

Foresight rapport Solceller

Stort program
Fremtidens rene energisystem - RENERGI

Store programmer

Forskningsrådets
satsing på nasjonalt
prioriterte områder

Foresight 2007

Solceller

En rapport fra prosjektet Foresight 2007
i regi av RENERGI-programmet i Forskningsrådet.

-

En av tre delrapporter

Forord

Forskningen skal være nyttig i en fremtid vi ikke kan vite noe sikkert om. Noe av det viktigste Forskningsrådet gjør, er derfor å behandle fremtiden seriøst og systematisk. Foresight er et av flere metodiske virkemiddel som gjør dette mulig. Forskningsrådet gjorde dette for første gang på energifeltet i 2005, og foresightprosessen *Energi 2020+* var etter vår vurdering en givende prosess i den forstand at den gjennom en bred og kreativ prosess gav et godt fundament for de langsiktige vurderingene av våre forskningstemaer.

Prosessen i 2005 omfattet hele det mangfoldige energifeltet. Den runden vi nå har gått i 2007 er mer fokusert og gjort ut i fra et behov for å vurdere de langsiktige utviklingstrekkene på noen prioriterte forskningsområder:

1. Biodrivstoff
2. Bioenergi
3. Offshore vindkraft
4. Solelektrisk

Prosessene har vært krevende, men av mindre omfang og har inkludert færre folk enn sist. Den har blant annet innbefattet beskrivelser av *nåtilstand og idealiserte fremtidsbilder*. Denne beskrivelsen av en tilstand i fremtiden hvor vi har lyktes og hvor visjonene er blitt virkelighet, har så vært utgangspunkt for å svare på: Hva skjedde? Hva var de sentrale gjennombruddene? Hva var norske aktørers rolle? Hvilke beslutninger gjorde vi og når, for at dette skulle skje?

Konklusjonene står foresightgruppene selv ansvarlig for. Studiene vil gå inn som viktig underlagsmateriale i Forskningsrådets budsjettarbeid og programstyrenes strategi- og prioriteringsarbeid. De vil også brukes som sentrale innspill i *Energi21*-prosessen som er initiert av OED og som skal konkludere i februar 2008.

Forskningsrådet vil takke bedrifter, organisasjoner og enkeltpersoner som har bidratt med ressurser og kunnskap.

Oslo, september 2007

Anne Kjersti Fahlvik
Divisjonsdirektør
Norges Forskningsråd

Innhold

FORORD	2
SAMMENDRAG – ANBEFALINGER	4
1 INTRODUKSJON – OG KORT OM FORESIGHT OG SOLENERGI	5
1.1 Om foresight	5
1.2 Om solenergi.....	6
2 SOLENERGI I DAG – ALLEREDE ET NORSK EVENTYR, OG STARTEN PÅ ET ENDA STØRRE	7
3 KORT ”ESSAY” OM HVORDAN SOLENERGIEN ER EN DEL AV LIVENE VÅRE I 2027	8
4 HVORDAN KOM VI DIT – EN STOPP PÅ VEGEN OM BARE 10 ÅR	10
4.1 Teknologi	10
4.2 Markedet generelt.....	13
4.3 Den norske bransjen 2017 - toneangivende energiselskaper	14
4.4 Teknologileverandører	15
4.5 Underleverandørindustri.....	16
4.6 Solceller og energibalansen i Norge	17
5 KONKLUSJONER:	18
5.1 Hvilke grep var det som ble gjort som var avgjørende	18
6 ANBEFALINGER	19
DELTAGERE I UTARBEIDELSEN AV RAPPORTEN	20
REFERANSER	21

Sammendrag – anbefalinger

Det er nå et tidsvindu hvor norske aktører innen solenergi har en sterk posisjon og hvor det er et godt grunnlag for å se fremvekst av et norsk solenergicluster – vi ser det allerede. Norske forskningsmiljøer har ambisjoner om å betjene denne industrien, og industrien ser også en klar nytte av å ha et sterkt norsk kompetansemiljø.

"Demand will significantly exceed supply through the end of the decade that prices are likely to remain high and that margins are likely to continue expanding for at least 3 more years."

- **Michael Rogol**, *Solar Annual 2006: "The Gun Has Gone Off"*

Det er hevet over tvil at markedet for solceller vil vokse kraftig, og med de volumene dette er i ferd med å få vil produktiviteten øke og produksjonskostnadene falle. En ser allerede at selskapene har oppnådd betydelige kostnadsreduksjoner, noe som innebærer høy inntjening nå, men vel så viktig – de vil være vel forberedte når subsidieordningene etter hvert reduseres i de ulike markedene. Med en produksjonskostnad som innebærer at ny solkraft faktisk blir konkurransedyktig med kraftprisene i marked etter marked (eller "grid paritet" som det kalles) innebærer dette at markedet i realiteten blir ubegrenset – i volum. Med det sjeldent gode utgangspunktet norske aktører har på dette området nå bør norske myndigheter være like visjonære som man var da oljeeventyret startet. Solenergi vil være et bærekraftig, robust og svært langsiktig industrielt bein å stå på når petroleumsvirksomheten avtar. En har nå en situasjon der enkelte av de norske aktørene i solenergibransjen kan spille rollen som lokomotiv, slik Statoil, Hydro og Saga har gjort i Nordsjøen.

- Det anbefales at man igangsetter en samlet innsats fokusert mot solenergi for å bygge opp den kompetanseplattform som skal være kjernen i Norsk Solenergi i årene som kommer – og derigjennom støtte opp om de industrielle aktørene.
- Det er ikke et valg mellom kompetansebygging, grunnforskning, anvendt forskning, innovasjon og næringsutvikling. Det må tilrettelegges og støttes opp langs hele kjeden. Innsatsen bør derfor ha flere komponenter og innretninger:
 - En tyngre finansiell satsing på de forskningsmiljøene som har forutsetninger og ambisjoner. Kritisk masse er avgjørende for å lykkes og for å være i stand til å delta i det integrerte samarbeidet som skal bidra til bedre løsninger for den eksisterende industrien og utvikle nye løsninger for ny næring. Det er godt klima og historie for å samarbeide mellom institusjoner og industri. Dette er viktig for innovasjon.
 - Forskningsmiljøenes suksess med å få frem nye løsninger vil være avhengig av at de har tilgang på like godt utstyr som konkurrentene – og helst litt bedre.
 - Myndighetene bør gjennom sin finansiering av forskning søke å tilrettelegge for en nasjonal samarbeidsstruktur som dyrker frem komplementaritet slik at spesialisering og spisskompetanse legges til grunn for en arbeidsdeling på feltet. Dette forutsetter imidlertid langsiktighet og forutsigbarhet i bevilgningsmodellen som implementeres.
 - Å tiltrekke tunge professorer og profilerte forskere vil være et viktig virkemiddel. En "Chair-modell", slik man ser det i USA kan være en måte å gjøre dette på.
 - Offentlig risikovillig kapital i tidlig pilotfase vil være viktig – og er et avgjørende risikoavlastende element.

1 Introduksjon – og kort om foresight og solenergi

1.1 Om foresight

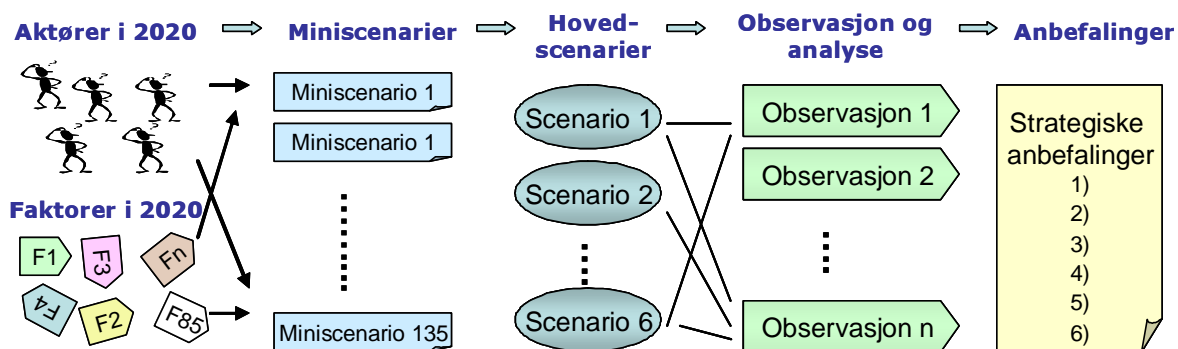
For å kunne utnytte de store mulighetene og løse de utfordringene som energifeltet har i seg, er forskning og utvikling helt avgjørende. Som et underlag for de strategiske veivalg som skal gjøres på dette området igangsatte Forskningsrådet i 2004 en foresightstudie med formål å trekke opp ulike perspektiver, mulige utfordringer og muligheter på feltet. Prosjektet ble kalt *Energi 2020+*.

Foresight har flere praktiske anvendelsesområder inkludert forskning og innovasjon, og benyttes i dag som en generell merkelapp på ulike prosjekter og tiltak som tar sikte på å påvirke forhold i fremtiden. Foresight er emne for en livlig faglig debatt i EU og USA. Det finnes et stort og økende antall metoder, teknikker og tilnærminger som kan taes i bruk i framtidsrettede utviklingsprosjekter. Troen på prognoser og klassiske planleggingsmetoder er svekket. Foresight handler om å profesjonalisere samtalen om fremtiden. Foresight handler om deltakelse og involvering, om kunnskapsdeling og idéutvikling, om nye arbeidsformer og samarbeidskonstellasjoner. Foresight er kunnskapsbasert og kan danne grunnlag for beslutninger og prioriteringer som er robuste i møte med en usikker framtid.

Den foresightmetodikken som ble anvendt i *Energi 2020+* er basert på en prosess man delte inn i 4 hovedaktiviteter. Disse ble gjennomført i 4 samlinger der hovedoppgavene var:

- Samling 1: Identifikasjon av aktører og faktorer/drivkrefter som påvirker energifeltet i 2020+.
- Samling 2: Konstruksjon av miniscenarier (hendelser, forløp, utviklinger) der de identifiserte aktørene og faktorene fra samling 1 inngikk.
- Samling 3: Sammensetning av miniscenariene til mer fullverdige scenarier – 6 scenarier utformet med et sett av gitte føringer.
- Samling 4: Identifikasjon av muligheter og utfordringer i hovedscenariene for å avlede initiativ og tiltak på forskningsområdet: forskningsstrategiske anbefalinger.

Proessen, slik den ble gjennomført i *Energi 2020 +* er illustrert ved figuren nedenfor.



Denne gangen, i *Foresight 2007*, har man nå plukket ut kun 4 områder innenfor energifeltet – 4 områder som har spesiell interesse og fokus. De 4 områdene er solenergi, offshore vindkraft, bioenergi og biodrivstoff. Det blir skrevet 4 separate rapporter på disse 4 områdene. På hvert av disse 4 områdene

er det gjennomført en sterkt forenklet foresightprosess hvor de 4 gruppene sammen med sitt sekretariat har gått rett på utvikling av ett hovedscenario – et scenario der forutsetningen har vært at man har lyktes på det enkelte området. Med dette som utgangspunkt er det beskrevet hvilke enkelthendelser, gjennombrudd, veivalg osv. som har funnet sted på veien – enten som et utviklingsscenario eller slik det er gjort i denne rapporten om solenergi: gjennom beskrivelse av et stopp på veien 10 år frem i tid. Det hele skal danne basis som ett innspill til hvordan en satsing innenfor hvert av de 4 områdene bør innrettes. Denne rapporten omhandler solenergi.

1.2 Om solenergi

Dette er rapporten fra gruppen som har sett på solenergi, eller mer presist *solceller*. Utnyttelse av solenergi skjer enten i form av *solvarme*, enten aktiv eller passiv, eller som produksjon av *elektrisitet*. Elproduksjon gjøres enten i såkalte termiske solkraftverk eller ved direkte konvertering av sollys i solceller. Denne rapporten omhandler det siste - solceller. I den grad begrepet solenergi er brukt i rapporten er det solceller det siktes til. Virkemåten for en solcelle er prinsipielt forklart i faktaboksen nedenfor.

Solceller - virkemåte

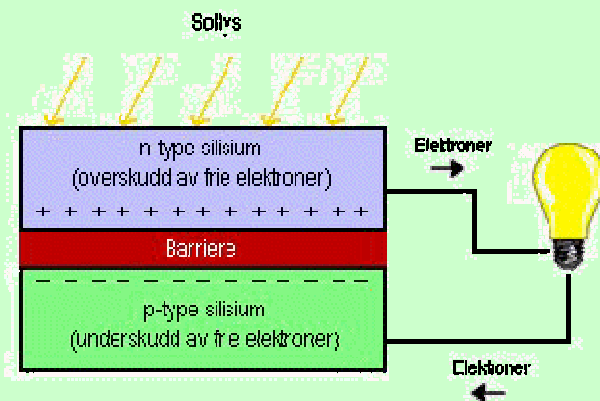
En solcelle som belyses med sollys fungerer essensielt som et vanlig batteri

⇨ den leverer en strøm som kan ledes gjennom en ytre krets fordi det er en spenningsforskjell mellom elektrodene

Solceller omformer sollyset til elektrisitet ved at sollyset absorberes i en halvleder (vanligvis silisium) slik at elektroner frigis. Før lyset absorberes er elektronenes oppgave å holde silisiumatomene på plass, dvs. de er bindingselektroner som har svært vanskelig for å flytte på seg. Men elektroner som treffes av sollys kan bli *frie* elektroner med ekstra energi og tvinges til å gjennomløpe en ytre krets hvor denne ekstra energi kan utnyttes før de slippes tilbake på plass i solcellen. For at de frie elektronene skal bevege seg til den positive elektroden, samt for å få mest mulig strøm ut av solcellen, må silisiumskiven blant annet tilsettes små mengder av et annet grunnstoff som endrer ledningsevnen lokalt, se figuren under. Nedre halvdel av silisiumskiven dopes med bor, som har ett elektron mindre i ytterste elektronskall enn silisium, og man får p-type silisium. Den øvre delen dopes med fosfor, som har ett elektron mer enn silisium i ytterste skall, og vi får n-type silisium. Der hvor n-type silisiumet møter p-silisiumet dannes det et tynt sjikt med en statisk spenning (barrieren i figuren) på tvers av grenseflaten mellom de to typene silisium. Et fritt elektron vil nå tvinges til å bevege seg fra p-siden til n-siden - og vil ikke kunne bevege seg i motsatt retning (unntatt gjennom den ytre kretsen).

Den indre spenningen (barrieren) kan ikke skape netto strøm i en ytre krets, men her kommer som nevnt sollyset inn og forstyrrer balansen. Energien i sollyset er tilstrekkelig til å frigi elektroner på begge sider av barrieren og elektronene på p-siden flytter seg over til n-siden, slik at det blir mange flere frie elektroner her enn da solen ikke skinte på solcellen. Disse *ekstra* elektronene bidrar nå til at det settes opp en spenning over elektrodene på solcellen, og strømmen tvinges ut av solcellen. Spenningen er ca. 0,6 volt uavhengig av arealet. Strømmen gjennom kretsen er proporsjonal med mengden sollys som treffer cellen.

Bare en brøkdel av lyset som faller inn mot en solcelle lykkes i å frigi elektroner som deretter kan forflyttes over barrieren. Noe lys reflekteres, noe farer tvers gjennom uten å absorberes, og noe absorberes for langt unna barrieren slik at de frigitte elektronene går tilbake til å være bindingselektroner mens energien omdannes til varme. Det er derfor viktig å tilpasse tykkelsen på de to sjiktene, slik at andelen sollys som lykkes i å sende elektroner over barrieren blir størst mulig.



2 Solenergi i dag – allerede et norsk eventyr, og starten på et enda større

Den norske solcelleindustrien er i realiteten utviklet siden midten på 90-tallet, dvs. i løpet av de siste 10-12 årene. Fra det første målbevisste og godt gjennomtenkte initiativet for produksjon av silisiumwaferer i Glomfjord, hvor ScanWafer ble etablert, har dette utviklet seg til å bli en industri som dekker ”hele” verdikjeden og teller mange selskaper. De norske aktører har, på svært kort tid, lyktes med å etablere en betydelig posisjon i det internasjonale markedet med store markedsandeler, lange kontrakter og produksjonsfasiliteter over hele verden.

Det toneangivende selskapet er REC, dvs. morselskapet til ScanWafer, men både NorSun og Elkem Solar vokser meget raskt. I tillegg gror det frem nye norske solenergiselskaper i skyggen – eller solen – av de store aktørene. **Solenergi er i ferd med å bli en ny norsk industrigrøn.** Det gledelige er at

- det skjer i starten av et marked hvor etterspørselen kun vil gå en veg – rett oppover
- det skjer innenfor et område som er miljømessig bærekraftig
- det skjer innen et område der norsk industrihistorie og komparative fortrinn er gjeldende: materialer og energi
- det skjer innen en bransje som kan vise seg å bli det endelige svaret på klodens energiutfordring

Norsk solenergiindustri er i dag verdsatt til over 120 mrd kroner og dominert av REC som foreløpig er det eneste solcelleselskapet som har løpende produksjon. I 2006 omsatte REC for 4,3 mrd kroner, og hvis vekstraten fra foregående år fremskrives, vil omsetningen i 2007 bli anslagsvis 7,7 mrd kroner. Samtidig er det planlagt / vedtatt / iverksatt investeringer i Norge for anslagsvis 7 mrd kroner for perioden 2007 – 2009. Neste år gir dette oppstart av ordinær produksjon i Årdal og Kristiansand - og økt produksjon i Narvik, Porsgrunn og Glomfjord. Samlet vil dette øke bransjens omsetning betydelig. Solcelleindustrien er med andre ord allerede av betydning for norsk økonomi og vil utgjøre en vesentlig del av norsk verdiskaping i årene som kommer. Grunnlaget er lagt, og denne posisjonen må utnyttes gjennom god tilretteleggelse og kloke valg fra industrien og myndighetene.

Men som et faresignal kan nevnes at til tross for den sterke veksten i Norge, så investerer REC anslagsvis 20 mrd kroner i enda en ny fabrikk (”monsterfabrikken”), og denne vil ikke bli lokalisert i Norge.

3 Kort "essay" om hvordan solenergien er en del av livene våre i 2027

Vi skriver år 2027 og påstanden om at "solenergi – det vil vi aldri ha noen glede av i Norge" høres ikke lenger. Den har vel knapt vært hørt siden tidlig på 2000-tallet da de siste skeptikere omtalte solenergi som "eksotiske løsninger" som aldri vil få noen reell betydning – verken i Norge eller andre deler av verden. De tok heldigvis feil. Vel er det fortsatt slik i verdensmålestokk at solenergi ikke dekker store andeler av den samlede energiproduksjonen, slik kjernekraft, gass- og kullkraft gjør. Men det viktigste er at nå er solceller så billige og anvendelige at i tillegg til alle de store solcellekraftverkene som bygges, så integreres solceller i nær sagt alt som bygges av ny eiendom og gjør at *tilveksten av boliger og næringsbygg er selvforsynt* med energi.

Hjemme hos familien Solbakken på Bygdøy er det stor glede i dag. Størstemann, Petter jr. fyller 18 år og gleden over å ha tatt lappen er stor. Heldigvis har Petter jr. sin interesse for biler tatt en annen retning enn den faren hadde, så ute på gårdsplassen står en splitter ny trippelintegret flexibel fra Think H2-Solar. Integrasjonen av solceller, batterier og hydrogen i en og samme bil har gitt stor fleksibilitet, god kjørelengde og har redusert behovet for å lade elektrisitet fra strømmettet. Petter jr. er heller ikke like glad i å bruke fancy solbriller som sin far, så han synes det er flott at bilrutene har fotokrom-glass som blir mørkere jo sterkere sollyset er.

Hos Block Watne selges det nesten utelukkende hus med de nye integrerte takplatene fra det nystartete selskapet Zanda Solar – et vellykket resultat av samarbeidet mellom Zanda, Elkem Solar og Future-PV. Takplatene har sammen med vinduer fra "SolarGlass" gjort at en ny bolig fra Block Watne i Oslo-området er selvforsynt med elektrisitet i sommerhalvåret. Sammen med de nye høyisolasjonsmaterialene og det effektive biobaserte oppvarmingssystemet betyr dette et hus som i vinterhalvåret kun har behov for strøm fra nettet til elektriske apparater.

Sommeren 2027 er svært tørr og varm i Trøndelag og forhenværende statsminister Børge Brende lader batteriene, både sine egne og de som forsynes av solcellene på huset. Børge er lettet over at satsningen som hans Høyre-Arbeiderparti-regjering initierte i 2010 på forskning og utvikling innen fornybar energi har vært vellykket; ikke bare er Norges pensjonsfond (tidligere kjent som oljefondet, men nå oftere kalt solfondet) større enn noensinne, men arbeidsplasser er også sikret for kommende generasjoner. For 17 år siden var det usikkerhet om Norges framtid som en rik nasjon, siden slutten på olje- og gasseventyret var åpenbar, men oppblomstringen av en variert og solid solindustri endret på dette.

Suksessen til industrien skyldtes selvsagt mange faktorer, deriblant modige industriaktører tidlig på 2000-tallet, men oppfølgingen med kraftig økning i støtte til forskning og utvikling fra Brende-regjeringen hadde også vært essensiell. Det ble utviklet billigere og mer effektive solceller, og samarbeidet med arkitekter og ingeniører hadde resultert estetisk tiltalende produkter som var sterkt etterspurt over hele kloden. Statlig eierskap i NorSol, et av verdens ledende selskaper innen bygningsintegreerte solceller, gav store inntekter til statskassa fra 2015. Selv har Børge valgt delvis transparente solceller i ulike farger i stuevinduene, og veggene er dekket med lekke matt-svarte fasademoduler. I de sydvendte vinduene er det felt inn ugjennomsiktige høyeffektive celler, for å skygge for det kraftigste solskinnet. Jo da, Børge er fornøyd, både med valg av solceller i det nye huset sitt, og med å bli husket for ettertiden som statsministeren som muliggjorde solfondet.

Han er også fornøyd med at hans regjering, samtidig med at den vedtok satsingen på FoU innen fornybar energi, vedtok at alle nye offentlige bygg skulle ha en integrert sørvendt solcellevegg. Strømmen skulle primært brukes til belysning, men også ha en viktig funksjon for klimakontroll i årets varmere måneder. Gradvis er dette blitt en realitet rundt i de fleste av landets kommuner, hvor kravet om inkludering av solcelleveggen har fått frem stor kreativitet hos mange norske arkitekter. De har skapt en flora med vakre offentlige bygg, og i 2027 er "Norwegian Solar Wall" blitt et symbol på Norges vilje til å ta både miljø- og energihensyn som er kjent utenfor landets grenser. Faktisk er Norges image i ferd med å endre seg fra "oljenasjonen Norge" til "energinasjonen Norge".

Ved NTNU er et nytt kull studenter klare for immatrikulering, og som en del av velkomsten til universitetet får alle utdelt soljakker og solposer. Solposene er mer for en gimmick å regne, siden de lett går i stykker, men de er ganske fascinerende å se på med lysreklame drevet av plastsolceller i kanten på posene. Det reklameres for er de ulike studieretningene studentene kan velge mellom i 2. årskurs, deriblant solcellelinja, som er blitt en av de mest populære på Gløshaugen. Etter at NTNU ble samlet på en campus i 2017 har samarbeidet mellom teknologer og samfunnsvitere bidratt til økt forståelse for bruk av ny miljøvennlig teknologi, og produksjonen av solceller i Norge er blant de mest miljøvennlige i verden. Råvarene produseres og transporteres med så liten bruk av energi som mulig, og utslipp av forurensing og klimagasser er lik null.

I oktober drar Solveig Hansen med familie til Khartoum i Sudan for å etablere seg nær den gigantiske solparken som ble installert i 2022. Det solcellebaserte kraftverket har et solcelleareal på 10 000 mål (10 x 10 km) leverer 6 TWh/år (effektivitet 40 %). Solveig er lykkelig over å ha fått jobb som vedlikeholdsingeniør ved elektrolyseanlegget ved solparken som bruker solstrømmen til å produsere hydrogen for eksport til Asia. For i Asia har de langt flere hydrogendrevne biler enn i Europa og USA til sammen. I det hele tatt er Asia nå lengre framme enn Europa på flere områder innen fornybar og miljøvennlig teknologi.

I 2027 har Norges samlede solcelleindustri, inkludert underleverandører og beslektede virksomheter, nær 15.000 ansatte. De fleste er engasjert i et av produksjonstrinnene fram mot ferdige paneler, men en ikke ubetydelig del er også engasjert i montering / remontering og kontroll av store installasjoner. En del av arbeidet er samkjøring med andre (miljøvennlige og fornybare?) energikilder som biobrensel, vindkraft og jordvarme. Dessuten har fjernvarme også fått en gradvis større plass.

4 Hvordan kom vi dit – en stopp på vegen om bare 10 år

Hva skjedde – hvordan kom vi til den situasjonen vi beskrev i forrige kapittel? Vi tar en stopp på vegen om 10 år – i 2017:

4.1 Teknologi

Allerede i 2017 er flere av de sentrale utfordringene i 2007 løst, men fortsatt er etterspørselen etter solceller større enn produksjonen. Produksjonstakten har riktignok økt voldsomt, men økningen overgår ikke den samlede effekten fra økt energiforbruk hos dem som allerede har tilgang på energi pluss den økning som skyldes nye energibrukere. Totalt tilfører nå solceller noen prosent av den totale (menneskekontrollerte) energimengden i verden. Flere produsenter har nådd ”grid-paritet” på produksjonskostnadene, dvs. at kostnadene for 1 kWh fra solceller er lavere enn det 1 kWh omsettes for i kraftmarkedet.

Virkningsgrad

Fortsatt utgjør solceller av silisium, herunder både multikrystallinske og monokrystallinske solceller, den dominerende andelen i markedet med en markedsandel på 80 %. Den midlere effektiviteten for multikrystallinske flate paneler har økt fra dagens ca 14 % til ca 24 %, altså opp mot dobbelt virkningsgrad, mens paneler med monokrystallinsk materiale har økt sin effektivitet fra ca 18 % til 28 %. Hovedelementer i dette er bedret kontroll over forurensningselementer, endret overflateteknologi (i tilknytning til utvikling av ulike farger) og ny kontaktteknologi som har redusert betydningen av skyggeeffekter til det halve.

Flere prosessruter

Solcellesilisium som materiale fremstilles nå langs flere aktivt konkurrerende prosessruter, hvor rensing via gassfase og smeltefase (metallurgisk rute) er de sentrale. For rensing via gassfase har det skjedd store fremskritt og kostnadsmessig konkurrerer prosessene nesten med solcellesilisium produsert langs metallurgisk rute, samtidig som materialet fortsatt holder noe høyere renhet. Når det gjelder den metallurgiske prosessruten, så tilbyr flere produsenter varianter av denne typen materiale som følge av litt forskjellige prosessruter. Samlet har omfanget økt voldsomt siden 2007 og i 2017 har solcellesilisium produsert langs metallurgisk rute(r) en markedsandel på nær 50 % - og andelen er fortsatt langsamt stigende. Prosessmessig er hovedfokus fortsatt å redusere andelen med avkapp som ikke møter de definerte krav som er satt.

Ulike typer solceller for ulike typer behov

Når det gjelder egenskaper er materialtypene noe ulike (også materiale fra ulike produsenter langs metallurgisk rute), og dette har ført spesialisering og utvikling av flere typer ”vanlige” solceller. Relevante eksempler på forskjellige anvendelsesområder er solceller for bygningsintegrering, solceller for opplading av elektriske verktøy / elektriske leker, solceller for vedlikeholdsfri funksjon i særlig hardt klima og andre. Disse ulike anvendelsene stiller ulike krav til ytelse, beskaffenhet og pris, og det brede spektret av solcelleteknologier som er utviklet gjør det mulig å utvide anvendelsen betydelig og utnytte muligheter som tidligere ikke kunne utnyttes. Dette innebærer at også



anvendelser som ikke primært handler om kostnadseffektiv produksjon av elektrisitet men også om inndekning av andre behov og tjenester.

Bedre utnyttelse av råmateriale – redusert sagspon

Et av de mest utfordrende teknologiske tema i 2007 var den store mengden solcellesilisium (nær 50 %) som ikke kunne gjenvinnes etter vanlig trådsaging som følge av blandingen av silisiumstøv og silisiumkarbid. Etter 10 år med forskning viste det seg imidlertid å være mulig å modifisere den silisiumkarbid som anvendes i prosessen slik at nær 80 % av silisiumstøvet kan separeres for resirkulering. Dette, i kombinasjon med trådsageprosessens egen effektivitet (standard wafertykkelse er blitt 80µm), har ført til at trådsaging som prosess har fått forlenget levetid i konkurranse med bl.a. prosesser som støper wafere direkte. Dessuten er det nå et betydelig antall av trådsagene (nær 30 %) hvor det sages med diamantbelagt tråd istedenfor silisiumkarbid i PEG (polyetylenglykol). Da trådtypen ble innført viste trådbrudd seg å være en utfordring, men dette er nå løst, og ved investering i nye trådsager velges det stadig oftere en løsning med diamanttråd. Gevinsten ved dette er at gjenvinningsgraden for silisiumstøv er nær 95 %.

Tynne wafere – bedre håndtering

Tynnere wafere har medført utvikling av en helt ny håndteringsteknologi ved prosessering av wafere. I en overgangsperiode økte bedriftenes andel med brekkasje betydelig, samt at andelen med mislykte celler pga gjennombrenning eller shunting økte tilsvarende. Massiv forsknings- og utviklingsinnsats har imidlertid endret situasjonen slik at andelen med skader er bedre enn situasjonen var i 2007.

Solceller – arkitektonisk integrasjon

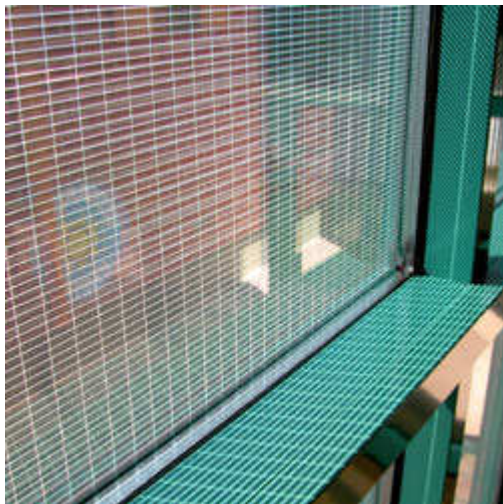
For silisiumsolceller har et sentralt tema i løpet av disse 20 årene vært hvordan solceller kunne bli et attraktivt og naturlig element i nye bygninger (BIPV). I 2007, mens alle silisiumsolceller stort sett var av samme fargetone, var det allerede en betydelig forskningsinnsats på området. Innsatsen har vært vellykket i den forstand at i 2017 kan kunder velge mellom ikke mindre enn 30 ulike og relevante fargetoner i butikken, uten at dette betyr en betydelig reduksjon av virkningsgraden. I tillegg har man fått et mye større utvalg av ulike typer solceller med ulik grad av lystransparens til bruk i glassfasader og solavskjermingelementer. Man har også fått flere forskjellige typer solcelle-elementer som er tilpasset ulike typer tak og fasader, både med hensyn til form, størrelse, detaljering. Arkitektene riktig koser seg med bruk av solceller, og byggherrene er glad for å ha denne muligheten til å bruke fornybar energi og vise det på en estetisk tiltalende måte. På denne måten er det også mye lettere å oppfylle forskriftskravet om energibruk i bygninger, i og med at solcellene leverer en betydelig andel av byggets strømbehov. Dette har ført til at solceller er blitt et naturlig innslag i alle nye offentlige bygg, også i Norge. Noen av disse byggene er faktisk netto leverandører av elektrisk strøm.

2. generasjons solceller - nye materialer til lavere pris

Stor forskningsinnsats (innen amorfe materialer, inorganiske materialer, polymere og andre) har skapt et antall nye solcellematerialer med moderat virkningsgrad (2. generasjon), til relativt lav pris. Noen av materialene er egnet for påføring på store flater og gjør at en viktig anvendelse av disse er solceller for store installasjoner. Men det er fortsatt en utfordring å produsere materialene som inngår i tilstrekkelig store volum (i en egnet form), og dette er en av årsakene til at denne generasjonen foreløpig ikke har tatt mer enn 10 % av verdensmarkedet. Men jevn

økning i kapasiteten forventes gradvis å kunne endre dette bildet (avhengig av utviklingen innen 3. generasjon).

2. generasjon – tynnfilm som integreres i vinduer og annet



Tynnfilm (CIGS, CdTe og andre) har utviklet seg kolossalt i løpet av disse 10 årene og representerer den største delen av 2. generasjon. Typiske konsepter er glass eller stålplater dekket med mikrotynne lag som kapsles inn. Fordelene er svært god materialutnyttelse og lavt energiforbruk ved produksjon. Mange varianter av teknologien har modnet til et nivå hvor denne typen solcellepaneler er blitt hyllevare i butikkene, i ulike farger. Særlig i forhold til ulike geometriske former har tynnfilm klare fordeler og brukes derfor i betydelig grad i arkitekttegnede bygninger. Ytelsesmessig henger dessverre tynnfilm fortsatt noe etter silisiumsolkceller med en ytelse rundt 20 %. Dette kompenseres imidlertid med et lavere kostnadsbilde, særlig for de biologiske og amorfe variantene.

Et nytt anvendelsesområde som er kraftig videreutviklet siden 2007, og i noen grad kommet kommersielt i gang, er integrasjon av ”tynne” solceller i bygningenes vinduer. Hensikten er å gi beboerne en mulighet til å utnytte disse flatene til energiproduksjon, samtidig som aktiv styring av solcellene gir funksjon som integrerte persiener. Likevel foregår det fortsatt mye forskning på tema, særlig i forhold til den effekt slike celler har på de mennesker som bor i husene.

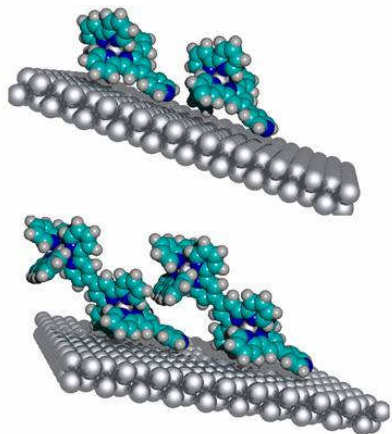
Konsentrorteknologi – høy virkningsgrad i store kraftverk

I flere land har konsentrorteknologi vist seg konkurransedyktig i forhold til distribuerte anlegg. Særlig i tilknytning til større byer i Afrika har dette vært vellykket og vist seg å være relativt driftssikre anlegg. Ytelsesgraden ligger helt opp mot 40 % og tillater hensiktsmessig utnyttelse av lite produktive arealer. Årlige vedlikeholdskostnader anslås til 0,5 – 1.0 % av investeringskostnaden. Sett i relasjon til at den garanterte levetiden til solcellepaneler nå er 40 år, gir dette gunstige energimessige investeringer.



3. generasjon solceller – ultrahøy virkningsgrad

Når det gjelder 3. generasjon solceller, hvor det er har vært forventet helt nye løsninger (også med basis i nanoteknologi), så har noen ledende forskningsmiljøer (deriblant PVfuture!) allerede



lyktes med å lage konsepter hvor ytelse helt opp mot 57 % er demonstrert. I noen av de aktuelle teknologiene blir lag med silisium byttet ut med nanostrukturede materialer. Et par av konseptene er i 2017 under utprøving innenfor romfart, hvor høy kostnad ikke er et hinder. Selv om det er en del usikkerhet, så antas de første variantene å være en rimelig nært forestående realitet i kommersiell sammenheng, foreløpig til en høyere pris, men disse kan komme til å fortrenge store deler av 2. generasjons celler (naturligvis avhengig av pris).

4.2 Markedet generelt

I 2017 er verdens samlede produksjon fra solcellepaneler kommet opp i anslagsvis 1.000 TWh (= 1,0 EWh). Dette tilsvarer ca 1 % av verdens energiproduksjon. Andre fornybare kilder som vindkraft og biomasse har foreløpig en vesentlig større markedsandel. Fortsatt er det imidlertid de fossile kildene som dominerer og leverer 80 % av den samlede energiproduksjonen.

Det er samtidig verd å merke seg at vi befinner oss omtrent på det tidspunkt hvor det største årlige volum fossile brensel forbrennes. Fra nå av vil både kullkraft og oljekraft gradvis reduseres i omfang mens solenergi forventes å dekke opp for mesteparten av denne reduksjonen. Høye priser på olje og gass gjør at solcellebransjen fortsatt er preget av stor optimisme og kraftig vekst. Produksjonskostnadene er blitt lave og konkurransedyktig med markedsprisen i de aller fleste markeder (grid paritet), og produksjonskapasitet er i større grad en begrensning for utbredelse enn pris.

Velstandsutviklingen har fortsatt over store deler av verden. Hvis man ser på de ca 1,7 milliardene mennesker som ikke hadde tilgang på strøm i 2007, så har nå ca en halv milliard av dem fått tilgang på solcellestøm. Anleggene er fortrinnsvis små men gir mulighet for kjøleskap, radio/tv og belysning – og krever lite vedlikehold.

Energiregnskapet for solceller viser nå at et solcellepanel i gjennomsnitt vil levere tilbake den energimengde som krevdes å produsere det ferdige produktet i løpet av 10 måneders drift. I 2007 var dette tallet ca 1,7 år.

I 2017 er solcellebransjen blitt en av de store bransjer i Europa, med nær 400.000 ansatte. De toneangivende nasjoner er Tyskland, Spania og Italia. Tyskland alene har hatt en årlig vekst på nær 10.000 arbeidsplasser i tilknytning til solcellebransjen. Den dominerende andelen av denne arbeidsstyrken arbeider imidlertid ikke med produksjon av solcellepaneler, men derimot med installasjoner, bygningssystemer og vedlikehold.

Kostnadmessig har solceller blitt mye billigere i løpet av disse ti årene. Mens moduler for solcellestrøm kostet anslagsvis 3 €/Wp i 2007, er prisen kommet ned til ca 0,5 €/Wp i 2017. Ut fra lærekurven for solcellemoduler er det rimelig å forvente at den gradvise prisreduksjonen kommer til å fortsette også ut over 2017, om enn i et langsommere tempo.

Den viktigste konsekvensen av prisreduksjonene er imidlertid at solcellestrøm er blitt fullt ut konkurransedyktig med nettstrøm i de fleste deler av verden. For forbrukerne er direkte sammenligning av kostnader blitt mye enklere fordi oppgitte strømprisene tar hensyn til både produksjons-, bruks- og miljøaspekter slik at strømprisen gjenspeiler den reelle kostnaden over produktets levetid.

Tross prisreduksjonene er markedet gunstig for produsentene fordi etterspørselen fortsatt er større enn tilbudet, og prisene er dermed høyere enn det de direkte produksjonskostnadene skulle tilsi.

Mens solceller tidligere i stor grad var rettet mot større paneler, har verktøy- og lekeindustrien for alvor oppdaget solcellenes anvendelsesmulighet. Et utall av nye verktøy og leker utstyres med solceller for å sikre egen opplading av batteriene. Som eksempel kan nevnes at alle nye mobiltelefoner er utstyrt med solcellepanel på baksiden slik de lades når de ligger opp ned - og dagens ledning for kontakt med strømmettet er blitt et sjeldent syn. Dette markedssegmentet er preget av at produktene har mye kortere levetid enn solcellene skulle tilsi, som følge av røff bruk, og stadig gjenkjøp av omtrent tilsvarende produkter.

4.3 Den norske bransjen 2017 - toneangivende energiselskaper

REC er fortsatt et av verdens ledende solcellekonsern med en betydelig markedsandel internasjonalt. Å forsvare en så sterk markedsposisjon har imidlertid krevd massive investeringer, og konsernet har tidoblet sin produksjon i Norge siden 2017 og sysselsetter nå nær 3.500 ansatte nasjonalt.

Veksten har vært fokusert på waferproduksjon og celleproduksjon, mens veksten innen moduler har vært lavere.

Produksjonen har fortsatt tyngdepunkter på Herøya, i Glomfjord og i Narvik. Det foregår også nå en internasjonalt betydelig waferproduksjon i Skogn (hvor Norske skog har redusert sin aktivitet) og en stor celleproduksjon i Fredrikstad.

I tillegg til veksten i Norge har REC vokst kraftig i resten av verden med store produksjonsanlegg for waferfremstilling i Spania, Brasil, California og Kina. Både i Brasil, California og Kina produseres det også celler og ferdige moduler, i tillegg til modulproduksjonen i den utvidete fabrikken i Sverige.

ELKEM SOLAR har gjennomlevd en meget sterk vekst innenfor produksjon av solcellesilicium via metallurgisk rute og er i 2017 verdens ledende på produktet med betydelig markedsandel. Konsernets produksjonsanlegg i Kristiansand er utvidet mange ganger og fabrikkbygget i Bremanger er utvidet og ombygd for solcelleproduksjon, men det har likevel vært nødvendig å bygge opp stor produksjonskapasitet i Brasil og Kina. Disse fabrikkene er lokalisert tett ved anleggene til REC (som det er et tett samarbeid med) slik at ELKEM SOLAR leverer en betydelig andel av disse fabrikkenes materialbehov.

Over tid har ELKEM SOLAR forbedret og utviklet prosesseteknologien sin og leverer i dag flere kvaliteter solcellesilisium som er skreddersydd for ulike anvendelser. Som eksempel kan nevnes mindre sprø solcellematerialer som er egnet for leker og verktøy hvor det vil være betydelige mekaniske påkjenninger over tid.

NORSUN har lyktes godt med sin strategi innen enkrystaller og leverer solcellesilisium av meget høy kvalitet. Anlegget i Årdal har vokst kraftig og er i 2017 et av de største i verden, men selskapet har også bygd opp en ny fabrikk i Sauda av samme størrelse. Samtidig har selskapet ekspandert med anlegg i Tyskland, Australia og et mindre anlegg i Mauritania. Det eksisterende anlegget i Finland er blitt et forsknings- og utviklingscenter innen enkrystaller. Markedsmessig betjener NORSUN en stor og økende del av markedet for enkrystaller..

NORSUN har fortsatt et tett samarbeid med Q-Cells som viderebearbeider deler av produksjonen.

NORSUN har også etablert en betydelig aktivitet innen tynnfilmteknologi og har produksjon i Tsjekkia og Italia. Ytelsesmessig gir produktet lavere virkningsgrad, men også lavere pris.

Solihjertet ASA er et nytt solcelleselskap som har vokst frem i Norge. Selskapet produserer også solcellesilisium langs en alternativ metallurgisk rute og er som sådan en konkurrent til ELKEM SOLAR. Etterspørselen i markedet er imidlertid så stor at selskapene har etablert et tett samarbeid om ny teknologiutvikling. Solihjertet ASA er størrelsesmessig mindre enn ELKEM og har sin produksjon på Sunndalsøra og i Bombay i India. Selskapet er i ekspansjon og planer om en tredje produksjonsfasilitet er på gang, og det foregår samtaler med myndighetene i både Sør-Afrika og Libya for å avklare rammebetingelser for en ny etablering.

SolarBygg AS er et nytt selskap som kjøper enkle moduler (og en del celler) for produksjon og tilpasning av bygningsintegrerte moduler i ulike former og farger. Selskapet har en sentral produksjonsenhet på Lillehammer, og samtidig et antall godkjente installatører distribuert rundt i landet (først og fremst i Sør-Norge) som foretar selve installasjonen. Selskapet har i 2017 ca 170 ansatte.

4.4 Teknologileverandører

Etter mange diskusjoner, etablerte SINTEF og IFE i 2012 et nytt, felles forskningscenter for å betjene både den nasjonale og internasjonale solcellebransjen. Instituttet fikk navnet "PVfuture", og i 2017 har senteret 200 fast tilknyttede forskere. PVfuture har forskningsaktivitet langs hele verdikjeden for silisium fra kvarts til ferdig solcelle. Miljøet er toneangivende internasjonalt innenfor ulike fremstillingsmetoder for materiale, avansert karakterisering og celleprosessering.

Sammen med universitetene har PVfuture også en betydelig aktivitet innen tynnfilm og solcellekonsepter ved bruk av nanoteknologi.

PVfuture har et tett og formalisert samarbeid med NTNU og UiO gjennom GEMINIKONSEPTET. Samarbeidet medfører at det, i tillegg til de fast ansatte forskerne, er ca 20 doktorstudenter som residerer på instituttet til enhver tid, som studenter ved NTNU og UiO.

Forskningscenteret har fått tildelt langsiktig delfinansiering fra Forskningsrådet ("SFI") som har gjort det mulig å bygge opp målrettet kunnskap over tid. I tillegg er det investert i kontorfasiliteter, forsøkslaboratorier og moderne forskningsutstyr. Finansieringen etter SFI-

modellen kom som en følge av de den analysen som ble lagt frem som en del av Foresight 2007 i Forskningsrådet der de industrielle mulighetene ble tydelige for de finansierende myndigheter samtidig med at erkjennelsen av klimautfordringen kom for fullt i opinionen og hos myndighetene.

NTNU er fortsatt den toneangivende utdanningsinstitusjonen i Norge innenfor solcelleteknologi. Universitetet har opprettet en ny studieretning innen fornybar energi hvor solcelleteknologi, sammen med vind, bølger og bioenergi, er en valgbar fordypningsretning. I tillegg til de vitenskaplig ansatte som har valgt å dreie sitt forskningsarbeid mot solcelleteknologi er opprettet et 10-talls nye vitenskaplige stillinger, og det utdannes hvert år ca 50 studenter som har tatt sin masteroppgave med disse som veiledere.

NTNU har betydelig aktivitet innen både tradisjonelle silisiumbaserte solceller og tynnfilm, i tillegg til å ha sitt hovedfokus inn mot 3. generasjon solceller (nanomaterialer). I tillegg utdannes det 8-10 doktorkandidater årlig, ofte i samarbeid med PVfuture men det er også tett samarbeid med utenlandske institusjoner.

Flere av de ansatte i den vitenskaplige staben har bistilling i PVfuture (og vise versa) og bidrar dermed aktivt inn i ulike forskningsprosjekter.

UiO har sin forskningsaktivitet innen solcelleteknologi med tydelig vektlegging inn mot de mest grunnforskningspregede utfordringene. Både tradisjonelle silisiumbaserte solceller og 3. generasjon solceller basert på nanomaterialer er i hovedfokus. Masterprogrammet MENA (Materialer, energi og nanoteknologi) etablert ved UiO er en suksess, og betydelig antall masterstudenter utdannes inne programmet.

UiO har en tett forbindelse med PVfuture, først og fremst i relasjon til utdanning av studenter og forskere men også innenfor de mer langsiktige forskningsaktivitetene. Mange ledende forskere i PVfuture har doktorgrad fra UiO. UiO har utviklet et tettere samarbeid, og har flere felles prosjekter, med forskere i industrien.

I tillegg har UiO tradisjonelt nært samarbeid med flere fremragende utenlandske institusjoner.

NORUT (Narvik) har bygd opp kompetanse nedstrøms på solceller og har spesialisert seg på forskning innen levetid for solceller og vedlikehold av installasjoner.

HIA (Høyskolen i Agder) har fått en betydelig økning i sitt forskningsomfang inn mot solceller som følge av veksten til Elkem Solar. I tillegg til å ha fokus på moduler og deres egenskaper, har miljøet bygd opp kompetanse på materialfremstilling av solcellesilisium via metallurgisk rute, i tett samarbeid med PVfuture.

4.5 Underleverandørindustri

I 2017 betegnes den norske solcellebransjen som et internasjonalt cluster. Med utgangspunkt i bedrifter som Orkla Exolon, Metallkraft, Norwegian Crystalites, SiC Renseproduksjon, Bandak, Crusin og et knippe andre virksomheter har det vokst frem en underleverandørindustri som teller anslagsvis 2000 mennesker. Noen av underleverandørene er tett knyttet til et av de toneangivende energiselskapene i en forpliktende relasjon og med et tett teknologisamarbeid, gjerne som leverandør over hele verden (som SiC Renseproduksjon). Andre underleverandører

selger sine tjenester til alle de nasjonale energiselskapene, og gjerne internasjonale også, i fri konkurranse med internasjonale konkurrenter.

Felles for hele underleverandørindustrien i Norge er et konstant press mot økt automatisering for å begrense innflytelsen fra arbeidstimer. Industrien er derfor meget moderne og internasjonalt langt framme når det gjelder nye tekniske hjelpemidler og teknikker.

I forhold til 2007 har det også vokst frem ny solcellerelatert virksomhet innen drift og vedlikehold av solcelleinstallasjoner. Omfanget av denne industrien vokser og representerer allerede nær 10 % av alle ansatte innen bransjen i Norge, til tross for levetiden til typiske paneler. Relevante tema er utskiftning av defekte celler eller delpaneler, modifikasjon av størrelse og form på eksisterende paneler, oppdatering og tilpasning av programvare for styring og kommunikasjon med strømmettet, DC/AC-omformere, kontroll og utskiftning av batteripakker (ikke tilkoblede systemer) og annet. Hovedfokus er primært rettet mot offentlige bygg hvor store solcellevegger utgjør en viktig del av energitilførselen.

4.6 Solceller og energibalansen i Norge

I Norge har fortsatt solceller en moderat betydning for energibalansen men den tiltakende globale oppvarmingen har ført til et økende behov for "aircondition". Landet sett under ett, og begrenset til energiforbruket på dagtid, så dekker solceller faktisk nær 8 % av energibehovet. Samtidig innebærer den relativt sett lave innstrålingen (se figur under), vårt høye behov for energi til oppvarming (særlig på vinterstid) og den sterke sykliske årsvariasjonen at når hele året sees under ett, så vil solceller være et supplement til andre energikilder for mange. Men Norge er et langt land med stor forskjell mellom nord og sør, og forskjellen mellom Oslo og Tyskland er ikke så stor. I enkelte områder i Sør-Norge bidrar derfor solceller med nær 5 % av den totale energitilførselen. Fortsatt er naturligvis solceller en betydelig energigiver i liten skala for eksempel på hytter hvor det er liten mulighet for nettstrøm.

Indirekte har imidlertid solceller en vesentlig betydning for energibalansen i Norge. I dette ligger at i 2017 sees verdens energiforsyning i større grad samlet og det er et sterkt internasjonalt press på energirike nasjoner om å dele med nasjoner som har relativt sett liten tilgang på energi. Her er både eksport av energi og teknologi relevante tema. For Norge har nasjonens betydelige eksport av solceller den konsekvens at nasjonen fremstår som en betydelig eksportør av energi og at vi opplever mindre internasjonalt press på å dele bl.a. de vannkraftressurser vi også har.

5 Konklusjoner:

5.1 Hvilke grep var det som ble gjort som var avgjørende

- Olje- og energidepartementets og Næringsdepartementets bevisste satsing på solenergi fra 2008 var avgjørende. Satsingen var tuftet på flere forhold:
 - Den sterke veksten i markedet for solceller som hadde vedvart og en klar oppfatning av at dette ville – ikke bare fortsette – men akselerere.
 - Sannsynliggjøringen av en slik markedsvekst gjennom de voldsomme investeringen som norske aktører gjorde 2006, 2007 og 2008 – og investeringsplaner videre.
 - Bevisstheten om at produksjonen av solceller fra noen produsenter i 2007 nådde grid paritet (på kostnadssiden), dvs. kostnadene ved å produsere solceller kunne forrentes med den ordinære markedsprisen for elektrisitet i enkelte markeder, for eksempel Japan.
 - Fremveksten av flere nye norske aktører som i 2007 var i ferd med å utgjøre et norsk solenergicluster åpnet øynene hos enda flere investorer og ikke minst norske politiske miljøer som så at dette kunne være begynnelsen på det eventyret som skulle ta over når produksjonen av olje og gass begynte å avta.
 - Viktig for suksessen var en nasjonal samarbeidsstruktur / -modell basert på en komplementaritet der spesialisering og spisskompetanse ble avgjørende for en ”arbeidsdeling” på feltet – alle skulle ikke være like gode på alt.
 - En kraftig oppvåkning, både i opinionen og blant politiske miljøer om realitetene i klimaeffekten.
- Beslutningen i 2010 om at fra 2012 skal alle nye offentlige bygg fra Trondheim og sørover skal ha solceller integrert i en sørvendt vegg var viktig.
- NORAD/NORFUND gikk i 2009 i allianse med 3 norske solcelleleverandører og gikk i gang med elektrifiseringsprosjekter i den 3. verden – uten diesel. Nøkkelen til suksessen var at den norske stat gjennom NORAD garanterte for finansieringen. Dette innebar at i 2012 var 100 000 husstander i den 3. verden med i ordningen.
- Plan- og bygningslovens revisjon i 2012 med krav om at minimum 50 pst av energiforsyningen til bygningen skulle dekkes av nye fornybare energikilder. Dette skapte det første reelle hjemmemarkedet.

6 anbefalinger

Det er nå et tidsvindu hvor norske aktører innen solenergi har en sterk posisjon og hvor det er et godt grunnlag for å se fremvekst av et norsk solenergiclustet – vi ser det allerede. Norske forskningsmiljøer har ambisjoner om å betjene denne industrien, og industrien ser også en klar nytte av å ha et sterkt norsk kompetansemiljø.

"Demand will significantly exceed supply through the end of the decade that prices are likely to remain high and that margins are likely to continue expanding for at least 3 more years."

- **Michael Rogol**, *Solar Annual 2006: "The Gun Has Gone Off"*.

Det er hevet over tvil at markedet for solceller vil vokse kraftig, og med de volumene dette er i ferd med å få øker produktiviteten og produksjonskostnadene faller. En ser allerede at selskapene har oppnådd betydelige kostnadsreduksjoner, noe som innebærer høy inntjening nå, men vel så viktig – de vil være vel forberedte når subsidieordningene etter hvert reduseres i de ulike markedene. Med en produksjonskostnad som innebærer at ny solkraft faktisk blir konkurransedyktig med kraftprisene i marked etter marked (grid paritet) innebærer dette at markedet i realiteten blir ubegrenset – i volum. Med det sjeldent gode utgangspunktet norske aktører har på dette området nå bør norske myndigheter være like visjonære som man var da oljeeventyret startet. Solenergi er et bærekraftig, robust og langsiktig industrielt bein å stå på når petroleumsvirksomheten avtar. En har en situasjon der enkelte av de norske aktørene i solenergibransjen nå kan spille samme rolle som lokomotiv, slik Statoil, Hydro og Saga gjorde.

- Det anbefales at man igangsetter en samlet innsats fokusert mot solenergi for å bygge opp den kompetanseplattform som skal være kjernen i Norsk Solenergi i årene som kommer – og derigjennom støtte opp om de industrielle aktørene.
- Det er ikke et valg mellom kompetansebygging, grunnforskning, anvendt forskning, innovasjon og næringsutvikling. Dette henger sammen og det må tilrettelegges og støttes opp langs hele kjeden. Innsatsen bør derfor ha flere komponenter og innretninger:
 - En tyngre finansiell satsing på de forskningsmiljøene som har forutsetninger og ambisjoner. Kritisk masse er avgjørende for å lykkes og for å være i stand til å delta i det integrerte samarbeidet som skal bidra til bedre løsninger for den eksisterende industrien og utvikle nye løsninger for ny næring. Det er godt klima og historie for å samarbeide mellom institusjoner og industri. Dette er viktig for innovasjon.
 - Forskningsmiljøenes suksess med å få frem nye løsninger vil være avhengig av at de har tilgang på like godt utstyr som konkurrentene – og helst litt bedre.
 - Myndighetene bør gjennom sin finansiering av forskning søke å tilrettelegge for en nasjonal samarbeidsstruktur som dyrker frem komplementaritet slik at spesialisering og spisskompetanse legges til grunn for en arbeidsdeling på feltet. Dette forutsetter imidlertid langsiktighet og forutsigbarhet i bevilgningsmodellen som implementeres.
 - Å tiltrekke tunge professorer og profilerte forskere vil kunne være et viktig virkemiddel. En "Chair-modell", slik man ser det i USA kan være en slik.
 - Offentlig risikovillig kapital i tidlig pilotfase vil være viktig – og er et avgjørende risikoavlastende element.

Deltagere i utarbeidelsen av rapporten

Sekretær for prosessen har vært Trond Moengen, *Energidata*. I tillegg har Egil Trømborg og Gabriella Tranell, *SINTEF Materialer og kjemi*, bidratt som skribenter og fagansvarlige i prosessen. Det har i tillegg vært etablert en referansegruppe som har møttes 2 ganger for diskusjon omkring temaet. Denne har bestått av:

Thor Christian Tuv	Scancell
Ragnar Tronstad	Elkem Solar
Inger Andresen	NTNU/SINTEF
Arve Holt	IFE
Turid Worren Reenaas	NTNU
Tellef Thorleifson	Northzone Ventures
Jon Hindar	Norsun
Edouard Monakhov	UiO

Referanser

1. Photovoltaics in 2010. Photovoltaics: Current Status And A Strategy For European Industrial And Market Development To The Year 2010. DG Energy. European Photovoltaic Industry Association (EPIA). 2004
2. www.rec-group.no
3. M. Rogol et. Al., “ Solar Annual 2006-The Gun has Gone Off”, PHOTON Consulting unit, Solar Verlag GmbH, Aachen, Germany, July 2006.
4. www.elkem.com
5. www.norsuncorp.no
6. www.metallkraft.no
7. www.sic-processing.com
8. www.orex.no
9. www.bandak.no
10. www.ife.no
11. www.isc-konstanz.de
12. www.ecn.nl



Publikasjonen kan bestilles på
www.forskningsradet.no/publikasjoner

Norges forskningsråd
Stensberggata 26
Postboks 2700 St. Hanshaugen
N0-0131 Oslo

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

Utgiver:
© Norges forskningsråd
Fremtidens rene energisystem - RENERGI
www.forskningsradet.no/renergi
September 2007
ISBN 978-82-12-02480-9 (trykk)
ISBN 978-82-12-02481-6 (pdf)

Opplag: 250
Trykk: Mediehuset GAN
Design: Endre Barstad
Illustrasjon: Endre Barstad