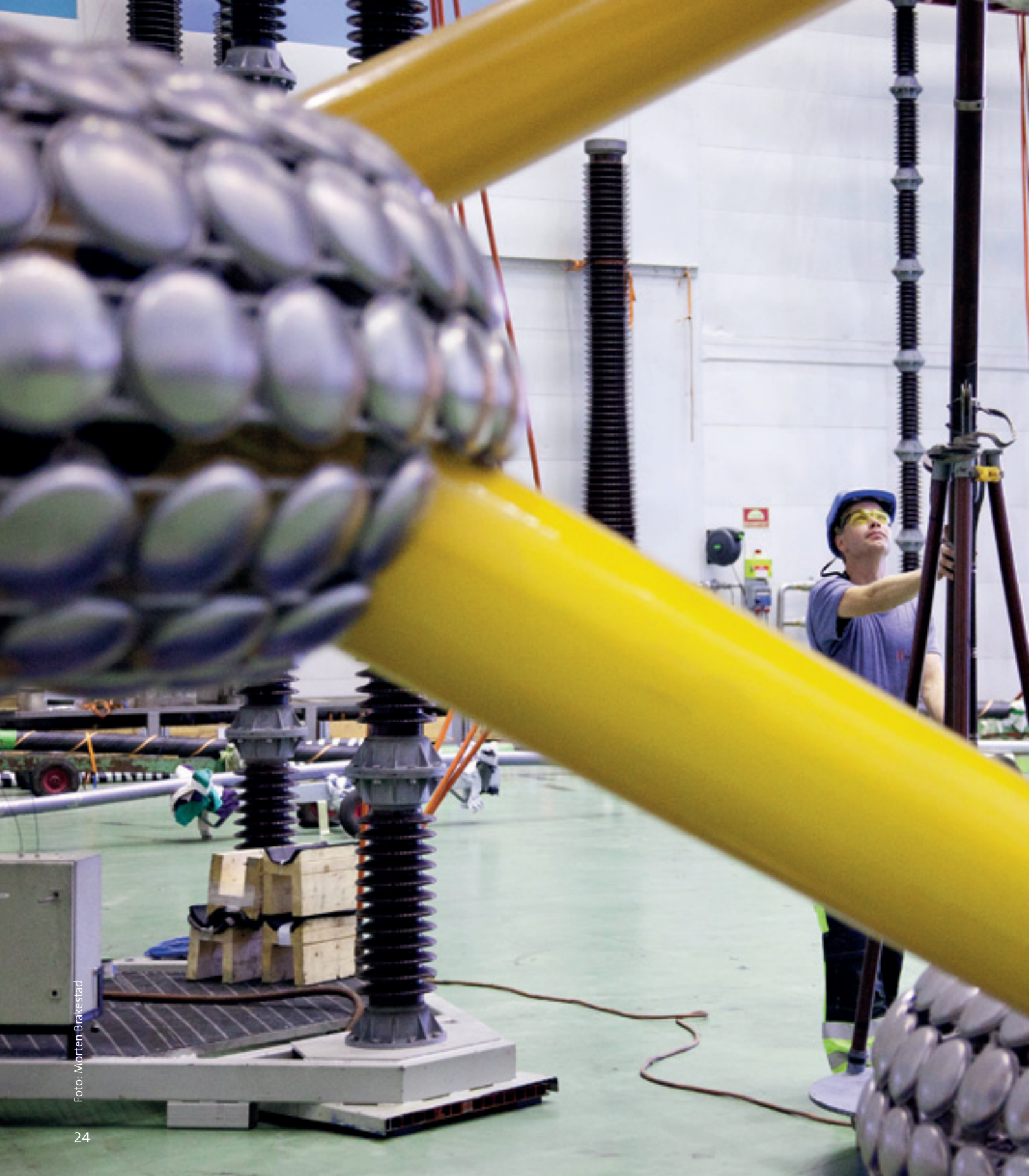
De tre FME Samfunn-sentrene er ikke tatt med her.

De store:

NTNU Institutt for tverrfaglige kulturstudier, Forskningsavdelingen i Statistisk Sentralbyrå (SSB), Frischsenteret, Fridtjof Nansens Institutt (FNI), CICERO Senter for klimaforskning, NTNU Institutt for industriell økonomi og NTNU Institutt for Tverrfaglige kulturstudier.

Andre sentrale:

Institutt for Energiteknikk (IFE), SINTEF Energiforskning, Universitetet for miljø og biovitenskap (UMB), Samfunns- og næringslivsforskning (SNF) i Bergen, Universitetet i Oslo ved Senter for teknologi, innovasjon og kultur (TI K) og NTNU Institutt for industriell økologi.



Forskningsstøtte øker risikoviljen i bedriftene

En av Forskningsrådets viktigste oppgaver er å utløse forskning i næringslivet som ellers ikke ville blitt utført. Samfunnet får gevinsten i form av økt verdiskaping i bedriftene og økt norsk kompetanse.

Da RENERGI ble etablert i 2004, var samarbeid med næringslivet høyt prioritert. Programmet la opp en strategi som både sikret støtte til gode prosjekter i industrien, og til oppbyggingen av sterke kompetansemiljøer som kunne bistå industrien. Resultatet har blitt en rekke nye produkter og tjenester i etablerte bedrifter og en knoppskyting i nye bedrifter der energiteknologi er fellesnevneren.

Ikke gjort over natten

Strategien ble lagt ut fra kunnskapen om at sterke næringer ikke vokser frem over natten. De bygges opp over mange år og utvikler på veien et mangfold av bedrifter, krevende kunder og gode kunnskapsmiljøer.

Norsk forskning og utvikling innen solenergi, som er nært knyttet opp til produksjon av silisiumbaserte solceller, er et eksempel. At norske bedrifter ligger langt framme på dette feltet, er et resultat av mange års satsing på kunnskap og teknologi knyttet til ulike materialer – som produksjon og bearbeiding av silisium.

RENERGIs strategi har vært å forvalte og utvikle kunnskapsområder som bidrar til fremveksten av en sterk næring. Sentrale forskningsaktører er SINTEF, NTNU, UiO, UIB og IFE.



Foto: Morten Brakestad

Plass til store og små

I RENERGI er både store og små bedrifter aktive deltakere. Noen eksempler på store virksomheter er ABB, Hydro, Statoil, Statkraft, Statnett og Nexans. Blant litt mindre er Sweco, Chapdrive, Prototec, Energos, Powel og SmartMotor. Et felles trekk for etablerte bedrifter er at FoU-prosjektene har nær tilknytning til utfordringer i selskapenes produksjon, teknologi, produkter eller tjenester. Målet er å forbedre verdiskapingen, noen ganger nokså umiddelbart, andre ganger på sikt. Samtidig skaper forskning og utvikling ved universiteter, høyskoler eller forskningsinstitutter nye bedrifter når resultatene kommersialiseres.

Nexans Norway AS som er en verdensleverandør av sjøkabler, har i mange tiår satt forskning og utvikling høyt på agendaen med støtte fra Forskningsrådet, og dermed sikret at Norge har fått teknologiansvar for det multi-nasjonale konsernet på sjøkabler.

For Energos som leverer anlegg for å utnytte avfall til energiproduksjon, har Forskningsrådet spilt en nøkkelrolle i utviklingen av forbrenningsteknologien. Forskningsrådet delfinansierte både forsknings- og pilotprosjektet, samt et demonstrasjonsanlegg på Ranheim.

Powel AS utvikler og selger programvare til energiselskaper, er et godt eksempel på hvordan knoppskyting fra et forskningsmiljø blir en levedyktig kommersiell virksomhet. Flere prosjekter med støtte fra Forskningsrådet har bidratt til dagens programvare.

En annen variant er Prototech som er datterselskap av Christian Michelsen Research. Selskapet tester og utvikler brenselcelleteknologi for transportsektoren. Forskningsrådet har i mange år støttet selskapets FoU-prosjekter som er gjennomført i samarbeid med Institutt for energiteknikk, Universitetet i Bergen, NTNU og SINTEF.

Mer internasjonalt

Bedriftene viser økende interesse for internasjonalt FoU-samarbeid, særlig gjennom EU-programmene, men også Nordisk energiforskning og ERA-net. En av tre energisøknader med norsk deltagelse får støtte i EUs syvende rammeprogram.



Foto: Sverre Chr. Ja. Iild

Hans Otto Haaland, spesialrådgiver i Forskningsrådet og programkoordinator for RENERGI-programmet.

Den norske suksessraten på dette feltet ligger langt over EUs gjennomsnitt som er en av fem søknader.

Norske forskningsmiljøer med SINTEF i spissen har bidratt til å få større gjennomslag internasjonalt. Spesielt SINTEF har hatt en bevisst strategi om å jobbe internasjonalt, og har sikret seg mange EU-prosjekter. Denne kompetansen kommer i også næringslivet til gode.

God uttelling

Fire av fem kroner av RENERGIs midler har gått til prosjekter forankret i næringslivets behov. I alt har RENERGI støttet cirka 250 slike prosjekter med til sammen om lag 650 millioner kroner. Bedriftene bidrar med minst like mye selv.

Undersøkelser som Møreforskning har gjort på norsk næringsliv, viser at forskningsprosjektene i næringslivet både gir god avkastning i bedriftene selv, fører til etablering av nye virksomheter og bygger ny kunnskap. Analysen viser at for hver krone bedriftene investerer i FoU, får de to kroner tilbake i økt fortjeneste av tjenester og produkter.

De påfølgende eksemplene viser at stabile rammebetingelser for forskning og risikovilje er et fundament for den næringsrettede forskningen. Flere eksempler finnes på www.forskningsradet.no/renergi

Ny æra med norske turbiner

Rainpower har gjenetablert norskeid turbinproduksjon. Nå satses det på nye høy- og lavtrykksturbiner, pumpe-turbiner og småkraftverk for et stort verdensmarked.

Rainpower har sine røtter fra Kværner, der de første leveransene av vannkraft-turbiner begynte for over 100 år siden. Som norskeid igjen fra 2007, omfatter virksomheten nå både turbiner, vannveitrustning, generatorer og kontroll- og reguleringsutstyr til vannkraftverk.

Konsernet har i dag cirka 310 ansatte i Norge, Sverige, Sveits, Tyrkia, Peru og Kina.

Forskningsrådet har finansiert forskning på turbinteknologi gjennom mange år.

Fra 2008 har RENERGI støttet Rainpowers utvikling av tre nye turbinmodeller, også for bruk i småkraftanlegg. Rainpower er Norges største leverandør av utstyr for småkraftverk.

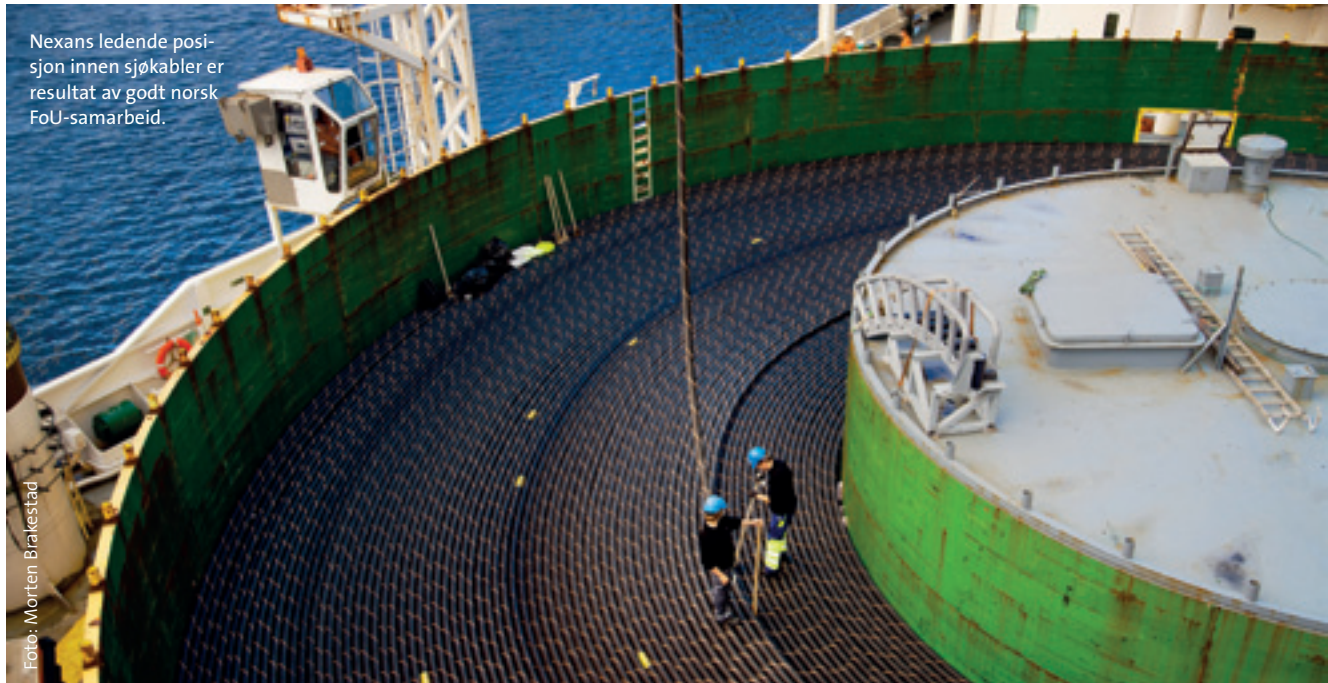
FoU-satsingen har resultert i ny turbin-teknologi som dekker alle fallhøyde-områder for Francis-turbiner, Pelton-turbiner og pumpe-turbiner. Videre er Rainpower involvert i et utviklingsprosjekt for bølgekraft der selskapets kompetanse fra vannkraft er et viktig bidrag.



Foto: Rainpower

Modell av turbinhjul med en hydraulisk design.

Sjøkabler for sikker energioverføring



Godt norsk forsknings- og utviklingssamarbeid helt siden 1970-årene har gitt Nexans Norway en ledende internasjonal posisjon innen høyspente sjøkabelsystemer.

Høyspentkabler isolert med polymere materialer (PEX) ble tatt tidlig i bruk i Norge, i jordkabler fra 1969 og i sjøkabler fra tidlig i 1970-årene. Elkraft-, sjøfarts- og forskningsmiljøene så behovet og mulighetene, og satset villig sammen med daværende STK, senere Alcatel og Nexans Norway. Det har etablert Norge som et foregangsland på området.

Nexans Norway har globalt levert over 1500 sjøkabler, som transporterer kraft til øyer, over fjorder og havstrekninger. Nexans har i dag 1200 ansatte fordelt på fem produksjonssteder i Norge. Disse gir også betydelige oppdrag til lokal

leverandørindustri innen maskin- og elkraftteknikk.

Kablene er utviklet for stadig større kapasitet, lengre avstander, større dyp, og nye behov og bruksområder. Noe av nysatsingen nå er kabler for vindkraftparker til havs.

Forskningsrådet har støttet utviklingen fra tidlig i 1970-årene, de siste tjue årene gjennom forskningsprogrammene EFFEN, EFFEKT og RENERGI.

– Forskingen har vært konsentrert om grunnleggende isolasjonsteknikk, materialkombinasjoner, grensesjikt,

renhet, materialhåndtering og prosesser for utvikling av kostnadseffektive og pålitelige sjøkabler, sier teknisk spesialrådgiver Kjell Bjørløw-Larsen i Nexans Norway, som har ledet mange av FoU-prosjektene.

– Samarbeidet vi har hatt med Forskningsrådet og partnere som SINTEF, Statnett, Statoil, DNV samt offshore- og verftsindustri har vært helt avgjørende for de resultatene vi har oppnådd, konstaterer han.

Smartere løsninger for ny fornybar energi

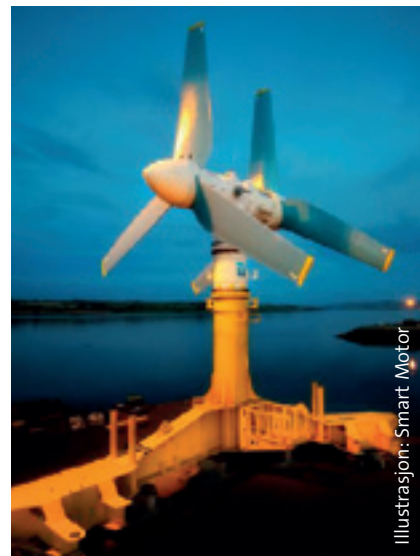
SmartMotor har utviklet maskiner og generatorer som er rimeligere, lettere, mer effektive og robuste, og enklere å vedlikeholde. De kommer til nytte i fornybar energi, olje-, gass- og maritim virksomhet.

Ideene ble til på NTNU i Trondheim, og er i dag en virksomhet med 37 ansatte.

SmartMotor har siden 1996 tatt patent på flere typer permanentmagnet-maskiner med integrerte girløse systemer og tilhørende styringssystemer og kraftelektronikk. Det har skjedd i samarbeid med SINTEF, NTNU, og en rekke bedrifter innen energi- og offshore, med støtte fra Forskningsrådet.

Innen fornybar energi skal SmartMotor levere et girløst og direkte generatorsystem til Sways 10-megawatts vindturbin, en av verdens største. SmartMotor har også utviklet et komplett elektrosystem for tidevannskraft, for bl.a. verdens største tidevannsturbin på 1,1 MW i Skottland.

I et pågående forskningsprosjekt utvikler nye generator- og nettløsninger for vannkraftverk, med støtte fra RENERGI.



Miljøvennlig forbrenning der avfall blir til energi

SINTEF, Forskningsrådet og avfallsaktører var sentrale i 90-årenes innsats for bedre avfallsforbrenning. Det la grunnlaget for miljøvennlige løsninger som gjør avfall til energi.

Energos' totrinn forbrenningsprosess med gassifisering gjorde det mulig å tilfredsstillte strenge utslippsgrenser, få kontroll på både karbonmonoksid og nitrogenoksider, og oppnå lønnsom energiproduksjon, også ved mindre anlegg for nærmere 40 000 tonn avfall per år.

Teknologien ble skapt av Helge Rosvold på et testanlegg ved SINTEF, og offentlig støtte var avgjørende for videre utvikling og etablering.

RENERGI har i de senere årene bidratt til utvikling av bedre modellverktøy for optimal avfallsblanding, forbrenning og energiutnyttelse.



Det er nå åtte Energus-anlegg i drift i Norge, Tyskland og Storbritannia. Disse håndterer i alt cirka 350 000 tonn avfall og leverer varmeenergi tilsvarende 900 GWh per år. Energus er fra 2004 en del av det britiske konsernet Ener-G.

Drivstoff og brenselcelle for miljøvennlig transport



Weyland Bioethanol og Prototech utvikler nye lovende løsninger innen drivstoff og brenselcelle – med blant annet mer miljøvennlig samferdsel som mål.

I disse to bedriftene pågår det flere prosjekter – med støtte fra RENERGI – som forventes å bringe nye miljøvennlige løsninger og produkter på markedet i årene fremover.

Weyland Bioethanol utvikler teknologi for å produsere biodrivstoff fra cellulose med bruk av mineralsk syre. I stedet for matvarer som basis, kan dette være fra biprodukter som ris- og hvete-halm, maisstammer, sagflis og rivnings-trevirke. Prosessen gjør det mulig å bruke så å si all syre om igjen, en betydelig besparelse og miljøfordel.

Prototechs brenselcelleløsninger omfatter både kompakt lavtemperatur-teknologi med ren hydrogen som brensel, og høytemperatur-brenselceller som er svært fleksible med hensyn til brenselet, og som kan drive kraftverk, større fartøyer og forsyne storindustri. Bioethanol fra cellulose, som omdannes til hydrogen, inngår som drivstoff-utprøving. Et annet av målene er gasskraftverk med nullutslipp der brenselleteknologi i kombinasjon med reaktorteknologi bidrar til CO₂-fangst.

Prototech har også hatt vellykkede forsøk med hytan, naturgass anrikt med hydrogen, som drivstoff på en buss i Bergen.



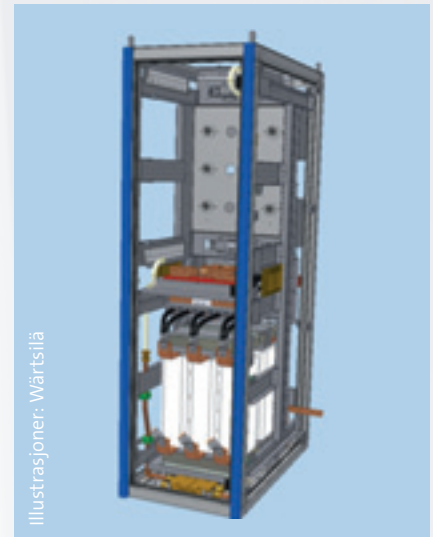
Omformere for nye områder og behov

Nye fornybarsatsinger som offshore vindkraft og bruk av permanentmagnetmotorer, stiller nye krav til frekvensomformerne.

Wärtsilä Norway, tidligere Aker Elektro, utvikler spenningsstyrte frekvensomformere, og har samarbeid med blant andre SINTEF, Energi Norge og Smart-Motor.

Forskningsrådet har blant annet støttet et prosjekt med utvikling av fullskala omformersystem for vindmøllegeneratorer på fem megawatt, tilpasset permanentmagnetiserte synkronmaskiner.

Wärtsilä har over ett tusen ansatte i Norge og produserer spenningsstyrte frekvensomformere for flere markedssegmenter, som olje- og gasssektoren og skipsfart.



Aktive bedrifter >>

Disse har hatt flere prosjekter i RENERGI:

ABB AS, Power Technology
Det Norske Veritas AS
Elkem Solar AS – Kristiansand
Energigården - Senter for bioenergi AS
GexCon AS
KanEnergi AS
Nexans Norway AS, Avd. Halden
Nortroll AS
Pöyry Management Consulting
SWAY AS
Weyland AS

Chapdrive AS
DOBLE TRANSINOR AS
Energi Norge AS
GE Wind Energy (Norway
Hydro Aluminium AS - Oslo
Nexans Norway A/S
Norsk Hydro ASA - Oslo
Prototech A/S
Statoil ASA
Sweco Norge AS



Sporene videre

Historien som vi forteller biter av i denne publikasjonen, viser med all tydelighet at vi må være langsiktige, og trekke inn industri og andre aktører på en forpliktende måte i forskningen på bærekraftige energiløsninger. Da får vi resultater.

En god anvendelse av offentlige forskningspenger gir seg ikke selv. Den krever god koordinering og et sterkt analyseapparat som kjenner den nasjonale og internasjonale utviklingen. Myndighetene trenger gode analyser av tre viktige faktorer – volum, valg av virkemidler og prioritering av temaområder.

Økt volum utløser nyskapende forskning og innovasjon

Erfaringene som vi har trukket frem i dette dokumentet, viser at økte midler utløser nyskapende forskning og innovasjon. Vi finner en lang rekke konkrete, målbare resultater når det gjelder teknologi, kompetanse og verdiskaping. Samtidig viser faglige vurderinger at tempoet i forskning og utvikling er for lavt i forhold til de overordnede energi- og klimamålene både i Norge og internasjonalt. Det skjer en rask teknologisk utvikling på energiområdet, og hele kraftsystemet er i endring og krever nye løsninger. Forbruket øker stadig, energieffektivisering til tross, og den nye energien må produseres effektivt og miljøvennlig.

Økt forskningsvolum betyr ikke utelukkende økte offentlige bevilgninger. Energifeltet åpner store markedsmuligheter, og næringslivet har derfor en kommersiell egeninteresse av å øke sitt FoU-engasjement betraktelig. Det er nødvendig med holdningsendringer og ikke minst en langsiktig

eierstyring som fremmer forskning og utvikling, for å få til dette.

De overordnede energi- og klimamålene er viktige, men det er også nødvendig med et støtte- og insentivregime i energisektoren som fremmer innovasjon og implementering av ny og umoden teknologi.

Gode virkemidler i stadig utvikling

Virkemidlene Forskningsrådet anvender i RENERGI-programmet er godt tilpasset behovene innen feltet og prosjektenes egenart. Det viser både formelle evalueringer og andre tilbakemeldinger så lang i programmet virketid.

Energiforskning krever sterke fagmiljøer, og de kan bare bygges opp over lang tid. Kontinuitet er dermed et sentralt moment. En slik langsiktig satsing gjorde det mulig å etablere Forskningscentre for miljøvennlig energi (FME), der det er oppnådd en kritisk masse på flere sentrale forskningsfelt.

For at gode prosjekter skal kunne følges opp gjennom innovasjonsskjeden mellom virkemiddelaktørene er det et behov for samordning av Forskningsrådet, Enova og Innovasjon Norge har allerede iverksatt konkrete tiltak, blant annet koordinering av utlysninger og informasjon til brukerne.

Fremtidens energisystem er mangfoldig. Det krever dybde og bredde i kompetansen som skal vurdere nye og igangværende prosjekter. Den beste måten å sikre at gode prosjekter tas vare på gjennom hele sin utvikling, vil være å styrke kvalitetsvurderingene i en tidlig fase. På den måten kan vi tidlig satse på de potensielt beste ideene.

Faglig forsvarlig tematisk prioritering

RENERGI-programmet har tatt utgangspunkt i overordnede mål om forsyningsikkerhet og om miljømessig, økonomisk og rasjonell utvikling av energiressursene. I tillegg har nasjonale fortrinn, potensial for verdiskaping og

en analyse av hva som skjer i andre land, vært de viktigste kriteriene for den tematiske innretningen av arbeidet i programmet.

Den faglige prioriteringen av forskningsinnsats foretar Forskningsrådet i et kontinuerlig samspill med interesserte parter, basert på gjennomtenkt metodikk som sikrer at kvalitet kommer først og sist.

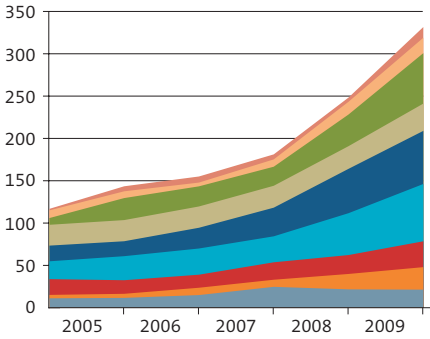
Hver gang myndighetene skal gjøre konkrete veivalg i forsknings- og energipolitikken, kommer sterke partsinteresser på banen, og motsetningene skjerpes. Debatten og innspillene er viktige. Men en faglig forsvarlig tematisk prioritering av forskningsinnsatsen på energiområdet må baseres på langsiktig og helhetlig tenking. Det oppnås best gjennom et langsiktig forskningsprogram som drives av et miljø med høy faglig kompetanse til å analysere og foreslå prioritering av offentlige forskningsmidler.



Elizabeth Bauman Ofstad, Styreleder RENERGI

Årlige bevilgninger og fordeling på forskningstemaer i RENERGI i perioden 2005–2010

Mill. kroner

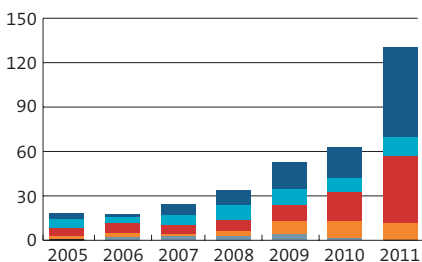


- Internasjonalt samarbeid/posisjonering
- Klimavennlig oppvarming/kjøling
- Miljøvennlig transport
- Andre energibærere
- Fornybar kraft (sol, vind, hav, vannkraft)
- Energisystemer
- Energimarked/politikk
- Energieffektivisering (bygg og industri)
- Adm/annet

Økt innsats på Fornybar kraft

(tallene for 2011 er inkludert overførte midler fra 2010).

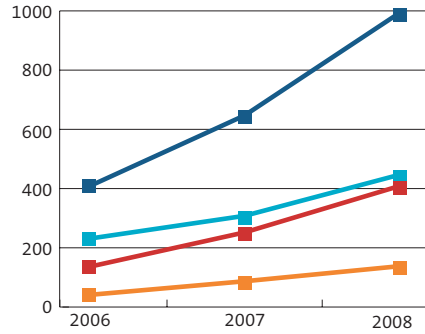
Mill. kroner



- Fornybar vindkraft
- Fornybar vannkraft
- Fornybar sol
- Fornybar hav
- Fornybar annet

Økende antall deltakere i konsortiene i de ulike prosjektypene i RENERGI

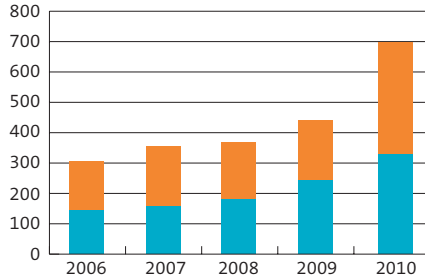
Antall konsortiedeltagere



- EUs rammeprogram (FP)
- Kompetanseprosjekt med brukermedvirkning (KMB)
- Brukerstyrt innovasjonsarena (BIP)
- Totalt

Støtten fra RENERGI-programmet utløser støtte fra andre kilder, mye kommer fra næringslivet

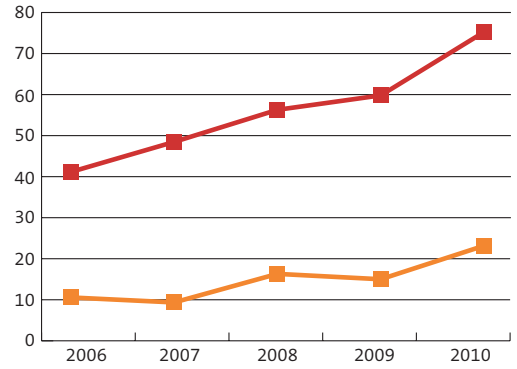
Mill. kroner



- Eksterne midler
- Forskningsrådet

Rekrutteringsårsverk, økende antall doktorgrader og postdoktorgrader

Antall

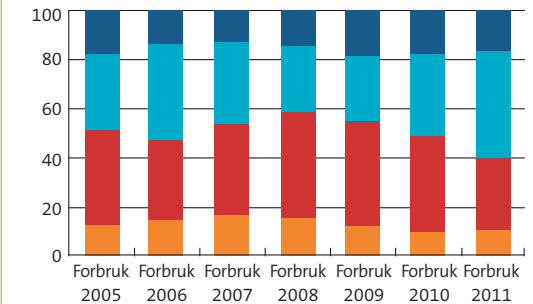


- Postdoktorgrader
- Doktorgrader

Tildelinger fordelt på sektor

(prosjektansvarlig)

Prosent



- Universiteter
- Næringsliv
- Institutter
- Diverse

Universitetene søker ofte forskerprosjekter. Forskningsinstituttene er dominerende på kompetanseprosjekter, mens bedriftene er prosjektansvarlig for innovasjonsprosjekter.



Foto: Colourbox

Om publikasjonen

RENERGI-programmet avsluttes i 2013 og denne publikasjonen tar for seg noen utviklingstrekk og resultater fra forskningen.

Publikasjonen har fokus på tre av temaområdene som dekkes av programplanen henholdsvis Energisystem, Miljøvennlig transport og Energipolitikk og - marked. I tillegg gir heftet innsikt i verdiskaping for bedriftene som har deltatt i forskningen.

Publikasjonen er et ledd i en helhetlig plan for dokumentasjon og spredning av resultater.

Et temahefte fra
Norges forskningsråd | september 2011

Ansvarlig utgiver:
Norges forskningsråd
Stensberggata 26
Postboks 2700 St. Hanshaugen
NO-0131 Oslo

Telefon: +47 22 03 70 00
Telefaks: +47 22 03 70 01
post@forskningsradet.no
www.forskningsradet.no

Opplag: 1000
Innholdsproduksjon: Teknomedia AS
Design/layout: Agendum AS
Trykk: 07 Gruppen

Redaktør: Grete Håkonsen Coldevin,
Fotoredaktør: Mari Susanne Solerød
Redaksjon: Grete Håkonsen Coldevin,
Claude R. Olsen, Hans Otto Haaland,
Sigurd Aarvig, Stein Morch,
Mari Susanne Solerød
Forsidefoto: Morten Brakestad
Kontakt: mso@forskningsradet.no
ISBN TRYKK 978-82-12-02957-6
ISBN PDF 978-82-12-02958-3
ISSN 1891-8980