

Kompetansebehov i grønne jobber:

En casestudie fra solcelleindustrien

Antje Klitkou



© NIFU STEP Norsk institutt for studier av innovasjon, forskning og utdanning
Wergelandsveien 7, 0167 Oslo

Rapport 36/2010
ISBN 978-82-7218-712-4
ISSN 1504-1824

For en presentasjon av NIFU STEP's øvrige publikasjoner, se www.nifustep.no



Norsk institutt for studier av innovasjon, forskning og utdanning
Norwegian Institute for Studies in Innovation, Research and Education
Wergelandsveien 7, 0167 Oslo
Tlf. +47 22 59 51 00 • www.nifustep.no

RAPPORT 36/2010

Antje Klitkou

Kompetansebehov i grønne jobber:

En casestudie fra solcelleindustrien



Forord

På oppdrag fra HSH, hovedorganisasjonen for handel og tjenester i Norge, har NIFU STEP gjennomført en casestudie om utviklingen av solcelleindustrien i Norge. Utviklingen av den norske solcelleindustrien er valgt som et eksempel på utviklingen av ”grønne jobber” i Norge.

Bakgrunnen for prosjektet var HSHs ønske om mer kunnskap om grønne jobber og hvordan samarbeid mellom utdanning og arbeidsliv på forskjellige nivåer har bidratt og fortsatt bidrar til å utvikle kompetanse som er nødvendig for grønne jobber.

Vi takker informantene fra bedriftene og utdanningsinstitusjonene for deres bidrag til rapporten. Særlig skal her nevnes Anne Haugberg fra REC Wafer, Glomfjord, Geir Nordnes fra NorSun, Ole-Morten Midtgård fra Universitetet i Agder, Otto Lohne fra NTNU, Tanja Pettersen fra Sintef Materialer og kjemi og Per Høiseth fra Telemark tekniske fagskole.

Rapporten er skrevet av Antje Klitkou, som har gjennomført prosjektet i perioden oktober-november 2010. Helge Godø og Inger Henaug har bidratt til rapporten.

Oslo, november 2010

Sveinung Skule
Direktør

Taran Thune
Forskningsleder

Innhold

Sammendrag	7
1 Innledning	9
2 Overtakelse av gamle industribedrifter.....	13
2.1 ScanWafer I og II i Glomfjord	13
2.2 ScanWafer III og IV på Herøya	20
2.3 NorSun i Årdal	25
3 Samarbeid mellom ledende norske solcellebedrifter og universiteter og forskningsinstitutter	31
3.1 Mastergradsutdanning ved NTNU	31
3.2 Doktorgradsutdanning ved NTNU, Sintef og IFE.....	32
3.3 Samarbeid mellom Universitetet i Agder og Elkem Solar	37
4 Strategi for grønn kompetanse?.....	42
4.1 Klimakur 2020.....	42
4.2 Stortingsmeldingen Utdanningslinja	43
5 Konklusjoner.....	45
Referanser	48
Spørreskjema	53

Sammendrag

Utgangspunktet for denne rapporten er et oppdrag fra HSH, hovedorganisasjonen for handel og tjenester i Norge. HSH har ønsket mer kunnskap om grønne jobber og hvordan samarbeid mellom utdanning og arbeidsliv på forskjellige nivåer har bidratt og fortsatt bidrar til å utvikle kompetanse som er nødvendig for grønne jobber. HSH ønsket derfor gjennomført en casestudie, og utviklingen av den norske solcelleindustrien ble valgt som et eksempel på utviklingen av ”grønne jobber” i Norge.

Rapporten er delt i tre hovedkapitler. Kapittel 2 omhandler overtakelse av gamle industribedrifter spesialisert i aluminium, ammoniakk og magnesium og opprettelse av bedrifter spesialisert i produksjon av silisium og wafere for solceller. Vi undersøker her hvordan videreutdanning av industriarbeiderne har bidratt til utviklingen av disse bedriftene. Konkret blir disse prosessene undersøkt ved ScanWafer I og II i Glomfjord, ScanWafer III og IV på Herøya og NorSun i Årdal. Casestudiene baserer seg på presseklipp, sekundærkilder og informasjon innhentet fra bedriftene og deres utdanningspartnere.

Forskning og utvikling var vesentlige elementer da ScanWafer startet opp i Glomfjord på slutten av 1990-tallet. Bakgrunnen for denne starten var økende global etterspørsel etter silisium til solceller på grunn av gunstige støtteordninger for solcelleanlegg i utlandet. Tilgangen på billig vannkraft og rikelig med kjølevann var to konkurransefortrinn. Kontinuerlig teknologiutvikling har foregått i samarbeid med utstyrsleverandørene og har resultert i eksklusive avtaler for å beholde teknologiforspranget. Gjenvinning av silisiumavfall har vært viktig for å redusere deponering av avfall og for å redusere kostnader. Opprettelsen av solcellebedriftene i Glomfjord, på Herøya og i Årdal har hatt viktige ringvirkninger for lokalt og nasjonalt næringsliv og for sysselsetting. Både arbeidssøkende og nye lærlinger har her funnet en framtidsrettet arbeidsplass. En rekke nye kompetansebaserte leverandørbedrifter har oppstått. Kompetanseheving av de ansatte på alle nivåer har vært et svært viktig arbeidsfelt for solcellebedriftene. For å gjennomføre kompetanseheving er det etablert samarbeidsrelasjoner med lokale opplæringsinstitusjoner som videregående skoler, opplæringskontor og tekniske fagskoler.

I kapittel 3 undersøker vi det samarbeidet ledende norske solcellebedrifter har med universiteter og forskningsinstitutter i den hensikt å øke tilgangen til høyt utdannet arbeidskraft med relevant kompetanse på master- og doktorgradsnivå. Casestudien undersøker omfang og spesialisering av mastergradsutdanning og doktorgradsutdanning på feltet, og hvordan samarbeidet mellom arbeidsliv og utdanning har bidratt til å utvikle utdanningene på området. Her undersøkes aktivitetene ved NTNU, Sintef, IFE og Universitetet i Agder.

Ved NTNU er det opprettet studieretninger som er spesialisert i solcellematerialer. Her samarbeides det med Sintef, men også med solcelleindustrien. Enda mer samarbeid finnes i utdanningen av doktorgradsstudenter. Stipendiatene er involvert i et stort antall forskningsprosjekt som er finansiert av Forskningsrådet og medfinansiert av solcelleindustrien. Utbygging av forskningsinfrastruktur ved de ledende forskningsmiljøene ved Gemini-senteret i Trondheim og ved Institutt for energiteknikk (IFE) på Kjeller har bidratt til etablering av et forskningscenter for miljøvennlig energi på solcellefeltet. Senteret ledes av IFE og forener de eksisterende teknologiske kunnskapsmiljøene og aktørene i solcelleindustrien.

Universitetet i Agder har utviklet forskningssamarbeid med Elkem Solar på solcelleteknologi. Forskningsprosjektene har vært medvirkende som katalysatorer for et nytt mastergradsprogram i fornybar energi og også for etableringen av et doktorgradsprogram i teknologi.

Kapittel 4 presenterer resultater av en dokumentanalyse av to utvalgte politiske dokumenter – Klimakur 2020 og St.meld. nr. 44 Utdanningslinja – for å kartlegge i hvilken grad meldingene inneholder noen strategi for utvikling av ”grønn kompetanse” gjennom utdanning eller livslang læring. Dokumentanalysen viser at verken Klimakur 2020-rapporten eller Utdanningslinja inneholder en slik strategi for utvikling av såkalt ”grønn kompetanse”. Samlet kan det sies at rapporten Klimakur 2020 inneholder en grundig gjennomgang av juridiske og økonomiske tiltak i de forskjellige sektorene. Den er basert på sektorvise utredninger som også har god kjennskap til nye teknologiske løsninger. Men rapporten mangler systematisk kjennskap til kompetansebehovene i de forskjellige sektorene og dermed også forståelsen av mulige konsekvenser manglende opplæring kan ha for iverksetting av og suksess som følge av foreslåtte tiltak. Dette gjelder utdanning av fagpersonell, men også livslang læring for de ansatte. Stortingsmeldingen tematiserer i mer generelle vendinger nødvendigheten av å kunne forutsi og bygge opp kompetanse for framtidens jobber, og den tematiserer samarbeid mellom utdanning og arbeidsliv både i opplæring og i livslang læring.

1 Innledning

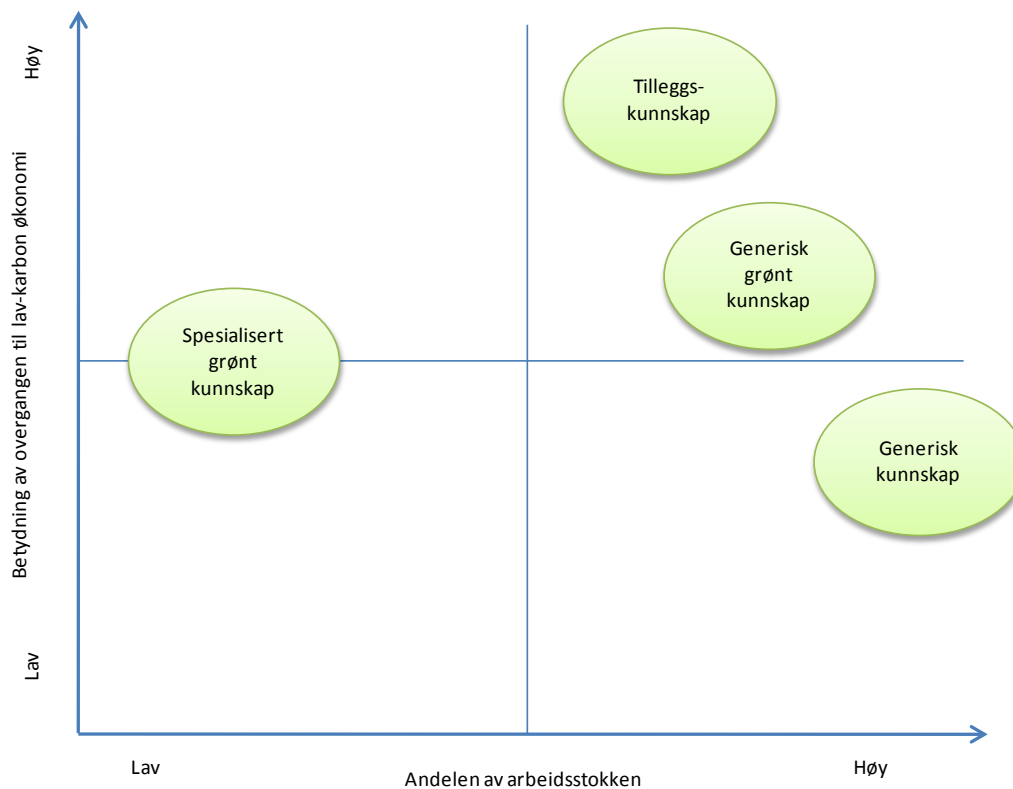
Denne rapporten presenterer en studie av hvordan samarbeid mellom utdanning og arbeidsliv på forskjellige nivåer bidrar til å utdanne kompetanse som er nødvendig for utviklingen av den norske solcelleindustrien. Rapporten er resultatet av et prosjekt for HSH, hovedorganisasjonen for handel og tjenester i Norge.

Studien tar for seg tre prosesser med ulike sett av aktører:

1. Overtakelse av gamle industribedrifter spesialisert i aluminium, ammoniakk og magnesium og opprettelse av bedrifter spesialisert i produksjon av silisium og wafere for solceller. Vi undersøker hvordan videreutdanning av industriarbeiderne har bidratt til utviklingen av disse bedriftene:
 - a. ScanWafer I og II i Glomfjord – basert på Hydros produksjon av ammoniakk
 - b. ScanWafer III og IV på Herøya – basert på Hydros produksjon av magnesium
 - c. NorSun i Årdal – basert på Hydros produksjon av aluminium
2. Samarbeid mellom ledende norske solcellebedrifter (REC og Elkem) og universitet (NTNU) og forskningsinstitutt (Sintef, Institutt for energiteknikk) for å øke tilgangen til høyt utdannet arbeidskraft med relevant kompetanse på master- og doktorgradsnivå. Vi undersøker omfang og spesialisering av mastergradsutdanning og doktorgradsutdanning på feltet, og hvordan samarbeidet mellom arbeidsliv og utdanning har bidratt til å utvikle utdanningene på området.
3. Samarbeid mellom Universitetet i Agder og Elkem Solar på utdanningsfeltet. Casestudien undersøker i hvilken grad samarbeidet har ført til nye utdanningsløp eller tilpassing av eksisterende utdanningsløp.

Utviklingen av grønne jobber fører til bærekraftig vekst og bidrar dermed både til å nå klimamålene og øke sysselsettingen. Ifølge Cedefops rapport "Skills for Green Jobs" (2010) trengs det økt oppmerksomhet rundt kompetansebehovene for utviklingen av grønne jobber. Kompetanse for grønne jobber innebærer først og fremst en oppgradering av kunnskapsprofilene i de eksisterende jobbene og i mindre grad utvikling av helt nye kunnskapsprofiler. Her kan det skilles mellom forskjellige typer kunnskapsoppgraderinger. Utvikling av generisk kunnskap som trengs i alle slags jobber, må styrkes. Det omfatter kommunikasjon, ledelse og administrasjon. Svært viktig er ifølge Cedefop-rapporten generisk grønn kunnskap som omfatter energi- og ressursinnsparing og en forståelse for miljølovgivningen. Det finnes også spesialisert kunnskap som må tilegnes i tillegg til den generiske kunnskapen i noen deler av arbeidsstokken. Kompetansebehovene i de grønne jobbene kan synliggjøres i følgende figur som er basert på Cedefops rapport.

Figur 1: Kompetansebehov i en lav-karbon økonomi. Kilde: Cedefop (2010)



Hvorfor har vi valgt solcelleindustrien som et eksempel på grønne jobber i Norge? I 2009 var over 2000 personer sysselsatt i den norske solcelleindustrien, og omsetningen lå på mellom 10 og 15 milliarder kroner (Energi21, 2010). Vi mener derfor at utviklingen av den norske solcelleindustrien er et godt eksempel når man vil studere utviklingen av ”grønne jobber” i Norge. Det kan ytterligere begrunnes med flere argumenter:

For det *første* bidrar denne industrien til å styrke fornybar energiproduksjon. Det skjer riktignok mest i andre land, for eksempel Tyskland, Japan, Spania osv., hvor det finnes gunstigere solforhold enn i Norge og hvor det ble innført økonomiske incentiver for å bygge opp solcelleanlegg. Derfor selges denne industriens produkter hovedsakelig på det globale markedet.

For det *andre* bruker den norske solcelleindustrien i mye høyere grad fornybar energi, nemlig vannkraft, for å prosessere silisium i solcelleøyemed. I andre land anvendes oftest fossil energi, og solceller produsert i Norge er dermed enda mer miljøvennlige.

For det *tredje* har man i Norge satset på kostnadsreduksjoner ved å effektivisere produksjon av solcellesilisium. Det var og er viktig for å unngå at industrien må flagge ut pga. for høye kostnader. Det har ført til at for eksempel teknologien for prosessering av solcellesilisium utviklet ved Elkem Solar bare bruker en fjerdedel av energiinnsatsen sammenlignet med lignende teknologier i andre land. Kostnadsreduksjoner er også blitt oppnådd ved å satse systematisk på å unngå avfall og resirkulere avfall.

Og for det *fjerde* er flere av de norske solcellebedriftene blitt opprettet i kjølvannet av nedleggelse av gamle og ineffektive industrianlegg for prosessering av ammoniakk, aluminium eller magnesium. Gamle industriarbeidsplasser forsvant, og nye, grønne jobber kunne overta arbeiderne og teknologene fra disse og andre prosessindustrianlegg. Ved automatisering av produksjonsprosessene kunne man hente lærdom fra bilindustrien.

Opprettelsen av grønne industriarbeidsplasser hos primærleverandørene er ledsaget av etablering eller styrking av relaterte produkt- og tjenesteleverandører. Det gjelder leveranse av teknologiske løsninger, prosjektering eller ombygging, nødvendige produkter eller håndtering og resirkulering av avfall. Men også mer generiske tjenester er etterspurt, slik som støttefunksjoner i industriparke, sikkerhets-, renholds- eller cateringtjenester.

For å kunne ansette arbeidere og teknologer i de nye solcellebedriftene trengtes det ofte opplæring eller videreutdanning. Tilrettelegging og utvikling av slike prosesser er også tema i denne rapporten. Utdanning av fagpersonell har foregått på alle nivåer i utdannings-systemet: i de berørte bedriftene, i videregående skoler, i industriens opplæringskontorer, i tekniske fagskoler, høyskoler og universitet og forskningsinstitutt. Med iverksettingen av Reform 94 ekspanderte antallet opplæringskontorer (Michelsen, Høst & Gitlesen, 1998). Ifølge Michelsen et al. fantes det i slutten av 1998 nesten 300 slike kontorer i Norge og utgjorde der den dominerende organisasjonsformen for opplæring overalt i landet. Opplæringskontorene har bidratt til en ny måte å organisere samhandling mellom bedrifter og myndigheter innenfor fagopplæring på. Et opplæringskontor organiseres rundt et antall medlemsbedrifter der størsteparten er spesialisert i forhold til bransje, men det finnes også en del flerfaglige og et mindre antall ettfaglige, mer håndverksorienterte opplæringskontorer. Fagutdanningen ved tekniske fagskoler representerer en annen viktig mulighet for utdanning utenom høyskoler og universitet, og den tilbyr mulighet for oppgradering av eksisterende kompetanse hos ansatte. Statistikk for begge typer fagutdanning bør utvikles. Offentlig støttede forsknings- og utviklingsprosjekter har vært arenaer ikke bare for forskningssamarbeid mellom industriaktører og forskningsmiljøene, men har også bidratt til utdanning av mastergradsstudenter og doktorkandidater. Samarbeidsavtaler mellom bedriftene og utdanningsinstitusjonene har understøttet disse prosessene, og offentlige tiltak har også støttet opp under dem. Utdanning av nye fagarbeidere og teknikere forblir også i fremtiden en viktig oppgave, fordi en del av personalet vil gå av med AFP eller alderspensjon, og det vil bli behov for å erstatte dem.

Rapporten baserer seg på en analyse av sekundærmateriale i norsk presse, eksisterende norsk faglitteratur og supplerende informasjon fra involverte eksperter i industrien og ved forsknings- og utdanningsmiljøene. Det ble sendt ut åpne spørreskjemaer til REC Wafer Norway, NorSun, Telemark tekniske fagskole, NTNU og Universitetet i Agder. Spørsmålene er gjengitt bakerst i rapporten. Vi fikk tilbakemeldinger fra disse ekspertene. Vi fikk ikke noen svar angående REC Wafer i Herøya. I tillegg ble det gjennomført telefonintervjuer med eksperter fra Sintef, NTNU og Telemark tekniske fagskole. Alle informanter fikk mulighet til å kommentere de respektive rapportdelene.

Rapporten inkluderer også en dokumentanalyse av to utvalgte dokumenter – Klimakur 2020 og St.meld. nr. 44 Utdanningslinja – for å kartlegge i hvilken grad meldingene inneholder noen strategi for utvikling av ”grønn kompetanse” gjennom utdanning eller livslang læring.

2 Overtakelse av gamle industribedrifter

I dette kapitlet redegjør vi for tre tilfeller av etablering av solcellebedrifter på gamle industristeder. Vi forteller historien om etableringen av ScanWafer i Glomfjord og på Herøya og av NorSun-fabrikken i Årdal.

2.1 ScanWafer I og II i Glomfjord

Utviklingen av ScanWafer i Glomfjord startet med nedleggelsen av Norsk Hydros gjødselproduksjon i Glomfjord i 1994. Hovedtema for kapitlet er bakgrunnen for opprettelsen av ScanWafer og Renewable Energy Corporation, utviklingen av de to ScanWafer-bedriftene i Glomfjord og ringvirkningene av disse i industriparken i Glomfjord. Kapitlet beskriver hvordan de ansatte ble utdannet for å kunne klare overgangen til nye jobber.

Fra Hydros gjødselproduksjon i Glomfjord til Hydros industripark i Glomfjord

Hydros gjødselproduksjon i Glomfjord startet etter krigen i 1949 (Sagafos, 2005, s. 135). Glomfjord i Meløy kommune i Nordland vokste fram rundt Norsk Hydros ammoniakkfabrikk, men i 1994 avviklet Norsk Hydro sin ammoniakkproduksjon i Glomfjord, og industriarbeidsplasser stod i fare for å forsvinne. Det var allerede diskutert og planlagt i flere år (Godø, 2010), og i 1992 ble det sagt at hundre arbeidsplasser ville gå tapt (Knutzen, 1992). Norsk Hydro grunnla derfor i 1992 Glomfjord industripark, hvor fabrikken var lokalisert. Dette skjedde etter et politisk kompromiss, dvs. den såkalte "Rjukan-modellen". Rjukan-modellen innebar at Hydro fikk beholde kraftkonsesjonene mot finansiering av omstillingsmidler i de berørte kommunene for å utvikle infrastruktur og nye industriarbeidsplasser (Godø, 2010). I 1993 opprettet Norsk Hydro sammen med Meløy kommune Meløy Næringsutvikling fordi Norsk Hydro ønsket å stimulere til ny industriutvikling på stedet. Allerede i 1997 var de hundre arbeidsplassene erstattet med nye (Nilsen, 1997), og flere hundre kom til i løpet av de neste årene. I dag finnes det 15 bedrifter med cirka 650 arbeidstakere i Hydros industripark i Glomfjord. En av de viktigste bedriftene er REC Wafer – her jobber ca. 180 personer. REC Wafer produserer tynne skiver av krystallinsk silisium som brukes i solceller.

Opprettelsen av ScanWafer

Den viktigste gründeren i norsk solcelleindustri – Alf Bjørseth – var forskningsdirektør ved Senter for industriforskning i Oslo, senere forskningsdirektør i Norsk Hydro og deretter teknisk direktør i Elkem fra 1990 til 1994 (Solkongen, 2001). Elkem har produsert silisium for verdensmarkedet, men kvaliteten var ikke tilstrekkelig høy til bruk i solceller. Elkem hadde over flere år investert i forskning og utvikling for produksjon av solcellesilisium og ønsket å videreutvikle sin metallurgiske teknologi til produksjon av silikon for solceller. Derfor kjøpte Elkem i 1990 den britiske bedriften Crystalox som var spesialisert i

fremstilling av krystalliseringsovner til produksjon av silisiumblokker (ingots). Som teknisk direktør ved Elkem utviklet Bjørseth på begynnelsen av 1990-tallet planer om waferproduksjon ved Elkem. På grunn av den finansielle krisen som Elkem var oppe i, måtte slike nye prosjekter utsettes.

Bjørseth ble kontaktet av Reidar Langmo som ledet Meløy Næringsutvikling i Glomfjord, og som prøvde å finne en arvtaker til Norsk Hydros ammoniakfabrikk. Langmo foreslo for Bjørseth å starte produksjon av silisiumskiver (wafere) i Glomfjord. Det gikk Bjørseth med på, siden de globale markedsutsiktene for wafere var svært lovende. Bjørseth sluttet ved Elkem. Hans firma Scatec opprettet i 1994 ScanWafer som ble ledet av Bjørseth og Langmo i fellesskap. Bjørseth kunne ta med seg flere erfarne ingeniører fra Elkem, men også eksperter fra utenlandske foretak hjalp med å bygge opp produksjonslinjen ScanWafer I: David Hukin fra Crystalox som spesialist på krystalliseringsovner og Daniele Margadonna fra Eurosolare som spesialist på saging av silisiumblokkene til wafere (Ruud & Larsen, 2005, s. 21).

Utvikling til Renewable Energy Corporation (REC)

I 1996 ble det opprettet et investeringsselskap, Fornybar Energi AS, og i 1999 SolEnergy AS. Fornybar Energi var eid av Hafslund, Lyse Energi og Tensor Energies og eide selv 12 prosent av aksjene til ScanWafer (Alstadheim, 2000a). Disse to selskapene ble i 2000 slått sammen i et konsern: Renewable Energy Corporation (REC). På det tidspunktet hadde REC bare 12 prosent av aksjene til ScanWafer, men det økte til 71 prosent i 2003, og siden 2004 er ScanWafer heleid av REC (REC, 2010, s. 5).

REC fungerer i dag som holdingsselskap for de forskjellige delene, som er REC Silicon, REC Wafer og REC Solar. Konsernet har kunder i alle deler av markedet for fotovoltaisk solenergi. REC har produksjonsanlegg på syv forskjellige anlegg i fire land og over 3100 ansatte (REC, 2010, s. 4):

- REC Silicon produserer superrent silisium som er råvare for fremstilling av wafere og silangass som er den viktigste råvaren ved produksjon av polysilisium ved RECs produksjonsanlegg i USA. REC selger polysilisium også til elektronikkindustrien og silangass til andre eksterne kunder. I 2009 økte REC Silicon sin produksjonskapasitet for polysilisium gjennom åpningen av et nytt anlegg på 6 500 MT.
- REC Wafer fremstiller multikrystalline silisiumskiver (wafere) og monokrystalline silisiumblokker (ingots) og silisiumskiver for solcelleindustrien ved fabrikkene på Herøya, i Glomfjord og i Singapore. I 2009 økte produksjonskapasiteten til over 800 MW.
- REC Solar fremstiller solceller i Narvik, solcellemoduler i Glava, Sverige og både solceller og -moduler i Singapore. REC Solar deltar også i utviklingsprosjekter. Det forventes en kapasitetsøkning i 2011 til 730 MW for solceller og 740 MW for solcellepaneler.

REC har nesten tredoblet sine FoU-investeringer i løpet av de siste tre årene: fra 111 millioner kroner i 2007 til 213 millioner kroner i 2008 og 304 millioner kroner i 2009. I tillegg kommer utviklingskostnader som er relatert til innføring av ny teknologi i masseproduksjonen ved de forskjellige fabrikkene, og som ikke ble rapportert som FoU-utgifter (REC, 2010, s. 12).

REC Gruppen har satset på å beskytte viktige oppfinnelser som har en nøkkelrolle i produksjonsprosessen. Det ble tatt patent på følgende steg i produksjonen:

- Anvendelse av silangass i Siemensovner og i fluidized bed reaktorer (FBR)
- Andre steg i i produksjon av silangass og polykrystallinsk silisium
- Krystallisering av silisium
- Saging av silisiumblokker
- Saging av silisiumskiver
- Vasking av silisiumskiver
- Separasjon av silisiumskiver (REC, 2010, s. 13)

I tillegg finnes det en del patenter og patentsøknader for fremtidig masseproduksjon. Samlet har REC i 2010 44 innvilgede patenter og 178 patentsøknader som er under behandling. Patentene og patentsøknadene fordeler seg på de enkelte konserndelene som følger (Tabell 2-1):

Tabell 2-1: REC Gruppens patentportefølje i 2010. Kilde: REC (2010)

	Patenter	Patentsøknader under behandling
REC Gruppen	1	48
REC Silicon	35	45
REC Wafer	8	79
REC Solar	0	6
<i>Totalt</i>	<i>44</i>	<i>178</i>

Vi kan konkludere med at forskning og utvikling er viktige deler av RECs virksomhet. Forskning og utvikling var også vesentlige elementer da ScanWafer startet på slutten av 1990-tallet.

ScanWafer I

Det første trinnet i utviklingen av REC var ScanWafer I. Det ble startet prøveproduksjon i 1997 og regulær produksjon året etter. Lenge før produksjonen startet i 1997 hadde ScanWafer sikret seg storkontrakt med flere store internasjonale solenergiselskaper, deriblant finske Neste Advanced Power Systems (NAPS), en finsk aktør i solenergibransjen (Winge, 1996). Bjørseth sa i et intervju i 1996 at ScanWafer ønsket å bli underleverandør til de store internasjonale solenergiselskapene (Winge, 1996). ”I løpet av tre år gikk omsetning fra null til 80 millioner kroner”, sa Bjørseth i et intervju i 2001 (Solkonglomeratet, 2001). Bakgrunnen for den første satsningen var økende global etterspørsel etter silisium til solceller på grunn av gunstige støtteordninger, spesielt i Japan

og Tyskland. Samarbeidet med Statens nærings- og distriktsutviklingsfond (SND) og Nordlandsbanken var svært viktig for å få prosjektet finansiert. SND var villig til å gi investeringsstøtte tilsvarende 25 prosent av det totale investeringsbehovet hvis ScanWafer klarte å skaffe banklån og hvis de kunne dokumentere et marked for wafere. Derfor ble det undertegnet salgskontrakter med flere europeiske kunder, blant annet med NAPS, som dekket ScanWafers produksjonskapasitet i de første fire årene (Ruud & Larsen, 2005, s. 22). I 1997 kunne Bjørseth fortelle at de hadde investert 33 millioner kroner i ScanWafer I, av det var åtte millioner tilskudd fra SND. Og investeringer for ytterligere 20 millioner kroner ble planlagt (Winge, 1997). Til sammen ble det investert 90 millioner kroner i ScanWafer før den neste fabrikken ble bygget (Alstadheim, 2000b). De første private investorene for ScanWafer var Meløy Næringsutvikling (29 prosent, eid sammen av Norsk Hydro og Meløy kommune), Scatec (21 prosent), NSV Invest (17 prosent), Furuholmeninvest (17 prosent), Ficon Industri (11 prosent) og Beam Holding (5 prosent) (Winge, 1996). Senere kom også investeringsselskapet Fornybar Energi AS inn på eiersiden med 12 prosent av aksjene (Alstadheim, 2000a). Som råvare brukte ScanWafer I silisiumavfall fra elektronikkindustrien. Det krevde store mengder elektrisk strøm. Tilgangen på billig vannkraft og rikelig med kjølevann var derfor to av konkurransefortrinnene for bedriften (Alstadheim, 2000b). Meløy Næringsutvikling kunne sikre tilgang til prisgunstig vannkraft fra Norsk Hydro. I 1997 kontrollerte Meløy kommune 250 GWh konsesjonskraft, og Svartisen-anlegget hadde en kapasitet på 2000 GWh (Nilsen, 1997). Skatteinntekten på kraft ble anslått å være på 25 millioner kroner.

ScanWafer II

ScanWafer I hadde bare en begrenset kapasitet, og markedet trengte mye mer. Sommeren 2000 oppnådde ScanWafer I full kapasitetsutnyttning, og kundene – ved siden av NAPs også Eurosolare og Photowatt – ønsket større leveranser. Derfor ble det satset på enda en fabrikk i Glomfjord, men med forbedret teknologi. ScanWafer inngikk i et samarbeid om ny ovnteknologi med det tyske firmaet ALD Vacuum Technologies AG (ScanWafer, 2003, s. 23). ScanWafer hadde siden 2000 hatt en tiårig betinget eksklusiv avtale med ALD Vacuum Technologies AG (ALD) om kjøp av ovner og ovnsrelatert vedlikehold. ALD mottok som del av betalingen aksjeandeler fra ScanWafer. Produksjonslinjen for ScanWafer II ble bygd av Tronrud Engineering, og også her sikret ScanWafer seg eksklusive rettigheter. Den nye teknologien var ennå i prototypefasen og hadde noen startproblemer. Det første året må derfor antas å ha vært vanskelig.

I juli 2001 åpnet ScanWafer II og hadde som mål å øke produksjonen av krystallinsk silisium for solceller fra 10 til 50 MW per år. Dette representerte 25 prosent av verdensmarkedet i 2000. Med den nye fabrikken ble ScanWafer verdens største produsent av krystallinsk silisium. Den største konkurrenten var Bayer Solar i Tyskland med en produksjon på 34 MW (Alstadheim, 2000b). Denne nye fabrikken betydde også en økning i arbeidsstokken fra 50 til ca. 110 ansatte. Investeringene i ScanWafer II var til sammen på 240 millioner kroner. 130 millioner kroner ble skaffet til veie gjennom en privat plassering, blant annet investerte her Hafslund og Lyse Energi og konkurrenten Elkem (Alstadheim,

2000b). Men i 2001 var Elkem igjen ute av eiersiden (Solkonglomeratet, 2001). Statens nærings- og distriktsutviklingsfond (SND) bidro med tilskudd og lån, og noe ble lånefinansiert av DnB, mens Scatec beholdt aksjemajoriteten i ScanWafer. ScanWafer kunne inngå langsiktige, store kontrakter med nederlandske Shell Solar BV, japanske Mitsubishi og taiwanske Motech Industries.

Tilgangen på rent silisium ble etter hvert kritisk for ScanWafers suksess. Man kunne ikke basere seg bare på silisiumavfall fra elektronikkindustrien. En måte å takle denne situasjonen på var å gjenvinne så mye som mulig av silisiumavfallet. Helt siden starten prioriterte ScanWafer miljøtenkning. Gjennom samarbeid med internasjonal ekspertise satset bedriften på å gjenvinne så mye som mulig av innsatsfaktorer, både for å redusere deponering av avfall og for å redusere kostnader (ScanWafer, 2003). En viktig kilde til avfall er saging av silisiumskivene. Her kom HCT (nå Applied Materials Switzerland SA) inn i bildet. Scanwafer var også her involvert i utviklingsprosessen. Dermed fikk Scanwafer eksklusive rettigheter til HCTs skivesag (Hanson, 2008). Senere ble tilgang på solcellesilisium sikret gjennom oppkjøp av Advanced Silicon Materials fabrikker i USA.

Ringvirkninger av ScanWafer-bedriftene i Glomfjord

Opprettelsen av ScanWafer-bedriftene i Glomfjord har også bidratt til etablering av flere andre bedrifter i den samme industriparken, men også til vekst i leverandørindustrien som er lokalisert i andre deler av landet. Eksempler på bedrifter i Glomfjord industripark som er direkte relatert til etablering av REC-bedriftene, er:

- *Si Pro AS*

Bedriften bearbeider avkappet fra silisiumingotene som støpes i ovnene hos de to REC-bedriftene Glomfjord Multi og Glomfjord Mono. Bedriften har nær 30 ansatte. I REC-bedriftene blir ingotene saget i blokker og senere ferdige wafere. Avkappet fra ingotene skal renses før det resirkuleres i waferproduksjonen. I dette leddet av verdikjeden kommer Si Pro inn. Si Pro renser avkappet i ulike bearbeidingsprosesser, før det fraktes tilbake til solcellebedriftene. En del av resirkuleringen gjøres også for REC Wafer på Herøya. Resirkuleringen var opprinnelig et virksomhetsområde i Meløy BedriftsService, før Si Pro ble stiftet i slutten av 2005. Si Pro hadde i 2008 en omsetning på om lag 31 millioner kroner. Si Pro resirkulerer både monokrystallinsk og multikrystallinsk silisium. Bedriften har siden 2010 også en fabrikk i Singapore med 25 ansatte, ved siden av fabrikkene i Glomfjord.

- *SiC Processing AS*

SiC Processing AG er et tysk selskap og verdens ledende innenfor prosessering og gjenvinning av skjærevæske (en blanding av silisiumkarbid og polyetylen glykol) for saging av wafere i solcelleindustrien. SiC Processing AG har etablert datterselskapet SiC Processing AS, med to fabrikker på Herøya i Porsgrunn og én i Glomfjord. Glomfjord-fabrikkene ferdigstilles og startes i 2010. Det blir 200 ansatte fordelt på de tre fabrikkene.

- *SiNor AS*

SiNor ble etablert i 1997 med mål om å bli en ledende leverandør av monokrystallinsk silisium til den internasjonale halvlederindustrien. Bedriften gikk senere inn i SiTech som senere ble et datterselskap i REC-konsernet under navnet REC Wafer Glomfjord Mono.

I dag finnes det to REC Wafer-bedrifter som produserer wafere i Glomfjord: Glomfjord Mono og Glomfjord Multi. Glomfjord Mono het tidligere REC SiTech og ble etablert i 2004 og ble et datterselskap i REC konsernet i 2005. Bedriften produserer monokrystallinske silisiumskiver og har 165 ansatte. Glomfjord Multi omfatter de ScanWafer-fabrikkene (I og II) i Glomfjord og produserer multikrystallinske wafere. Bedriften har om lag 190 ansatte ved sine fabrikker i Glomfjord. I 2008 ble oppgraderingen og utvidningen av Glomfjord Multi avsluttet: Det førte til en kapasitetsøkning til ca. 300 MW (Halvorsen, 2008d).

I tillegg finnes det en del andre bedrifter som utfører kunnskapsbaserte tjenester og som har etablert seg i samme område, som for eksempel:

- *Molab as*

Molab er en av Norges største kommersielle laboratoriebedrifter med 53 ansatte og egne avdelinger i Glomfjord og på Herøya. Bedriften er et datterselskap til Sintef og utfører blant annet industrielle analyser og miljøanalyser. Den betjener metallurgisk industri og bergverk og har kompetanse på analyser av silisiumkarbid som brukes i skjæreveske for saging av wafere og silikastøv.

- *BIS Production Partner*

Bedriften er en aktør på det europeiske markedet for leveranser av vedlikeholds- og prosjektjenester. Den har utført viktige oppdrag for industriparken og annen industri i Nord-Norge for øvrig. BIS Production Partner er en viktig leverandør av produkter og tjenester til ScanWafer og SiTech i Glomfjord. Bedriften har prosjektert rørinstallasjoner samt automasjon og lav- og høyspentinstallasjoner for ScanWafer, og den har installert og ombygd fabrikkbygg både for ScanWafer AS og for SiNor AS.

Kompetanseheving ved ScanWafer-bedriftene

Begge REC Wafer-bedriftene i Glomfjord har kontinuerlig utdannet lærlinger, men siden det utvikles flere nye industribedrifter i Glomfjord, er det stor etterspørsel etter lærlinger og annen kompetent arbeidskraft. Meløy kommune er blitt kritisert av RECs fabrikkdirektør Tore Matre for at den ikke har lagt tilstrekkelig til rette for økt tilgang av arbeidskraft i forkant av industriutbyggingen (REC: satser på lærlinger, 2008). Det gjelder leiligheter, veier, skoler, barnehager og annen infrastruktur.

Tanken var å bruke REC Glomfjord-bedriftene til opplæring av personell fra Singapore-bedriften, men omfanget av Singapore-prosjektet ble redusert, og det medførte at behovet for opplæringskapasitet i Glomfjord ikke ble så stort som antatt (Eik, 2008).

Det følgende avsnittet baserer seg på informasjon mottatt fra REC Wafer Norway AS, Glomfjord, på basis av et åpent spørreskjema (Haugberg, 2010).

- *Hvor kom personellet fra?*

De aller fleste som ble ansatt i ScanWafer I, var fra nærområdet, dvs. Meløy kommune. Noen få hadde industrierfaring, men de fleste kom fra andre yrker (bilmekaniker, anleggsbransjen, butikk, elektroteknikk osv.). I tillegg var også mange arbeidsledige.

Da ScanWafer I ble startet opp, var det få personer med høyere utdanning i virksomheten, og i begynnelsen ble disse rekruttert fra andre steder i Norge. Men etter hvert ble det også her rekruttert lokalt ved at personer flyttet hjem til Meløy eller at ektefelle/samboer fikk jobb hos andre arbeidsgivere i Meløy. I noen tilfeller måtte ScanWafer betale husleien i en periode for at personer i det hele tatt skulle takke ja til arbeid i virksomheten. Men det gjaldt kun for personer uten tilknytning til kommunen. To personer ble leid inn som spesialister på wafer-produksjon, og det var disse som stod for opplæringen av personalet i oppstartsfasen.

Situasjonen var nokså lik da ScanWafer II ble etablert. Den største forskjellen var naturlig nok at nå var ScanWafer en bedrift man hadde hørt om i Meløy. ScanWafer II rekrutterte mange mennesker i løpet av kort tid, og med noen få unntak kom alle fra nærområdene (kommunene Meløy, Rødøy, Gildeskål). Personene som ble rekruttert, hadde svært ulik bakgrunn, og få av dem hadde relevant industrierfaring.

Fortsatt kommer i all hovedsak bedriftens personell fra nærområdet.

- *Kvalifiseringstiltak i starten av ScanWafer I*

Virksomheten inngikk et samarbeid med daværende Arbeidsmarkedsetaten om et kvalifikasjonskurs for jobb i ScanWafer ved oppstart. ScanWafer stilte med kursholder, mens Arbeidsmarkedsetaten organiserte kurset og betalte kursstønad til deltakerne, siden de aller fleste var arbeidssøkere. Det ble holdt to kurs. Det første var et AMO-kurs: "Grunnleggende rekruttering ScanWafers" som begynte i mars 1996 og sluttet i september samme år. Opptakskriteriet for kurset var at man måtte være registrert som arbeidssøkende eller under omskolering. Av de som gjennomførte dette kurset, fikk noen tilbud om å ta trinn II gjennom et 2-måneders kurs fra oktober til desember. Noen valgte imidlertid å ikke gå videre fordi de fikk tilbud om jobb på andre fabrikker i Industriparken eller de syntes ikke dette var noe for dem. Kurs trinn II, som var direkte rettet mot produksjon av wafere, ble holdt av David Hukin fra Crystalox. Etter endt kurs ble realkompetansen til kursdeltakerne vurdert, og de aller fleste fikk tilbud om fast ansettelse i virksomheten.

- *Støtte fra offentlige etater*

Virksomheten fikk lån og tilskudd fra SND både ved etableringen av ScanWafer I og ved byggingen av ScanWafer II. Videre fikk ScanWafer lån og tilskudd gjennom NT-

programmet (Ny teknologi), og de bidrog også til delvis finansiering av noen prosjekter. Meløy Næringsutvikling gikk inn og garanterte for innkjøp av råstoff til produksjonen i begynnelsen.

Med unntak av kvalifikasjonskurset som ble gjennomført i samarbeid med arbeidsmarkeds-etaten, har ScanWafer kun fått dekket deler av lønnskostnadene for noen få enkeltpersoner for en periode.

- *Samarbeid med utdanningsinstitusjoner og andre bedrifter*

De aller fleste bedriftene i Glomfjord Industripark inngår i et samarbeid med Meløy videregående skole via Opplæringskontoret i Meløy.¹ Gjennom samarbeidet forplikter bedriftene seg til å ta imot noen elever på utplassering hvert år. ScanWafer rekrutterer flesteparten av lærlingene sine derfra, og skolen tilbyr voksenopplæring som gir nødvendig teoretisk kunnskap slik at en senere kan ta fagbrev i faget.

I forbindelse med at en av ScanWafers tidligere medarbeidere tok doktorgradsstudiet ved NTNU ble det inngått en avtale med Industriens Idéfond om dekning av lønn og deltakelse på relevante vitenskapelige konferanser, messer etc.

- *Kompetansebehov tilgang til nok fagutdannet personell*

Dagens kompetansebehov dekkes hovedsakelig gjennom nyrekruttering, intern opplæring, erfaringsutveksling på tvers i REC-konsernet og eksterne kurs/konferanser. REC Wafer har god tilgang på lærlinger innen produksjonsteknikk, jf. samarbeidet med Meløy videregående skole. Når det gjelder rekruttering av teknikere og ingeniører, er dette noe vanskeligere, men bedriften får i all hovedsak den kompetanse den ønsker.

- *Tiltak for fortløpende kompetanseoppdatering*

- Det ble gjennomført en rekke tiltak til kompetanseheving:
- Skolering av egne voksne medarbeidere
- Årlig inntak av nye lærlinger
- Interne kurs
- Lovpålagte kurs innenfor enkelte fagområder
- Delta på relevante EVU-kurs og konferanser.

2.2 ScanWafer III og IV på Herøya

Dette kapitlet omhandler prosessen rundt opprettelsen av ScanWafer-fabrikkene på Herøya. Først beskrives kort bakgrunnen for industriutviklingen på Herøya, som er sentrert rundt Norsk Hydros industri- og forskningsvirksomhet over mange tiår. Vi gjør så rede for

¹ Opplæringskontoret i Meløy har ved siden av Meløy kommune en rekke medlemsbedrifter som omfatter også REC Wafer Norge og Si Pro as.

samarbeidet mellom Norsk Hydro og ScanWafer, bidrag fra norske leverandører og miljøgevinst. Avslutningsvis er kompetanseutviklingen ved ScanWafer på Herøya tema.

Industriarbeidsplasser i Grenland

Industrien i Grenland er konkurranseutsatt i forhold til utlandet, noe som bidrar til at en del industriarbeidsplasser legges ned eller flagges ut. Arbeidsmarkedet for prosessingeniører er derfor anstrengt i Grenland. Bedriftene effektiviseres og slanker seg, slik som Hydro, Borealis eller Norcem, de legges ned, slik som Norske Skogs Union, eller de flytter ut, slik som Porsgrunns Porselensfabrikk. På hele 1980- og 1990-tallet foregikk en kontinuerlig nedbemanning på Norsk Hydro i Porsgrunn. Nye industriarbeidsplasser er en mangelvare (Steensen, 2006). Bakgrunnen for denne utviklingen er at industrianleggene i Grenland er for små til å kunne være konkurransedyktige, og det mangler statlige investeringer i infrastruktur for en stabil energiforsyning, som for eksempel gassledning til Grenland. I tillegg er utdanning av fagpersonell etterspurt (Steensen, 2006). I de siste årene er det imidlertid blitt etablert en del nyskapende bedrifter i Grenland, og en av dem er ScanWafer på Herøya.

Norsk Hydro på Herøya

Det er lange industritradisjoner på Herøya i Porsgrunn. Norsk Hydro har drevet industri- og forskningsvirksomhet her siden 1928. Industrivirksomheten er i hovedsak knyttet til produksjon av gjødsel, magnesium og plast. I 2002 ble det bestemt at magnesiumproduksjonen skulle nedlegges. Hydro Porsgrunn sysselsetter fremdeles mange mennesker, men nedleggelsen av magnesiumproduksjonen betydde et stort tap av arbeidsplasser i Porsgrunn. Blant annet måtte en hel avdeling med 15 forskere spesialisert på prosessering av magnesium finne seg nye jobber (Halvorsen, 2003c).

Avtalen mellom Norsk Hydro og ScanWafer

I 2001 inngikk ScanWafer ASA og Norsk Hydro en intensjonsavtale som innebar bygging av en ScanWafer-fabrikk i Herøya Næringspark for produksjon av silisiumskiver til solceller. Produksjonsstart for ScanWafer III var 2003. ScanWafers nye fabrikk sysselsatte 89 personer og ble den tredje ScanWafer fabrikk (Halvorsen, 2003a). De fleste ansatte ble rekruttert blant de overtallige ansatte ved Hydro Porsgrunn Industripark etter nedlegging av Norsk Hydros magnesiumfabrikk (ScanWafer til Herøya, 2001).

For ScanWafer betydde den nye fabrikk på Herøya ”nærhet til et stort industrielt miljø, god tilgang på prosess- og forskningskompetanse, god infrastruktur internt på Herøya og god beliggenhet for eksport. For Hydro Porsgrunn Industripark representerer etableringen tilførsel av nye sikre arbeidsplasser innenfor en framtidrettet bransje i vekst” (ScanWafer til Herøya, 2001). ScanWafer III økte ScanWafers produksjonskapasitet med ca. 70 prosent (Halvorsen, 2003a). Egentlig hadde ScanWafer planlagt å bygge en ny fabrikk i utlandet, nærmere kundene i Europa (Jørgensen, 2000). Avtalen mellom ScanWafer og Hydro sikret ScanWafer et areal på 30 mål, men de fikk også en opsjon på kjøp av ytterligere 30 mål.

ScanWafer på Herøya

”Fabrikken på Herøya er en videreføring av erfaringene fra fabrikkene i Glomfjord. Men det er lagt inn en rekke teknologiske forbedringer, både i materialstrømmen og i ulike automatiserte løsninger” (Halvorsen, 2003b). De nye løsningene var basert på det ypperste som fantes av produksjonsutstyr og ble organisert på en logisk, enkel og oversiktlig måte, ifølge Halvorsen. Det ble inngått samarbeidsavtaler med utstyrsleverandører i en rekke land inkludert Norge, og ScanWafer deltok i teknologiutviklingen med noen av leverandørene og sikret seg eksklusiv bruksrett til en del av produksjonsutstyret for fremstilling av solcelleskiver. Virkningsgraden på ScanWafers produkter lå ca. 15 prosent over markedsgjennomsnittet for multikrystallinske solceller. Den høye automatiseringsgraden bidro til sterke kostnadskutt og effektivisering.

Norske leverandører bidro med avansert utstyr:

- Tronrud Engineering leverte automatiseringsutstyr til selve skiveproduksjonen.
- Artech AS leverte automatiseringsutstyr for transport av silisiumblokkene, som betydde en vesentlig forbedring i forhold til ScanWafer I og II.
- Storøy Elektro leverte slurry-anlegget for skjærevæsken, en blanding av silisiumkarbid og polyetylenglykol som benyttes til skjæring av blokkene opp til tynne skiver (wafere) (Halvorsen, 2003b).

Det ble også gjort en del viktige miljøinvesteringer:

- for gjenvinning av inntil 80 prosent av skjæringsvæsken ble det bygd et eget anlegg av tyske SiC Processing GmbH,
- et mekanisk renseanlegg som reduserer utslipp av sagspon, og
- et biologisk renseanlegg for nedbryting av såpe og kjemikalier (Halvorsen, 2003b).

ScanWafer IV

ScanWafer IV var en ny fabrikk som ble bygd ved siden av ScanWafer III. Med den nye fabrikken doblet ScanWafer sin produksjonskapasitet på Herøya til 380 MW (Halvorsen, 2006e). Etableringskostnadene for ScanWafer IV var 90 millioner euro, og det ble ansatt til sammen 180 nye medarbeidere (Halvorsen, 2006e). Utstyret som ble installert i ScanWafer IV, var basert på samme teknologiplattform som i den andre fabrikken, men med en høyere grad av automatisering og produktivitetsfokus. Det tilstrebes kompatibilitet, slik at man senere kan foreta parallelle oppgraderinger i alle fabrikkene (Halvorsen, 2006a). Ved automatisering av produksjonsprosessene har man hentet lærdom fra bilindustrien. Etter ferdigstilling av ScanWafer IV hadde REC Wafer en andel av verdensmarkedet for wafere på 14 prosent (22 prosent av multikrystallinske skiver, 14 prosent av totalmarkedet for silisiumskiver) (Halvorsen, 2006a). REC Wafer sikret seg i 2006 en ny langsiktig kontrakt for leveranser av multikrystalline silisiumskiver til Taiwans Motech Industries.

De teknologiske løsningene som anvendes i ScanWafer IV, er kommet mye lenger enn ScanWafer I. I den første produksjonslinjen var tykkelsen på waferne 330 mikrometer, mens i ScanWafer IV ble tykkelsen redusert til 180 mikrometer. Dette betyr nesten en dobling av ferdige produkter med tilnærmet likt materialforbruk og innsats (Halvorsen, 2008c).

Sommeren 2008 besluttet REC å bygge en stor fabrikk i Singapore som skulle produsere wafere, solceller og moduler. REC skulle investere nærmere 13 milliarder kroner i dette prosjektet. Fabrikken er nettopp åpnet (høsten 2010). Samtidig med denne investeringsbeslutningen vedtok REC også en oppdatering og kapasitetsøkning av REC Wafer på Herøya. Kapasiteten i norsk waferproduksjon skal øke med 100 MW til om lag 1,75 GW i 2011 (Dalløkken, 2008; Halvorsen, 2008a).

Teknologisenter på Herøya

I 2004 opprettet REC ScanWafer et forskningsmiljø på Herøya. I slutten av 2008 var 40 personer ansatt der. Sommeren 2009 ble et nytt teknologisenter innviet (Halvorsen, 2008a). Teknologisenteret inkluderer en komplett prosesslinje med alle deler, fra smelteovn via saging til vask og håndtering. Senteret er moduloppbygd for enkelt å kunne endre ulike parametre i forskningsarbeidet (Halvorsen, 2008a). Målet med arbeidet i teknologisenteret er å sørge for at de store produksjonslinjene på Herøya og i Glomfjord på sikt kan levere flere silisiumskiver til lavere kostnad.

Tilgang på verdens beste forskere var en utfordring for teknologisenteret. Det var vanskelig å få dem til å flytte til Norge og til Herøya. Men lederen for teknologisenteret, Øyvind Gjerstad, kunne stadfeste: ”vi har et godt internasjonalt renommé, vi har hatt muligheten til å være kresne i våre valg og har fått tak i den spisskompetansen vi trenger, til tross for at mange av våre konkurrenter er ute etter de samme folkene” (Halvorsen, 2008a).

Ringvirkninger av ScanWafer-etableringen på Herøya

ScanWafers etablering på Herøya hadde også ringvirkninger for andre industrietableringer. Fabrikkdirrektøren ved REC Wafer på Herøya estimerer at det ble skapt jobb for rundt 1000 mennesker på grunn av ScanWafers etablering. Eksempler er:

- *HyCore*: I 2007 etablerte Norsk Hydro og belgiske Umicore firmaet HyCore ANS. HyCore startet i 2007 bygging av et pilotanlegg til 200 millioner kroner i Hydros industripark på Herøya. Pilotanlegget var ferdig i 2008 og hadde en årlig produksjonskapasitet på 20 tonn superrent silisium. HyCore skulle anvende og videreutvikle en teknologi som Hydro og Umicore har utviklet for å omdanne metallurgisk silisium til superrent silisium. Man planla, dersom pilotprosjektet ble vellykket, å bygge en større fabrikk på Herøya i 2010, med en årlig kapasitet på 1200 tonn (Steensen, 2007b). Men slik gikk det ikke. I begynnelsen av 2010 besluttet Norsk

Hydro å avslutte satsingen. Grunnen til denne avgjørelsen var usikkerhetsmomenter rundt teknologien og det sviktende internasjonale markedet (Gram, 2010).

- *SiC Processing as:* For å gjenvinne skjærevæske til saging av wafere ble det etablert et samarbeid med tyske SiC Processing. Det ble bygget to fabrikker på Herøya: Herøya I ble startet opp i 2006, mens Herøya II ble ferdigstilt og startet opp i 2009.
- *Ekro as:* Ekro oppgraderer resirkulert superrent solcellesilisium. Ekro opprettet en egen Silisium-Resirk avdeling etter at Ekro AS fant en kostnadseffektiv metode for fjerning av forurensninger i silisium-avkapp. Avdelingen har etablert seg som ledende på dette feltet og har langsiktige kontrakter med REC Wafer på Herøya.
- *Bandak as:* Bandak tar seg av ulike typer maskineringsoppdrag på fast kontrakt. Bandak har inngått en avtale om "grooving" og "recoating" av wireguider til REC Wafer. Bandak har hovedkontor i Lunde i Telemark. Bedriften har leid lokaler av Herøya Næringspark og flyttet produksjonsutstyr og personell til Herøya for å utføre denne tjenesten.

Kompetanseutvikling i samarbeid med offentlige aktører

Porsgrunn kommune og Aetat var viktige bidragsytere når det gjaldt å få realisert industriell nyetablering på Herøya. Kommunen investerte 10 millioner kroner som et bidrag til å åpne og tilrettelegge industriområdet på Herøya for nyetablering og utvikling, og Aetat ga tilskudd til kompetanseheving og opplæring av ScanWafers nye medarbeidere (ScanWafer til Herøya, 2001). Mange av de nye medarbeiderne fikk i tillegg opplæring ved ScanWafers fabrikker i Glomfjord (Halvorsen, 2003a).

Hele prosessen med opplæring og kompetanseendring ble gjennomført i nært samarbeid med Telemark tekniske fagskole, som igjen kunne trekke veksler på kompetanse ved Høgskolen i Telemark. Fagskoleutdanning er en yrkesrettet utdanning som bygger på videregående opplæring eller tilsvarende realkompetanse. Den er i større grad direkte koblet til arbeidslivets behov. I et intervju sa Høiseth fra Telemark tekniske fagskole at dette har "... vært inspirerende undervisning. Vi underviser ikke teoretikere, men folk med høy praktisk kompetanse. Hensikten har vært å bevare den praktiske kompetansen de har og tilpasse den til sin nye arbeidsgiver" (Halvorsen, 2003a).

Telemark tekniske fagskole har ifølge Høiseth lært opp operatører i produksjon og vedlikehold, samt noen 1. linjeledere (Høiseth, 2010). Ved den første ScanWafer-fabrikken på Herøya kom over halvparten av kursdeltakerne fra den gamle magnesium-fabrikken til Norsk Hydro. Det var en arbeidsplass med en mer gammeldags arbeidskultur og andre typer arbeidsoppgaver.

Ved utviding av ScanWafer-bedriften på Herøya var fagskolen igjen en hovedleverandør av utdanning i automatiserte produksjonsprosesser. I begynnelsen av 2005 var det 50

ansatte som fikk sin etterutdanning der (Johansen, 2005). Ved etablering av den andre ScanWafer-fabrikken på Herøya kom arbeiderne fra flere industribedrifter i Grenland, slik som Union, Elkem, Norcem osv., men det ble også ansatt folk med en helt annen yrkesbakgrunn, som for eksempel håndverkere eller bakere. Opplæringen gikk da mye på produksjonsprinsipper, og "lean manufacturing" stod sentralt. Deltakerne ga i følge Høiseth veldig gode tilbakemeldinger om fagskoleopplæringen, og denne opplæringen var også etterspurt blant de nytilsatte.

Opplæringen startet ifølge Høiseth med 300 timer og tilsvarende tid gikk til opplæring i bedriften, men fra 2004 ble opplæringen redusert til 150 timer. Samtlige nyansatte operatører deltok i opplæringen. Opplæringen inkluderte følgende fagemner:

- Produktkunnskap, materiallære og prosesskunnskap
- Kvalitet
- Produksjonsstyring og materialadministrasjon
- HMS
- Optimal bruk av maskiner og utstyr
- Vedlikehold
- Samarbeid og ledelse
- Innføring i robotteknologi og robotstyring.

Inntil 2009 arbeidet Telemark tekniske fagskole også med fortløpende kursing av REC Wafers ansatte, men i 2009 hadde REC-gruppen dårlige økonomiske resultater og måtte skjære ned på kursvirksomheten. Kursing vil muligens tas opp igjen i 2011.

Som en følge av nedleggelsen av Union-fabrikken i mars 2006 kom det flere kompetente arbeidstakere til ScanWafer. De ble hovedsakelig ansatt i ScanWafer IV. En av de Union-ansatte ble fabrikk sjef for anlegget til SIC Processing som også ble bygd på Hydros industritomt. Union har tradisjonelt gitt inntil 80 prosent støtte til videreutdanning av sine ansatte. Ved nedleggelsen av Union besluttet Norske Skog å gi 1,5 G til etterutdanning. Det ble også gitt tilbud om kortere kurs, som ukekurs i installasjon, automasjon eller vedlikehold (Aarvig, 2006).

2.3 NorSun i Årdal

Det ble forsøkt å få en ny ScanWafer fabrikk til Årdal, men det lyktes ikke. I stedet kom NorSun, en annen solcellebedrift opprettet av Scatec-gründeren Alf Bjørseth. I det følgende skal denne prosessen belyses: først hvorfor man ikke lyktes med etablering av ScanWafer i Årdal, dernest etableringen av NorSun og de prosessene som la til rette for det, og til slutt, kompetanseutviklingen ved NorSun.

Norsk Hydro i Årdal og ScanWafer

Norsk Hydro besluttet å stenge Søderbergovnene ved aluminiumsverket i Årdal juni 2007 på grunn av mangel på ny kraft til konkurransedyktige priser (Steensen, 2007a). Søderberglinjen hadde vært i drift siden 1962. Denne prosessen betydde en kraftig nedbemanning i Årdalsverket – 90 personer mistet jobben sin – og det truet hele tettstedet. I 2004 etablerte Årdal kommune og Hydro Aluminium i fellesskap Årdal Framtid as. Hovedfokus for Årdal Framtid ble å utvikle nye, større industriprosjekt i Årdalsregionen, og gjennom dette skape nye arbeidsplasser som skulle erstatte de som falt bort på grunn av den planlagde nedleggningen av Søderberg-linjen i 2007. Det ble bevilget store summer for å omstille næringslivet i Årdal kommune: totalt 200 millioner kroner. Av dette kom 125 millioner fra Norsk Hydro, og 75 millioner kroner kom fra staten. Staten Industrivekst Anlegg (Siva) besluttet at Årdal skulle være et industrielt knutepunkt (Steensen, 2007a). Det førte til en stor interesse fra næringslivets side for å etablere seg i Årdal, blant annet fra ScanWafers side.

Årdal ble identifisert som et aktuelt lokaliseringalternativ for ScanWafer på grunn av gode støtteordninger og en etablert industrikultur. Hydro Aluminium stilte med omstillingsmidler, og Årdal kommune sa seg også villig til å hjelpe nye virksomheter i gang. ScanWafer søkte i tillegg Innovasjon Norge om 390 millioner kroner til å starte ny fabrikk på Årdalstangen, men fikk i første omgang bare bevilget 70 millioner kroner (Stensvold, 2004b). Fordi støttenivået ble ansett som for lavt, vurderte ScanWafer andre lokaliteter eller utvidelse av anleggene i Glomfjord og Herøya (Stensvold, 2004a). Det igjen førte til at Norsk Hydro og staten i oktober 2004 sammen la frem en pakke med 350 millioner kroner til etablering av ScanWafer i Årdal. Styret i REC Gruppen anså dette beløpet som for lavt og besluttet å droppe planene for en ny ScanWafer-fabrikk i Årdal (Halvorsen, 2005). I stedet bygget de en ny fabrikk på Herøya, med en kostnadsramme på 90 millioner euro (Halvorsen, 2006e). (Se nærmere i forrige kapittel om ScanWafer på Herøya.)

Scatec og NorSun

Etter at Bjørseth gikk av som konsernleder for REC Gruppen og solgte sine aksjer, grunnla hans firma Scatec en ny bedrift for produksjon av silisiumskiver til solceller – NorSun. Denne bedriften etablerte seg i Årdal. Bjørseth investerte 500 millioner kroner i en avansert silisiumfabrikk på Hydros bedriftsområde på Årdalstangen (Valmot, 2006). Støtten fra det offentlige var planlagt å ligge på rundt 10 prosent av etableringskostnadene. Andre infrastrukturelementer ble ansett som viktigere enn denne støtten, slik som tilgangen på lav nettleie til strømmen og til kaldt kjølevann for prosessene (Valmot, 2006). I desember 2006 ble NorSun priset til 1,4 milliarder kroner. Norsk Hydro gikk i 2006 inn på eiersiden med 150 millioner kroner eller 16 prosent av aksjene (Helgesen, 2006). Våren 2008 økte Hydro innskuddene i NorSun med 250 millioner til 400 millioner kroner (Gram, 2008; Strande, 2008). Bjørseth eier selv 31 prosent av aksjene, og Good Energies som tidligere hadde investert i ScanWafer, kjøpte i 2007 15 prosent av aksjene (Halvorsen, 2007b). Våren 2008 ble NorSun priset til 4,6 milliarder kroner på grunn av innskudd fra

Good Energies og Norsk Hydro. I denne emisjonen deltok også japanske Itochu Corporation, Jon Hindar, Arne Blystad, Bjørge Gretland og Alf Bjørseth som samlet har aksjer for over 1 milliard kroner (Strande, 2008). Innovasjon Norge bidro med 30 millioner kroner i omstillingsmidler. Tilskuddet fra Innovasjon Norge var en viktig del av en samlet finansieringspakke som sikret etablering av i første omgang 100 arbeidsplasser i Årdal (Halvorsen, 2006d). Finanskrisen og vanskeligheter med oppstarten bidro til at NorSuns verdsetting ble kraftig redusert i løpet av 2008: til 2 milliarder kroner. Våren 2009 kom nye midler fra hovedinvestorene inn; i tillegg sikret NorSun seg lån fra DnBNor og Nordea (Olsen, 2009).

NorSun-fabrikken ble bygd av SIVA og leies av NorSun. Byggeprosessen startet i mars 2007, prøvedriften startet allerede i februar 2008, bygningen ble ferdig våren 2008 og fabrikken åpnet i juni 2008. I slutten av 2007 hadde fabrikken allerede ansatt 77 personer (Halvorsen, 2007c). Det er planlagt at fabrikken i Årdal ved full produksjon skal oppnå en kapasitet tilsvarende 155 MW per år (Aadland, 2008a). I 2011 skal produksjonskapasiteten økes til 400 MW (Valmot, 2006). I april 2010 ble det meldt at Årdal-fabrikken hadde 200 ansatte og at bedriften planlegger å ansette enda flere.

Tilgang til polysilisium var og er fortsatt en av flaskehalsene. Norsun kjøper faste årlige volumer polysilisium fra SunPower Corporation til faste priser, og fabrikken i Årdal produserer monokrystallinske silisiumstaver og wafere til SunPower. Leveransene startet opp i 2007 og fortsetter ut 2019 (Halvorsen, 2007b). Leveranse av polysilisium fra SunPower dekket ikke hele behovet til NorSun. Derfor måtte NorSun finne andre kilder. Her kom også Elkem Solar inn som én av flere mulige leverandører. NorSun er også involvert i etablering av produksjonskapasitet for polysilisium i Frankrike (Valmot, 2006) og Saudi-Arabia (Aadland, 2008a).

NorSun produserer også solceller, ikke bare wafere. I Tyskland er NorSun involvert i produksjon av såkalte tandemsolceller ved Sunfilm AG. Denne produksjonen er en videreutvikling av tynn film-teknologien og er et resultat av samarbeidet med Q-Cells og Good Energies.

I oktober 2007 uttrykte daværende administrerende direktør i NorSun misnøye med den begrensede statlige satsingen på solenergi. Han antydte at NorSun i løpet av 2008 ville avgjøre om den neste NorSun-fabrikken skulle ligge i utlandet eller i Norge. Han gjorde lokaliseringen avhengig av støttenivået i Norge (Nilsen, 2007b). I 2009 besluttet NorSun å utsette planene om å bygge en fabrikk i Singapore til to milliarder kroner på grunn av finanskrisen (Aadland, 2008b).

Teknologiutvikling

En lokal forskningsstiftelse ble grunnlagt for å se på nye teknologiske utfordringer, Årdal Teknologi og Innovasjon. Eiere er Sintef, Hydro og Norsun. Stiftelsen har som mål å bygge opp en teknologiorganisasjon som kan gi støtte både til næringsliv og offentlig forvaltning og som forener forsknings- og industriperspektivet (Årdal Teknologi og Innovasjon, 2007). Den samarbeider med Sintef, NTNU, IFE og høgskolemiljøene og blir støttet av Hydros forskningsmiljø i Årdal.

NorSun produserer wafere med 10 prosent høyere virkningsgrad. Det kan oppnås fordi NorSun kombinerer polysilisium av beste kvalitet med en krystallvekstteknologi fra halvlederindustrien for å produsere monokrystalline silisiumskiver. Denne fremgangsmåten sikrer at NorSuns wafere har en svært lav grad av forurensning, har opp til 10 prosent høyere virkningsgrad enn multikrystalline og kan komme opp på en virkningsgrad på 25 prosent (Valmot, 2006). Solcellene basert på slike wafere er en del av et solcellepanel, og selv om de monokrystalline solcellene er dyrere, øker ikke prisen på alle de andre delene. Bjørseth mente derfor at slike produkter ville selge godt i den mer avanserte delen av markedet (Valmot, 2006). NorSun anvender egen teknologi, som for eksempel oppvarming av smeltediglene og utforming av trekkere av ingots. Skjæremiddelet (bestående av silisiumkarbidpartikler og glykol) som blir anvendt til skjæring av wafere, blir gjenvunnet og brukt på nytt (Strøm, 2008). NorSun har fått opplæring i å lage wafere fra et tysk firma som er spesialisert i produksjon av wafere til IT-industrien (Aadland, 2008a). Fabrikken er kvalifisert i forhold til Veritas-godkjenning, har SIVA som huseier og tilfredsstillende alle nymoderne krav (Nordnes, 2010). Det ble gjennomført kvalifiseringsrunder knyttet til NorSuns produkter mot Sunpower og Sanyo, de to store kundene når det gjelder silisiumblokk og silisiumwafers.

Ringvirkninger

Etablering av NorSun-fabrikken i Årdal har også bidratt til utvikling i næringslivet ellers, enten i Årdal direkte eller andre steder i Norge.

- ***Metallkraft***

Metallkraft AS i Kristiansand har spesialisert seg på gjenvinning av skjærevæsken som brukes ved saging av solcelleskiver. Resirkuleringen av skjærevæsken er svært viktig for miljøet. Bedriften har inngått en kontrakt med NorSun som vil gi en omsetning på rundt 100 millioner kroner de neste fire årene og vil sikre virksomheten med 30 ansatte i Kristiansand (Halvorsen, 2008b). Slurryen som Metallkraft jobber med, utgjør 1/3 av kostnadene til waferproduksjonen, og det bidrar til at prisen til wafere kommer ned mot halvparten (Aadland, 2008a). Metallkraft har Bjørseth som medeier og styremedlem. De har også REC som en viktig kunde, siden de bygger en stor fabrikk i Singapore for å betjene RECs solcellefabrikk der. I tillegg har Metallkraft bygget et gjenvinningsanlegg i Yangzhou i Kina. Metallkraft har en egen forskningsavdeling som samarbeider tett med Sintef og Universitetet i Oslo (Aadland, 2008a).

Kompetanseoppbygging

Flere av de ansatte ved Hydros Søderberglinje fikk arbeid i NorSun (Steensen, 2007a). NorSun hadde ved oppstart av Årdal-fabrikken en samarbeidspartner i Finland, Okmetic, hvor produksjonen var i gang allerede i slutten av 2007 og som ble benyttet til opplæring av personalet ved Årdal-fabrikken (Halvorsen, 2007b; c). I slutten av 2007 kunne kommunikasjonsdirektøren for NorSun påpeke at NorSun ”har også flere medarbeidere på vei inn i bedriften, slik at all nødvendig kompetanse og arbeidskraft er sikret. Opplæringsprogrammet sikrer dessuten at vi har erfarne folk på alle poster når produksjonen tar til” (Halvorsen, 2007c).

Det følgende avsnittet baseres på informasjon mottatt fra NorSun på basis av et åpent spørreskjema (Nordnes, 2010).

- *Hvor kom personalet fra?*

En stor del av personalet – ca. 35 prosent – ble rekruttert fra Hydro. Ellers kom de ansatte fra andre bedrifter og til dels fra Årdal kommune, hvor de hadde helse- og sosialbakgrunn. De andre industribedriftene var Dooria dørfabrikk, Lerum (produsent av brus og saft), Gilde (renhetsyrker) og ellers annen industri innen elektro og mekanikk.

- *Støtte fra offentlige etater*

NorSun-fabrikken fikk støtte fra Innovasjon Norge og Årdal kommune for oppstart av fabrikk, men det var ingen støtte knyttet til opplæring av personell.

- *Samarbeidet med utdanningsinstitusjoner og andre bedrifter*

Oilcomp var tidlig inne i kompetanse/kurs-fasen for ansatte. I dag samarbeider NorSun med PRO Opplæringskontoret for prosess og mekanisk industri i Sogn og Fjordane, hvor NorSun er medlemsbedrift, og Årdal videregående skule, Norsk Industri og andre mindre kompetanseleverandører. NorSun har også et godt samarbeid med Sintef, NTNU og Norsk Hydro.

- *Kompetansebehov og tilgang på fagutdannet personell*

Kompetansebehovet dekkes gjennom intern rekruttering og opplæring, men også gjennom rekruttering av nye medarbeidere.

NorSun-fabrikken har god tilgang på fagutdannet personell. De fleste ansatte kommer fra lokalområdet. Av 220 ansatte har Årdal-fabrikken ca. 30 tilflyttere og 30 pendlere fra Indre Sogn. Resten er bosatt i Årdal.

- *Tiltak for fortløpende kompetanseoppdatering*

NorSun registrerer all kompetanse på nyansatte, og alle kompetansetiltak underveis registreres. Det inngås utviklingsavtaler med de ansatte. Det lages treningstabeller og kompetansematriser for hver enkelt operatør i produksjonen. Og i hvert prosessområde gjennomføres prosesser for godkjenning og sertifisering av kompetanse.

Til utvikling av mellomledere brukes Industriskolen.² Fabrikken har en lærlingavtale med PRO Opplæringskontoret for prosess og mekanisk industri i Sogn og Fjordane. I tillegg kommer kursplaner og aktiviteter for de forskjellige yrkesgruppene.

² Industriskolen er en offentlig godkjent nettskole og er en del av landsforeningen Norsk Industri. Industriskolen tilbyr fjernundervisning og kursdeltakerne kan gjennomføre etter- og videreutdanningen mens de er i arbeid.

3 Samarbeid mellom ledende norske solcellebedrifter og universiteter og forskningsinstitutter

Dette kapitlet omhandler samarbeid mellom ledende norske solcellebedrifter (REC og Elkem) og universitet og forskningsinstitutt for å utvikle tilgang til høyt utdannet arbeidskraft med relevant kompetanse på bachelor-, master- og doktorgradsnivå.

3.1 Mastergradsutdanning ved NTNU

Vi vil i dette avsnittet redegjøre for omfang og spesialisering av mastergradsutdanning ved NTNU og hvordan samarbeidet mellom bedriftene og utdanningene har bidratt til å utvikle utdanningene på området.

Ved NTNU finnes det flere studieretninger på mastergradsnivå som er spesielt relevante for solcelleindustrien. Her kan nevnes følgende studieprogram med tilordnete studieretning og fordypning:

1. Masterprogrammet *Materialteknologi*
 - 1.1. Studieretningen *Metallproduksjon og resirkulering*
 - 1.2. Studieretningen *Materialutvikling og -bruk*
 - 1.3. Studieretningen *Materialer for energiteknologi*
 - 1.4. Master of Science in *Silicon and Ferroalloy Production*
2. Masterprogrammet *Fysikk og matematikk*
 - 2.1. Studieretningen *Teknisk fysikk*
3. Studieprogrammet *Energi og miljø*
 - 3.1. Studieretningen *Varme- og energiprosesser*
 - 3.2. Studieretningen *Energibruk og energiplanlegging*
4. Studieprogrammet *Produktutvikling og produksjon*
 - 4.1. Studieretningen: *Energi-, prosess- og strømningssteknikk*
 - 4.1.1. *Fagområdet industriell prosesssteknikk*
 - 4.2. Studieretningen: *Produksjons- og kvalitetsteknikk*

Det følgende avsnittet sammenfatter informasjon mottatt fra NTNU (Lohne, 2010) og Sintef Materialer og kjemi (Pettersen, 2010) basert på et åpent spørreskjema.

- *Hvordan har mastergradsutdanning for solcelleindustrien utviklet seg over tid?*
- Her kan det bare presenteres tall for mastergradsstudenter spesialisert i solcellematerialer, men ikke for de andre enda mer generiske studieretningene nevnt ovenfor. Den første masteroppgaven etter nytt opplegg ved Institutt for materialteknologi ble gjennomført våren 2003, og han som skrev oppgaven, er nå ansatt hos REC i Singapore. På solcelle-

silisium utdanner NTNU hvert år 10 til 12 mastergradsstudenter og på nye materialer 8 til 10 mastergradsstudenter. På det siste feltet har det vært en god økning i de siste årene.

- *Hvor kommer studentene fra, og hvor går de etter fullført studium?*

I starten var det først og fremst norske studenter som studerte ved Institutt for Materialteknologi og fordypet seg i solcellematerialer. De fikk jobb i den norske solcelleindustrien, men noen jobber nå også i utlandet, for eksempel ved RECs fabrikk i Singapore eller ved Metallkrafts fabrikker i Asia.

I de siste årene har også en del studenter kommet fra andre land. De utenlandske studentene prøver å få jobb ved de norske bedriftene, men hvis det ikke lykkes, drar de tilbake til sine hjemland eller til andre land.

- *Hva er mastergradsutdanningen spesialisert i?*

Prosesseringen av silisium fra råvaren, dvs. kvarts og karbon til produksjon av wafere, dekkes av mastergradsutdanning i materialteknologi ved NTNU. Her får studentene generisk kunnskap innenfor materialteknologi som så anvendes på silisium. Denne spesialiseringen i retning silisium er kommet de siste årene. Med et høyt internasjonalt faglig nivå innen materialteknologi og en godt utbygd infrastruktur på laboratorie- og utstyrssiden gjennom mange års FoU innen lettmetaller, har det vært mulig raskt å kunne tilby gode undervisningstilbud for studenter innen fagområdet silisium til solceller.

- *Har NTNU samarbeidet med industrien for å utvikle mastergradsløpet*

Institutt for materialteknologi og Gemini-senteret for solcellematerialer holder veldig tett kontakt med solcelleindustrien i Norge. Ferdigutdannete sivilingeniører og doktorgradskandidater jobber nå i den norske solcelleindustrien, og NTNU har involvert dem i mastergradsutdanningen som biveiledere eller sensorer. Innflytelsen på pensum i mastergradsutdanning skjer mer indirekte gjennom forskningsprosjekter hvor professorene deltar sammen med industrien og hvor de får impulser til sine utdanningsopplegg.

Mastergradsstudenter blir også involvert i prosjektarbeid knyttet til NFR-prosjekter som er medfinansiert av solcelleindustrien.

3.2 Doktorgradsutdanning ved NTNU, Sintef og IFE

Dette avsnittet undersøker omfang og spesialisering av doktorgradsutdanning ved NTNU, Sintef og IFE og hvordan samarbeidet mellom bedriftene og utdanningene har bidratt til å utvikle doktorgradsutdanningen på området.

NTNU og Sintef i samarbeid med Elkem og ScanWafer

For å kunne møte fremtidig vekst i solcelleindustrien startet Forskningsrådet, Elkem og ScanWafer-bedriftene til Alf Bjørseth i slutten av 1999 prosjektet "Fra sand til solceller" ved Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU). Hensikten var å forske på

fremstilling av såkalt solar grade silisium, SOG-Si (Satsler på solskinn, 2001). Prosjektet hadde et budsjett fram mot 2004 på 21 millioner kroner. En ovn til 3,3 millioner kroner for krystallisasjon av silisium ble i slutten av 2000 installert i et renrom ved NTNU. Året etter åpnet Sintef og NTNU et felles laboratorium for solcellesilisium i Trondheim. Det første året var fem doktorgradsstudenter og 2–3 post.doc. og forskere tilknyttet laboratoriet. Et ekstraordinært professorat og en professor II-stilling, finansiert av Elkem og Hydro, ble opprettet for å delta i utførelsen av dette store forskningsprosjektet og for å inkludere det i undervisningen ved NTNU. Finansieringen kom fra Elkem, ScanWafer, Solar Silicon, Sintef, Norsk forskningsråd og Idéfondet ved NTNU. En investering på ca. fem millioner kroner var nødvendig for å etablere nødvendig eksperimentelt utstyr (Ny solcelle-lab, 2001; Solkonglomeratet, 2001).

Februar 2006 deltok næringsklyngen rundt solenergibedriftene i Orkladal (Elkem Thams-havn, Orkla Exolon og FeSil), NTNU og Sintef i konkurransen om å få status som Norwegian Center of Expertise (Leirset, 2006). De nådde ikke opp i konkurransen, men september 2006 ble det innviet et Gemini-senter for solcellematerialer som var basert på et tett samarbeid mellom Institutt for materialteknologi og Institutt for fysikk ved NTNU og Sintef Materialer og kjemi i Trondheim (Halvorsen, 2006b). Senteret utviklet et godt samarbeid med de ledende norske industriselskapene innenfor solenergi, som REC Gruppen, Elkem Solar, NorSun og Orkla Exolon.

På et seminar om framtiden for solcelleindustrien i Norge i regi av Gemini-senteret for solcellematerialer ga flere representanter fra industrien, men også fra Sintef og NTNU, uttrykk for bekymringer angående konkurransefortrinnene for norsk solcelleindustri. De påpekte at offentlig støtte til slik forskning var på et ganske lavt nivå: myndighetene bidrar med rundt 15 millioner kroner til solcelleområdet i året, mens solcellebransjen anslo at de selv bruker rundt 250 millioner kroner på FoU (Nilsen, 2007a). Sintef estimerte et årlig offentlig finansieringsbehov på rundt 190 millioner kroner.

På kompetansefeltet trenger man ikke bare én type kompetanse, men et knippe av forskjellige kompetanser: ”For å konkurrere må vi ha topp utstyr og pleie av de hodene som skal drive denne bransjen framover. Vi snakker om å utdanne og utvikle ekspertise på blant annet kvantefysikk, halvlederteknologi, avanserte støpeprosesser og mekanisk bearbeiding. Vi trenger spisskompetanse på doktorgradsnivå for å konkurrere med resten av verden” sa Trømborg, leder for Gemini-senteret (Nilsen, 2007a).

NTNU og SINTEF har siden 1998 deltatt i 6 til 8 EU-prosjekter sammen med industri, universiteter og forskningsinstitusjoner fra Norge og andre land i Europa. Dette internasjonale samarbeidet har vært på følgende tema: fra råstoff, via rensing og framstilling av ren silisium med tilhørende støping fram til ferdige solceller. Resultatene fra et av prosjektene, Solsilc, danner grunnlaget for FeSil Sunergys satsing på metallurgisk framstilling av solcellesilisium i Trondheim.

Institutt for energiteknikk i samarbeid med Elkem og Elkem Solar

Etablering av eksperimentelt utstyr sto også på dagsorden ved Institutt for energiteknikk (IFE) på Kjeller. I et intervju sa Arve Holt: ”Vårt langsiktige mål er å bygge opp nasjonal kompetanse innenfor området solceller med fokus på utvikling og produksjon. Som en del av dette vil vi bygge opp et testlaboratorium for solceller, der produsenter ... kan måle solcellenes ulike egenskaper. Som en del av dette testlaboratoriet planlegger vi også en pilotproduksjonslinje for solceller” (Solkonglomeratet, 2001). Til dette formål ble det nødvendig med store investeringer – ifølge Holt 2–3 millioner kroner. IFE har utviklet et tett forskningssamarbeid med Elkem og senere også med Elkem Solar. I pilotproduksjonslinjen kan IFE kjøre produksjonsserier på 25–50 solceller om gangen, basert på silisiumskiver levert av norske solcellebedrifter, og under produksjonen kan parametrene endres for å kunne optimalisere delprosessene. Testlaboratoriet blir også brukt til å teste nye ideer og råstoff både for norske og utenlandske kunder. I et nytt intervju sa Holt at IFE ”... vil forstå mer av hvordan de ulike lagene i en silisiumbasert solcelle dannes. Vi vil teste effektiviteten, forurensningsnivåer, homogenitet og forskjellige elektriske egenskaper i en solcelle eller i enkeltkomponenter i solcellen. Vi vil dessuten utdanne studenter både på hovedfagsnivå og doktorgradnivå” (Vil forstå mer av solceller, 2001). Mellom 10 og 15 forskere og studenter jobber tett sammen i IFEs solcellelaboratorium (Halvorsen, 2006c).

I begynnelsen av 2007 kunne IFE kunngjøre at instituttet ville utvide solcelleforskningen med et nytt laboratoriebygg. Dette ble åpnet i april 2008. IFE hadde allerede i 2007 det største forsknings- og utviklingsmiljøet på solenergi i Norge og dekket de fleste leddene i verdikjeden frem til ferdige energisystemer. Arve Holt kunne berette at IFE hadde ”opprettet et tett samarbeid med alle de norske bedriftene som jobber med solcelleteknologi, spesielt Elkem Solar og REC. I tillegg har vi fått til en god integrasjon med annen norsk industri.” Flere ansatte fra industrien har IFE som fast arbeidssted der de blant annet kan benytte seg av IFEs unike infrastruktur innenfor solcelleforskning (Halvorsen, 2007a).

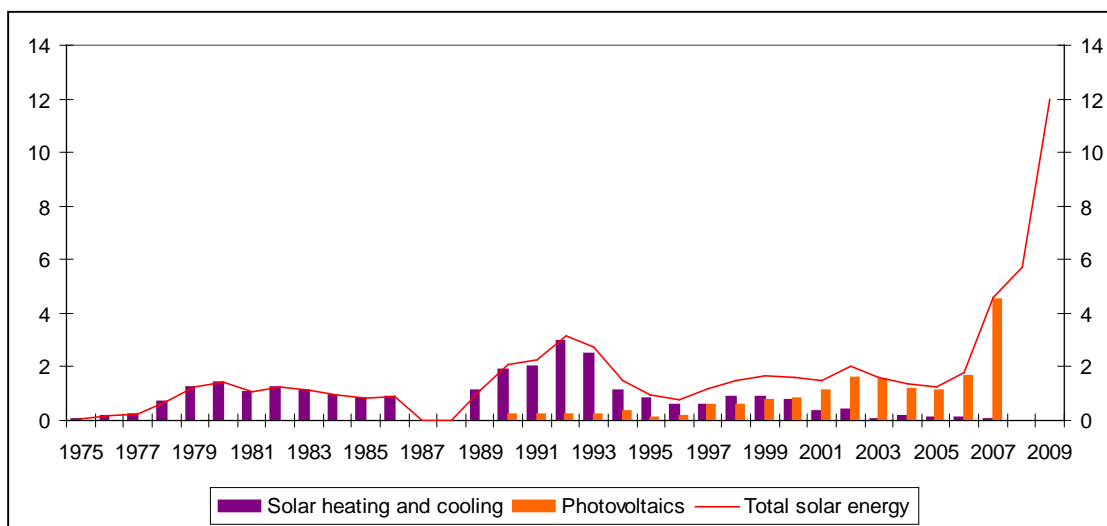
Nødvendigheten av å støtte opp under solcelleindustrien ble på det tidspunktet – i begynnelsen av 2007 – ikke særlig prioritert av Olje- og energidepartementet siden solenergi ikke bidrar nevneverdig i det norske energisystemet (Nilsen, 2007a). Men framtiden så likevel ikke helt grå ut, siden forskningen ble støttet av Nærings- og handelsdepartementet via Forskningsrådets virkemidler (i de siste årene først og fremst Bedriftenes innovasjonsarena eller BIA). Og også Olje- og energidepartementet skiftet mening og ga mer støtte til solcelleforskning (Klitkou & Godø, 2010).

I 2008 ble det opprettet et Forskningscenter for miljøvennlig energi (FME) på solcellefeltet som forener de eksisterende teknologiske kunnskapsmiljøene og aktørene i solcelleindustrien. IFE har lederskapet i dette senteret og samarbeider tett med Sintef, NTNU, Universitetet i Oslo og bedrifter i solcelleindustrien, som Elkem Solar, Fesil Sunergy, Norsk Hydro, NorSun, Prediktor, REC, Scatec, Solar Cell Repower og Umoe

Solar. Senterets totalbudsjett er på om lag 375 millioner kroner fordelt over åtte år (Hovland, 2009). Senterets medlemmer er høyt kompetente innenfor fremstilling og karakterisering av krystallinsk silisium, samt innenfor modellering, karakterisering og syntese av nye materialer og solcelleprosesseteknologi. Senteret vil også tematisere nye materialer for neste generasjons solceller og utvikle nye karakteriseringsmetoder. For å møte industriens og forskningsmiljøenes behov for nytt personell, vil senteret utdanne 23 PhDer og 21 PostDocs, og det vil opprette en nasjonal forskerskole for solcelleteknologi.

Offentlig støtte til solcelle-FoU har dermed økt signifikant siden 2006 (se Figur 2): fra ca. 12 millioner kroner i 2006 til over 100 millioner kroner i 2009 ifølge data fra det Internasjonale Energibyrådet (IEA).

Figur 2: Norsk offentlig støtte til solenergi 1975–2009. I millioner euro (2009 priser og rater). Kilde: IEA og Klitkou & Godø (2010)



De følgende avsnittene sammenfatter informasjon mottatt fra NTNU (prof. Otto Lohne) og Gemini-senteret for solcellematerialer (Tanja Pettersen) basert på et åpent spørreskjema.

- *Doktorgradskandidater innen solceller ved NTNU*

Doktorgradsutdanningen ved NTNU startet ved Institutt for materialteknologi (IMT) i 1999 som et ad hoc opplegg. Senere har det blitt et fastere opplegg med egne spesialemner innen bruk av silisium til solceller. Foruten IMT har også Institutt for fysikk etablert doktorutdannelse med vekt på nye materialer. Den første doktorgradskandidaten var ferdig i 2004. Siden 2004 er antall ferdige doktorgradskandidater økt til ti. I 2011 er sju ph.d.-prosjekter planlagt fullført, i 2012 tolv, i 2013 14, og i 2014 er hittil tre ph.d.er planlagt fullført.

Spesialiseringen til doktorgradskandidatene kan grovt deles inn i to grupper: tradisjonelt solcellesilisium og nye materialer/tynnfilm. Tradisjonelt solcellesilisium inkluderer

prosesskjeden fra produksjon av råvaren, krystallisasjon av silisium, saging av silisiumblokkene til tynne wafere og videre produksjon av solceller.

Under nye materialer (tredje generasjons solceller) tar en i bruk fysiske prinsipper for å gi solceller høyere effektivitet/virkningsgrad. Produksjon av slike celler foregår ikke i Norge i dag. Tynnfilmceller finnes i forskjellige varianter, og de finnes allerede i et visst omfang. De nye materialene er ikke silisiumbaserte. De nye materialene omfatter et veldig stort felt, men på Sintef-NTNU har man begrenset forskningen til noen områder. Formålet med solceller av nye materialer er å øke effektiviteten kraftig i forhold til det som er vanlig i dag, og for det utvikles helt nye konsepter. Mellombåndsolceller er et eksempel på noe det jobbes med innenfor nye materialer, og her jobber en med å nyttiggjøre seg større deler av solenergien. Nanoteksturerte solceller er et annet eksempel. Her er prinsippet å lage en overflate som kan fange inn lys som reflekteres fra overflaten av solcellen. Eksempel på materialer er indium arsenid eller gallium arsenid.

I tillegg til disse gruppene kommer tynnfilmteknologi, hvor man kan ha et tynt lag av silisium eller såkalte sandwich-solceller med flere lag av silisium eller hvor man kombinerer med andre materialer. I tillegg har Gemini-senteret ph.d.-stipendiater som jobber med karakterisering av solcellematerialer.

- *Samarbeid med industrien om å utvikle doktorgradsutdanningen*

En del doktorgradskandidater jobber nå i den norske solcelleindustrien, og NTNU har involvert dem i mastergradsutdanningen som biveiledere eller sensorer. Doktorgradskandidater deltar aktivt i prosjektarbeid knyttet til prosjekter finansiert av Forskningsrådet eller via et EU-prosjekt som er medfinansiert av solcelleindustrien. Når det gjelder NFR-prosjekter, finnes det forskjellige støttemodeller. Ved brukerinitierte prosjekter (BIP, nå kalt Innovasjonsprosjekter i næringslivet) er det industrien som søker, og bedriften har ofte et veldig klart og detaljert bilde av hva de skal få ut av prosjektet. Det er ofte hensiktsmessig å ha en doktorgradsstudent som gjør en del av jobben, og derfor deltar de ofte i slike prosjekter. For kompetanseprosjekt med brukermedvirkning (KMB, nå kalt Kompetanseprosjekt for næringslivet) er det universitetene og forskningsinstituttene som sitter i førersetet. Der er også industrien med, og der blir det også utdannet doktorgradsstudenter. Hvilken modell man velger, avhenger av hva man vil få ut av prosjektet. Doktorgradsstudentene må uansett ha en frihet innenfor prosjektet uavhengig av om det er finansiert via en BIP eller KMB. Både doktorgradsstudenter og mastergradsstudenter har en tilknytning til solcelleindustrien, og det gjelder spesielt for dem som jobber med silisium. Spesialiseringen innenfor andre materialer skjer stort sett uten direkte støtte fra industrien, men de kan være direkte finansiert av universitetet via strategiske programmer. Industrien går sjelden direkte inn i prosjekter for tredje generasjons solceller, men heller som en del av et større prosjekt. I Forskningscenter for miljøvennlig energi for solcelleteknologi er også et delprosjekt om nye materialer inkludert, og denne forskningen blir på denne måten også medfinansiert av industrien.

Utenlandsopphold ved anerkjente forskningsorganisasjoner i Europa og Japan har inngått som en normal del av doktorgradsutdannelsen.

Det finnes også en del post doc.-stipendiater i solcellematerialer. Også disse ansettes på basis av prosjekter finansiert av Forskningsrådet med medfinansiering fra industrien.

Når det gjelder mobilitet mellom NTNU, Sintef og solcelleindustrien, kan det sies at en del ferdigutdannede studenter og ph.d.er går til industrien, og det kan hende at en industriansatt ferdigutdannet kommer tilbake for å ta en doktorgrad eller en post doc., men industriansatte har ikke gått direkte til professorstillinger ved NTNU. Det er også sjelden en universitetsprofessor går direkte til en stilling i industrien. Når det gjelder Sintef, er bildet litt annerledes. Sintef-ansatte har professor 2-stillinger ved NTNU, og det er også eksempler på at ansatte ved Sintef har gått over i professorstillinger ved NTNU. Sintef har også en god utveksling med industrien, og Sintef-ansatte har gått over til stillinger i industrien, og ansatte i industrien har gått over i stillinger ved Sintef.

Ved NTNU / SINTEF er det planlagt en kapasitetsutvidelse ved bygging av nye laboratorier og opprusting av instrumentparken dedikert for solcelleforskning. Utbyggingen er på NTNU sin prioriterte liste over nybygg, men har ikke kunnet iverksettes på grunn av manglende bevilgninger.

3.3 Samarbeid mellom Universitetet i Agder og Elkem Solar

Dette delkapitlet belyser i hvilken grad samarbeidet mellom Universitetet i Agder og Elkem Solar har ført til nye utdanningsløp eller tilpassing av eksisterende utdanningsløp.

I kapittel 2 presenterte vi utviklingen ved to bedrifter som er sentrale for den norske solcelleindustrien: REC Wafer basert på ScanWafer-bedriftene i Glomfjord og på Herøya og NorSun. I avsnittet om ScanWafer i Glomfjord berettet vi også kort om RECs utvikling og henviste til betydningen av Elkem, men vi fortalte ikke så mye om Elkem, selv om denne bedriften også i dag har en viktig rolle i norsk solcelleindustri. Følgende korte oppsummering av Elkems historie er basert på et konferansebidrag (Klitkou, 2010).

I 1904 ble Elkem grunnlagt, først som “Det Norske Aktieselskab for Elektrokemisk Industri”, i 1946 Elektrokjemisk og siden 1969 Elkem (Sogner, 2008). Elkem var fra starten av en bedrift som orienterte seg mot teknologiutvikling og ingeniørbragder. Bedriften utviklet den såkalte Söderbergelektroden som anvendes i elektrometallurgiske smelteprosesser. Teknologien er veldig energikrevende og passet derfor spesielt bra under norske forhold. Teknologien ble videreutviklet over mange år, men til slutt måtte den vike for Siemensprosessen. Elkem kunne utvikle en unik kompetanse på prosessering av metaller, som aluminium, mangan eller ferrolegeringer.

I starten var Elkem hovedsakelig eid av utenlandske investorer fra Frankrike og Sverige og senere fra Tyskland. Først på 1970-tallet kom eierskapet av den norske metallurgiske industrien mer på norske hender (Karlsen, 2008, p. 123). Siden 1970-tallet har Elkem arbeidet med fremstilling av metallurgisk silisium, men kvaliteten var ikke bra nok for solcelleindustrien. Silisium ble brukt i byggebransjen og stålindustrien, og Elkem var en av hovedleverandørene for silisium på verdensbasis. For å kunne betjene også solcelleindustrien måtte en ny teknologi utvikles. Den globale etterspørselen etter solcellesilisium økte veldig på slutten av 1980-tallet og på begynnelsen av 1990-tallet, men Elkem var i en dyp krise og måtte nedprioritere utvikling av prosessering av solcellesilisium (Henriksen, 2010). Det førte (jf. avsnitt 2.1) til opprettelsen av ScanWafer i 1994.

Elkem tok senere tråden opp igjen og videreførte arbeidet med en ny prosessteknologi for metallurgisk silisium som kunne innfri kvalitetskravene til solcelleindustrien. Elkem Solar ble derfor etablert i 2001 for å ivareta videre utvikling av prosessen fra silisium til solceller (Halvorsen, 2006a). Bedriften utviklet en teknologi som unngikk omveien via silan-gass og oppnådde en stor energibesparelse i sin nye prosess. Kunnskapsgrunnlaget for den nye teknologien er en kombinasjon av flere kunnskapsfelt og læringsprosesser som har vært viktige i Elkems historie. Den nye teknologien bruker bare en fjerdedel av energien anvendt i konkurrerende teknologier. I 2006 ble det besluttet å bygge Elkem Solars første fabrikk i Fiskå i Kristiansand. Fabrikken åpnet sommeren 2009.

Utvikling av solcellevirksomheten ved Elkem har hatt ringvirkninger på næringslivet i regionen. Oppstarten av bedrifter som Metallkraft og Saint-Gobain Ceramic Materials bør nevnes her. Interessant er også det regionale samarbeidet i Eyde-nettverket for prosessindustribedrifter. Nettverket forener bedrifter med svært forskjellige produkter, men har noen felles utfordringer når det gjelder optimalisering av industriprosesser, energieffektivisering og miljøutfordringer. Det vil også utvikle en ledende strategisk posisjon når det gjelder forskning, innovasjon og kompetanse. Nettverket samarbeider ikke bare med norske forsknings- og utdanningsmiljøer, men også med utenlandske miljøer. Et eksempel på det siste er kurset i Lean-ledelse for medlemsbedriftene som startes ved Chalmers Industrihøgskola i Göteborg i 2011.

Universitetet i Agder (UiA) ble etablert som universitet 1. september 2007.³ Universitetet i Agder har i dag en rekke samarbeidsavtaler med aktører i næringslivet, og svært mange av dem befinner seg i fakultetet for teknologi og realfag. Blant industripartnerne er Elkem, Elkem Research og Elkem Materials.

³ Før UiA fikk universitetsstatus var det en høgskole. Ved etableringen av Høgskolen i Agder i 1994 ble seks statlige høgskoler i Kristiansand, Grimstad og Arendal slått sammen. Blant disse var Ingeniørhøgskolen i Grimstad og Agder distriktshøgskole.

Fakultet for teknologi og realfag tilbyr studieprogrammer i fornybar energi på forskjellige nivåer:

- 2-årig grunnstudium for ingeniørfag – elektro: Fornybar energi (for fagskoleteknikere) – til utdanning av høgskolekandidater
- 3-årig grunnstudium for ingeniørfag - elektro: Fornybar energi – til utdanning av bachelors. Dette studiet tilbys også studenter som kommer gjennom Y-veien, dvs. opptak på bakgrunn av fagbrev.
- 2-årig påbyggingsstudium i fornybar energi, master i teknologi – sivilingeniør, ble introdusert i 2010.

Innenfor solcelleteknologi samarbeider Institutt for ingeniørvitenskap med Elkem Solar, Kvadraturen videregående skole og Kristiansand kommune.

Det følgende avsnittet sammenfatter informasjon mottatt fra Universitetet i Agder basert på et åpent spørreskjema (Midtgård, 2010):

- *Samarbeid mellom Universitetet i Agder og Elkem Solar på utdanningsfeltet*

Universitetet i Agder utviklet et forskningssamarbeid med Elkem Solar. For tiden har universitetet to forskningsprosjekter i samarbeid med Elkem Solar:

I rammen av Renergi-programmet under Norges forskningsråd har Universitetet i Agder et kompetanseprosjekt med brukermedvirkning (KMB) om sluttbruk av solarfotovoltaisk energiteknologi i Norge. Prosjektet har et budsjett på 8,5 millioner kroner og baserer seg på et samarbeid med Elkem Solar og Kristiansand kommune. Elkem Solar bidrar med 30 prosent av budsjettet og Kristiansand kommune med 200 000 kroner. Resten finansieres av Forskningsrådet. Prosjektet sikter på å utdanne to ph.d.-kandidater innenfor denne tematikken. Gjennom det samme prosjektet bidrar universitetet også i det Internasjonale Energibyråets "Photovoltaic Power System Programme". Prosjektet har hatt en positiv innvirkning på universitetets studieprogrammer i fornybar Energi både på bachelor- og masternivå, og til en viss grad er solcelletematikk tatt inn i disse studieløpene som en konsekvens av forskningsaktivitetene, men disse studieprogrammene favner mye videre enn kun solcelleteknologi. Prosjektet har også vært viktig for Elkem Solars aktiviteter mot fagutdanning på videregående skole. Et samarbeid med Kvadraturen videregående skole i Kristiansand er blitt etablert. Universitetet i Agder har i samarbeid med Kvadraturen og Elkem Solar etablert en teststasjon for solcellemoduler der, som en del av dette forskningsprosjektet. I sum har prosjektet vært en katalysator med mange positive ringvirkninger for Universitetet i Agder og Elkem Solar.

Det andre forskningsprosjektet er finansiert i rammen av Forskningsrådets Brukerstyrte Innovasjonsarenaer (BIA). Det er finansiert av Elkem Solar med bidrag fra Forskningsrådet. Dette prosjektet har til hensikt å studere degradering av solcellesilisium, og universitetets rolle i dette prosjektet ivaretas gjennom utdanning av en ph.d.-kandidat. Denne kandidaten har nettopp begynt. Dette prosjektet sees i sammenheng med sluttbruk-prosjektet, der det anvendes den kompetansen som ble bygd opp, og universitetet sørger

for at den nye kandidaten kommer til å samarbeide med de øvrige ph.d.-studentene. Universitetet i Agder deltar også i et samarbeid med Universitetet i Århus og Elkem Solar innenfor samme tematikken.

Prosjektet har hatt en positiv innvirkning på universitetets studieprogrammer i fornybar energi på bachelor- og masternivå, og til en viss grad er solcelletematikk tatt inn i disse studieløpene som en konsekvens av universitetets forskningsaktiviteter, men disse studieprogrammene favner mye videre enn kun solcelleteknologi. Prosjektoppgaver blir også gitt.

- *Doktorgradsløp rettet mot solcelleindustrien*

Et doktorgradsløp i teknologi med IKT, mekatronikk, fornybar energi og anvendt matematikk som spesialiseringer er under etablering på Universitetet i Agder, men fortsatt ikke formelt vedtatt. Ph.d.-kandidater som jobber med problemstillinger for solcelleindustrien vil kunne passe i dette programmet, på flere av spesialiseringene, avhengig av hvilke aspekter de studerer.

- *Tilpasning til eksisterende utdanningsløp*

Universitetets studieprogrammer er nokså dynamiske. Nylig ble det for eksempel vedtatt en ny nasjonal rammeplan for ingeniørutdanning som har gjort at universitetet har revidert samtlige ingeniørprogrammer. I tillegg er Universitetet i Agder under utvikling og etablerer stadig nye mastergrads- og doktorgradsprogrammer. Solcelleprosjektene har vært medvirkende som katalysator for det nye mastergradsprogrammet i fornybar energi, og også for etableringen av doktorgradsprogrammet i teknologi. Universitetet samarbeider med Elkem Solar om studentprosjekter. Universitetet i Agder tilbyr ikke etterutdanning for ansatte ved Elkem Solar.

4 Strategi for grønn kompetanse?

I dette kapitlet presenteres en dokumentanalyse av to utvalgte politiske dokumenter – Klimakur 2020 og St.meld. nr. 44 Utdanningslinja. Vi kartlegger i hvilken grad meldingene inneholder noen strategi for utvikling av ”grønn kompetanse” gjennom utdanning eller livslang læring.

4.1 Klimakur 2020

I Stortingsmelding nr. 34 (2006–2007) ”Norsk klimapolitikk” kunngjorde regjeringen at klimapolitikken og behovet for endrede virkemidler ville bli vurdert i en rapport i 2010, den såkalte Klimakur 2020. Målet med utredningen var å beskrive mulige tiltak for å redusere utslipp av klimagasser innen 2020, men også på lengre sikt. Rapporten for Klimakur 2020 ble utarbeidet på oppdrag fra Miljøverndepartementet. Den ble skrevet av en tverrdepartemental faggruppe bestående av Norges vassdrags- og energidirektorat, Oljedirektoratet, Statens vegvesen, Statistisk sentralbyrå og Klima- og forurensningsdirektoratet, som ledet arbeidet. I vurderingen av transportsektoren bisto Sjøfartsdirektoratet, Jernbaneverket, Kystverket og Avinor. Nærings- og handelsdepartementet og Kunnskapsdepartementet var ikke involvert i denne rapporten. Dessuten ble flere interesseorganisasjoner involvert i utviklingen av Klimakur 2020, som Norges Naturvernforbund, Bellona, Zero, Norsk Industri, Norsk Petroleumsinstitutt, Næringslivets klimapanel og Oljeindustriens Landsforening (OLF).

Rapporten henviser ved mange anledninger til effekter av læring og teknologiutvikling og til behov for kompetanse, forskning og kunnskap i allmenne vendinger, men det er ikke foreslått noen strategi eller tiltak rettet mot opplæring av fagpersonell eller livslang læring. Fokus er mer rettet mot makroøkonomisk vurdering av tiltak og virkemidler.

Rapporten ser på tre typer virkemidler:

1. juridiske virkemidler, som er reguleringer i form av forbud eller påbud og eventuelle avtaler mellom myndigheter og bransjer eller enkeltbedrifter
2. økonomiske virkemidler, som inneholder avgifter, omsetningskvoter, støtteordninger (offentlig støtte av FoU, offentlige anskaffelser av klimavennlige produkter, grønne sertifikater) og pante- og returordninger
3. informasjonstiltak, som er informasjonskampanjer rettet mot bedrifter og husholdninger, miljømerking og andre tiltak.

Under informasjonstiltak nevnes av og til også opplæring av fagpersonell som et mulig tiltak uten at det blir videre tematisert. Det er imidlertid ikke systematisk adressert.

Bare noen bransjekapitler tematiserer kompetanseheving som et mulig virkemiddel. Kompetanseheving er blitt foreslått som virkemiddel blant annet for transportnæringen i

form av opplæring i økokjøring eller for jordbrukssektoren i form av opplæring i optimalisert gjødsling.

Bransjekapitlet for jordbrukssektoren la vekt på at det er nødvendig å følge opp juridiske eller økonomiske virkemidler i sektoren med god informasjon og veiledning for å få best mulig effekt. Det kunne skje i form av rådgivning og informasjonskampanjer.

I byggenæringen ble kompetansetiltak for lavenergiløsninger, fjernvarme, bioenergi og varmepumper foreslått som mulige tiltak. I denne næringen ble mangel på ressurser og kompetanse og teknologiusikkerhet vurdert som en viktig barriere for å gjennomføre en del tekniske tiltak.

I avfallssektorkapitlet ble kompetanse identifisert som en av barrierene for gjennomføring av etablering av nye metangassanlegg og opprustning av eksisterende anlegg. Det ble foreslått å utvikle kompetansen av driftsansvarlige for gassanleggene ved deponiene.

I sektoranalysen for fluorholdige klimagasser og produkter ble det påpekt at det krever mer omstilling å erstatte HFK med naturlige kuldemedier. Til det kreves det opplæring av fagpersonell fordi det ikke finnes kompetanse i bedriftene for en sikker og energieffektiv innfasing av naturlige kuldemedier.

Samlet kan det sies at denne rapporten gir en grundig gjennomgang av juridiske og økonomiske tiltak i de forskjellige sektorene. Den er basert på sektorvise utredninger som også har god kjennskap til nye teknologiske løsninger. Men rapporten mangler systematisk kjennskap til kompetansebehovene i de forskjellige sektorene og dermed også forståelsen av de mulige konsekvensene manglende opplæring kan ha for iverksetting av og suksess som følge av foreslåtte tiltak. Dette gjelder utdanning av fagpersonell, men også livslang læring for de ansatte.

4.2 Stortingsmeldingen Utdanningslinja

Kunnskapsdepartementets Stortingsmelding nr. 44 (2008–2009) Utdanningslinja omhandler helheten i samfunnets kompetansebehov og drøfter hvordan strategiske utfordringer i møte med disse utfordringene skal håndteres. Innledningsvis påpekes det i Utdanningslinja at utdanningssystemet må bidra til å utvikle kunnskap om hvordan globale miljøutfordringer kan håndteres og hvordan samfunnet kan orienteres i en bærekraftig retning. For å fange opp arbeidslivets behov kreves det tett kontakt mellom arbeidslivet og utdanningssektoren. Livslang læring skal gi flere en ny sjanse på arbeidsmarkedet gjennom gode voksenopplæringstilbud. Stortingsmeldingen understreker at kompetansekravene i norsk næringsliv har økt kraftig på grunn av effektiviseringstiltak og automatiseringstiltak. Rutinemessige jobber har fått mindre betydning i norsk industri. Når norske bedrifter utvider sin virksomhet, oppretter de flest jobber som krever middels eller lang utdanning. Stadig strengere helse-, miljø- og sikkerhetskrav har ført til at oppgaver som før ikke krevde formell kompetanse, i dag krever fagbrev.

Utdanningslinja legger vekt på at det må være samsvar mellom utdanning og arbeidslivets behov, men meldingen påpeker også at utdanningssektoren må forstå signalene både fra det eksisterende arbeidslivet og ønskene om hvordan framtidens arbeidsmarked og samfunn skal utvikle seg, dvs. den må utdanne folk for å kunne realisere politiske målsettinger knyttet til energi, klima og miljø og for å kunne utvikle et konkurransedyktig næringsliv. Stortingsmeldingen undersøker flere kompetansefelt i denne sammenhengen. Her skal det spesielt refereres til behov for realfagkompetanse. Realfagkompetanse er svært viktig for et høyteknologisk samfunn, som olje- og gassnæringen, prosessindustrien, maritime næringer og andre teknologidrevne næringer. Den er imidlertid også viktig i offentlig sektor, som helse- og omsorgssektoren, veivesenet, plan- og bygningsetaten, vannforsyning og forurensningstilsyn og i primærnæringene, som i landbruket, for å ivareta blant annet miljø- og klimahensyn. Stortingsmeldingen kritiserer fremskrivninger for utvikling av etterspørselen etter kandidater med høyere realfaglig utdanning levert av Statistisk sentralbyrå. Ifølge stortingsmeldingen tar disse fremskrivningene ikke hensyn til nye kompetansebehov eller endret bruk av kompetanse i de undersøkte næringene. Modellen ville ikke fange opp økt kompetansebehov og sysselsetting innenfor fornybar energi ut over vannkraft. For å kunne forutsi framtidens kompetansekrav bedre vil Kunnskapsdepartementet derfor opprette et system for kartlegging, analyser og dialog om framtidige kompetansebehov.

Stortingsmeldingen inneholder ikke noen strategi for utvikling av såkalt ”grønn kompetanse” gjennom utdanning eller livslang læring. Men den tematiserer i mer generelle vendinger nødvendigheten av å kunne forutsi og bygge opp kompetanse for framtidens jobber, og den tematiserer samarbeid mellom utdanning og arbeidsliv både i opplæring og i livslang læring.

5 Konklusjoner

Gjennomgangen viser at omlegging til et klimavennlig samfunn kan bidra til økonomisk vekst og sysselsetting. Det er et stort behov for grønne teknologiløsninger, og vekst i bedrifter som omstiller seg mot miljøvennlige løsninger og støtter opp under en god klimapolitikk. I Norge ser man nå flere tegn til at miljøteknologi kan gi nye ”grønne” jobber. Fremveksten av den norske solcelleindustrien er et godt eksempel på utvikling av ”grønne jobber” i Norge. I 2009 var over 2000 personer sysselsatt i den norske solcelleindustrien og omsetningen lå på mellom 10 og 15 milliarder kroner (Energi21, 2010). Fremveksten av den norske solcelleindustrien omfatter flere relevante aspekter for grønne jobber, slik som:

- Styrking av fornybar energiproduksjon globalt
- Bruk av fornybar energi i produksjonen i stedet for fossil energi
- Erstatning av gamle, miljøskadelige og energikrevende industribedrifter
- Satsning på kostnadsreduksjoner ved å arbeide systematisk med energieffektivisering og resirkulering av verdifulle innsatsmaterialer

Flere faktorer muliggjorde overgangen fra de gamle industribedriftene til de nye solcellebedriftene. Over mange år hadde Elkem bygget opp kompetanse på silisiumfeltet, og på 1990-tallet utviklet det globale markedet for solcellesilisium og wafere seg på grunn av støtteordninger i Japan, Tyskland, USA og andre land. Starten på solcelleindustrien var mulig på grunn av et godt samspill mellom flere aktører: Norsk Hydro, den lokale næringsparken i Meløy og Alf Bjørseth og Reidar Langmo som gründere med høy kompetanse. Kraftkonsesjoner garanterte tilgang til forholdsvis rimelig vannkraft. Etterspørsel i det globale markedet og dermed flerårige salgskontrakter sikret tilgang til privat kapital fra inn- og utland og offentlig støtte.

Kontinuerlig forbedring av fullautomatiserte og optimaliserte produksjonssystemer har vært i sentrum av oppmerksomheten siden ScanWafer ble startet i 1994. Utvikling av nye teknologiske løsninger ble gjennomført i tett samarbeid med teknologileverandører i utlandet og her i Norge. Det har også bidratt til en styrking av den norske leverandørindustri for solcelleindustrien, spesielt på feltet automatiseringsteknikk (Tronrud Engineering, Molab as, BIS Production Partner, Archtech as, Storøy Elektro, Bandak as), men også for leveranse av forskjellige delkomponenter og innsatsstoffer. Viktige eksempler er leveranser av skjærevæske (Orkla Exolon), gjenbrukbare smeltedigler (CruSiN AS) og resirkulering av innsatsstoffer, som gjenvinning av avkappet fra silisiumingotene (Si Pro as), oppgradering av resirkulert silisium (Ekro as), gjenvinning av sagavfall fra skjæring av silisiumblokkene (Metallkraft) og av skjærevæske (SiC Processing as), reparasjon av defekte solceller (Innotech as). Noen av disse aktørene i leverandørleddet er blitt globale aktører, som for eksempel Metallkraft og Innotech Solar.

Utdanning på alle nivåer i utdanningssystemet vil ha betydning for suksess for solcelleindustrien. Opplæring av de ansatte var et vesentlig bidrag for å kunne innføre en kostnadseffektiv produksjon. Opplæring i optimaliserte og fullautomatiserte produksjonsprosesser – på engelsk Lean production – understøttet utviklingen av de norske solcellebedriftene. Det har skjedd under oppstarten av bedriftene, for eksempel ved Telemark tekniske fagskole, men er også et viktig element i utdanning av nye fagarbeidere, hvor det er blitt bygget opp gode samarbeidsrelasjoner med videregående skoler og Norsk industris opplæringskontor i de berørte regionene, som for eksempel med Ofoten Flerfaglige Opplæringskontor, Meløy Opplæringskontor, Prosessindustriens opplæringskontor i Telemark og PRO opplæringskontoret for prosess og mekanisk industri i Sogn og Fjordane. Utdanningen i regi av opplæringskontorene gir en god generisk kunnskapsbase som kan anvendes ikke bare i solcelleindustrien. Informanter fra solcelleindustrien kan rapportere at etterutdanning av operatører og mellomledere følges tett opp. Norsk industris Industriskole benyttes som fjernundervisningstilbud for mellomledere.

Samarbeidet med norske universiteter har bidratt til oppbygging av mastergradskurs som er orientert mot arbeid i solcelleindustrien. Her var fokuset på materialteknologi og på prosessteknologi.

Solcelleindustrien har utviklet en stor egen FoU-kapasitet. Det kan forklares ved at de første gründerne kom fra Elkem, som er basert på kunnskapsutvikling, men det kan også forklares ved de enorme utfordringene industrien har vært konfrontert med. De kunne bare takles ved at man var i fronten av forskningen på dette feltet. Solcelleindustrien har i samarbeid med Norges forskningsråd bidratt til oppbygging av flere forskningsmiljøer her i Norge. Spesielt viktige er IFE på Kjeller, Sintef og NTNU i Trondheim og Universitetet i Oslo. I det siste er det også blitt flere slike aktiviteter i Nord-Norge rundt REC ScanCell og Norut i Narvik og i Agder rundt samarbeidet mellom Elkem Solar og Universitetet i Agder.

Forskningssamarbeidet er en forutsetning for utvikling av nye forskere, som igjen danner et rekrutteringsgrunnlag for solcelleindustrien. De fleste forskningsprosjektene som er finansiert av Forskningsrådet og medfinansiert av bedriftene, fører til utdanning av doktorgradskandidater som så ansettes enten i forskningsmiljøene eller i solcellebedriftene her til lands eller i norske bedrifter som opererer i utlandet.

Dokumentanalysen i forrige kapittel viser at verken Klimakur 2020-rapporten eller Utdanningslinja inneholder noen strategi for utvikling av såkalt ”grønn kompetanse” gjennom utdanning eller livslang læring. Samlet kan det sies at rapporten Klimakur 2020 inneholder en grundig gjennomgang av juridiske og økonomiske tiltak i de forskjellige sektorene. Den er basert på sektorvise utredninger som også har god kjennskap til nye teknologiske løsninger. Men rapporten mangler systematisk kjennskap til kompetansebehovene i de forskjellige sektorene og dermed også forståelsen av mulige konsekvenser manglende opplæring kan ha for iverksetting av og suksess som følge av foreslåtte tiltak. Dette gjelder utdanning av fagpersonell, men også livslang læring for de ansatte.

Stortingsmeldingen tematiserer i mer generelle vendinger nødvendigheten av å kunne forutsi og bygge opp kompetanse for framtidens jobber, og den tematiserer samarbeid mellom utdanning og arbeidsliv både i opplæring og i livslang læring.

Referanser

- Aadland, C. (2008a) Ett skritt nærmere solcelleproduksjon. I: Teknisk ukeblad, 13.10.2008. <http://www.tu.no/industri/article181985.ece>
- Aadland, C. (2008b) Legger solfabrikk på is. I: Teknisk ukeblad, 19.1.2009. <http://www.tu.no/industri/article196067.ece>
- Aarvig, S. (2006) Union-ansatte er attraktive. I: Teknisk ukeblad, 18.1.2006. <http://www.tu.no/nyheter/arbeidsliv/article45116.ece>
- Alstadheim, K. (2000a) Tror på sol neste år. I: Dagens Næringsliv Morgen, 27.6.2000, s. 15.
- Alstadheim, K. (2000b) Verdens største innen solenergi. I: Dagens Næringsliv Morgen, 1.7.2000, s. 10.
- Cedefop. (2010) *Skills for green jobs: European synthesis report*. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- Dalløkken, P. E. (2008) Bygger gigantfabrikk i Singapore. I: Teknisk ukeblad, 18.6.2008. <http://www.tu.no/energi/article171493.ece>
- Eik, E. E. (2008) REC selger leiligheter. I: Framtia for folk i Meløy, 23.3.2009 <http://www.framtia.no/artikler/rec-selger-leiligheter>
- Energi21. (2010) *Innsatsgruppe fornybar kraft: Rapport fra solgruppen*. Oslo: Energi21.
- Godø, H. (2010). *Informasjon om Rjukan-modellen*. Personlig informasjon gitt til Antje Klitkou.
- Gram, T. (2008) Solløft har kostet 860 millioner I: Teknisk ukeblad, 11.8.2008. <http://www.tu.no/energi/article174239.ece>
- Gram, T. (2010) Hydro dropper solsatsing. I: Teknisk ukeblad, 11.2.2010. <http://www.tu.no/industri/article236755.ece>
- Halvorsen, F. (2003a) 89 nye jobber på Herøya. I: Teknisk ukeblad, 27.1.2003. <http://www.tu.no/nyheter/arbeidsliv/article19280.ece>
- Halvorsen, F. (2003b) Fabrikk i verdensklasse. I: Teknisk ukeblad, 2.7.2003. <http://www.tu.no/nyheter/produksjon/article23012.ece>
- Halvorsen, F. (2003c) Sparket fra magnesium - sådde i silisium. I: Teknisk ukeblad, 12.9.2003. <http://www.tu.no/nyheter/arbeidsliv/article23934.ece>
- Halvorsen, F. (2005) Skuffelse i Årdal. I: Teknisk ukeblad, 22.2.2005. <http://www.tu.no/nyheter/produksjon/article32480.ece>
- Halvorsen, F. (2006a) Et norsk eventyr i sol og silisium. I: Teknisk ukeblad, 22.6.2006. <http://www.tu.no/nyheter/energi/article54543.ece>

- Halvorsen, F. (2006b) Formaliserer samarbeid om solceller. I: Teknisk ukeblad, 12.9.2006.
<http://www.tu.no/energi/article58615.ece>
- Halvorsen, F. (2006c) Mye nytt under solen. I: Teknisk ukeblad, 20.9.2006.
<http://www.tu.no/energi/article57849.ece>
- Halvorsen, F. (2006d) NorSun får 30 millioner kroner. I: Teknisk ukeblad, 18.12.2006.
<http://www.tu.no/energi/article66697.ece>
- Halvorsen, F. (2006e) Scanwafer dobler kapasiteten. I: Teknisk ukeblad, 13.3.2006.
<http://www.tu.no/nyheter/produksjon/article47039.ece>
- Halvorsen, F. (2007a) IFE utvider solcelleforskning. I: Teknisk ukeblad, 5.2.2007.
<http://www.tu.no/energi/article68883.ece>
- Halvorsen, F. (2007b) Kjemper om en plass i solen. I: Teknisk ukeblad, 2.3.2007.
<http://www.tu.no/energi/article70258.ece>
- Halvorsen, F. (2007c) Solcellestart i Årdal i vinter. I: Teknisk ukeblad, 21.12.2007.
<http://www.tu.no/industri/article128561.ece>
- Halvorsen, F. (2008a) Bygger nytt solteknologisenter. I: Teknisk ukeblad, 19.6.2008.
<http://www.tu.no/industri/article156702.ece>
- Halvorsen, F. (2008b) Metallkraft gjenvinner for Norsun. I: Teknisk ukeblad, 3.6.2008.
<http://www.tu.no/industri/article167462.ece>
- Halvorsen, F. (2008c) Sol over Herøya. I: Teknisk ukeblad, 23.4.2008.
<http://www.tu.no/nettarkiv/article156262.ece>
- Halvorsen, F. (2008d) Øker i Glomfjord. I: Teknisk ukeblad, 23.9.2008.
<http://www.tu.no/nettarkiv/article181530.ece>
- Hanson, J. (2008) Fra silisium til solceller - fremveksten av norsk solcelleindustri. In: Hanson, J. and O. Wicken, eds. *Rik på natur: innovasjon i en ressursbasert kunnskapsøkonomi*. Oslo: Fagbokforlaget, 43-58.
- Haugberg, A. (2010). *Videreutdanning av industriarbeiderne og utviklingen av ScanWafer i Glomfjord*. Personlig informasjon gitt til Antje Klitkou.
- Helgesen, O. K. (2006) Klart for nytt solcelleeventyr. I: Teknisk ukeblad, 14.12.2006.
<http://www.tu.no/jobb/article66182.ece>
- Henriksen, K. (2010). *Interview on the development of the Norwegian solar photovoltaics industry and the importance of public policy instruments*. Personlig informasjon gitt til Antje Klitkou.
- Hovland, K. M. (2009) 25.000 jobber i solenergi. I: Teknisk ukeblad, 20.4.2009.
<http://www.tu.no/nyheter/article207345.ece>
- Høiseth, P. (2010). *Telemark tekniske fagskole og opplæring for ScanWafer*. Personlig informasjon gitt til Antje Klitkou.

- Johansen, R. (2005) Avansert robot på Fagskolen. I: Varden, 15.2.2005.
<http://www.varden.no/nyheter/avansert-robot-pa-fagskolen-1.185245>
- Jørgensen, K. (2000) Sol i nord. I: Dagens Næringsliv Morgen, 13.11.2000, s. 12.
- Karlsen, A. (2008) Generasjoner av metaller produsert på norske industristeder. In: Isaksen, A., A. Karlsen and B. Sæther, eds. *Innovasjoner i norske næringer: et geografisk perspektiv*. Bergen: Fagbokforlaget, 121-141.
- Klitkou, A. (2010) The emergence of the Norwegian solar photovoltaic industry. Conference paper at "*Which regions benefit from emerging new industries? Evidence from photovoltaic and other high-tech industries*". Halle, Germany, September 30th-October 1st 2010.
- Klitkou, A. and H. Godø. (2010) The Norwegian solar photovoltaic industry. Conference paper at *Triple Helix VIII*. Madrid, October 20-22 2010, O-129.
- Knutzen, T. (1992) Tross svake tall: Hydro er i siget etter ryddejobb. I: Aftenposten Morgen, 29.4.1992, s. 27.
- Leirset, E. (2006) Norges fremste innovasjonsmiljøer. I: Teknisk ukeblad, 4.4.2006.
<http://www.tu.no/nyheter/arbeidsliv/article50149.ece>
- Lohne, O. (2010). *Mastergradsutdanning og doktorgradsutdanning på solcellematerialer ved NTNU og Sintef*. Personlig informasjon gitt til Antje Klitkou.
- Michelsen, S., H. Høst and J. P. Gitlesen. (1998) *Fagopplæring og organisasjon mellom reform og tradisjon: en evaluering av Reform 94. Sluttrapport*. Bergen: Universitetet i Bergen, Gruppe for flerfaglig arbeidslivsforskning.
- Midtgård, O.-M. (2010). *Utdanning for norsk solcelleindustri ved Universitetet i Agder*. Personlig informasjon gitt til Antje Klitkou.
- Nilsen, G. B. (1997) Sp-Fredrik tar aksjegevinst. I: Dagens Næringsliv Morgen, 30.04.1997, s. 20.
- Nilsen, J. (2007a) Solcelle-toget går nå I: Teknisk ukeblad, 15.3.2007.
<http://www.tu.no/miljo/article80268.ece>
- Nilsen, J. (2007b) Solcelleselskap ser til utlandet. I: Teknisk ukeblad, 8.10.2007.
<http://www.tu.no/energi/article115799.ece>
- Nordnes, G. (2010). *NorSuns arbeid med opplæring av ansatte*. Personlig informasjon gitt til Antje Klitkou.
- Ny solcelle-lab (2001). I: Teknisk ukeblad, 26.1.2001.
<http://www.tu.no/nyheter/samfunn/article4756.ece>
- Olsen, S. J. (2009) Norsun henter penger. I: Teknisk ukeblad, 10.3.2009.
<http://www.tu.no/industri/article202991.ece>
- Pettersen, T. (2010). *Mastergradsutdanning og doktorgradsutdanning på solcellematerialer ved NTNU og Sintef*. Personlig informasjon gitt til Antje Klitkou.

- REC. (2010) Renewable Energy Corporation ASA. Prospectus: Fully Underwritten Rights Issue of 332,384,039 New Shares at a Subscription Price of NOK 12.10 per New Share,
- with Subscription Rights for Existing Shareholders as of the end of April 29, 2010. Oslo: DnB NOR Markets, Nordea Markets, SEB Enskilda, 218 s.
- REC: satser på lærlinger (2008). I: Framtia for folk i Meløy, 11.1.2008.
<http://www.framtia.no/files/framtia-200802.pdf>
- Ruud, A. and O. M. Larsen. (2005) *ScanWafer/REC: mapping the innovation journey in accordance with the research protocol of ConDEcol*. Oslo: ProSus, Norges forskningsråd.
- Sagafos, O. J. (2005) *Livskraft. På norsk: Hydro 1905-2005*. Oslo: Pax forlag.
- Satser på solskinn (2001). I: Teknisk ukeblad, 11.1.2001.
<http://www.tu.no/nyheter/produksjon/article4323.ece>
- ScanWafer. (2003) Årsrapport 2002. Høvik: ScanWafer ASA, 38.
- ScanWafer til Herøya (2001). I: Teknisk ukeblad, 11.12.2001.
<http://www.tu.no/nettarkiv/article9216.ece>
- Sogner, K. (2008) Constructive power: Elkem 1904-2004. In: Fellman, S., M. J. Iversen, H. Sjøgren and L. Thue, eds. *Creating Nordic capitalism: the business history of a competitive periphery*. Basingstoke: Palgrave Macmillan, 494-529.
- Solkongen (2001). I: Teknisk ukeblad, 8.3.2001.
<http://www.tu.no/nyheter/samfunn/article4931.ece>
- Solkonglomeratet (2001). I: Teknisk ukeblad, 8.3.2001.
<http://www.tu.no/nyheter/produksjon/article4926.ece>
- Steensen, A. J. (2006) Grenland i omstilling. I: Teknisk ukeblad, 2.3.2006.
<http://www.tu.no/nettarkiv/article48789.ece>
- Steensen, A. J. (2007a) Ny giv for gammelt industristed. I: Teknisk ukeblad, 22.6.2007.
<http://www.tu.no/industri/article106008.ece>
- Steensen, A. J. (2007b) Pilotprosjekt på Herøya. I: Teknisk ukeblad, 5.11.2007.
<http://www.tu.no/nettarkiv/article48789.ece>
- Stensvold, T. (2004a) Dropper Årdal. I: Teknisk ukeblad, 4.10.2004.
<http://www.tu.no/nettarkiv/article29949.ece>
- Stensvold, T. (2004b) Neppe sol til Årdal. I: Teknisk ukeblad, 27.9.2004.
<http://www.tu.no/nyheter/produksjon/article29802.ece>
- Strande, M. (2008) Hydro satser på Norsun. I: Teknisk ukeblad, 5.3.2008.
<http://www.tu.no/miljo/article142123.ece>
- Strøm, K. (2008) Prøvedrift ved Norsun i gang. I: Teknisk ukeblad, 6.2.2008.
<http://www.tu.no/industri/article133719.ece>

Valmot, O. R. (2006) Solcellegründer med mer avanserte wafere. I: Teknisk ukeblad, 1.9.2006. <http://www.tu.no/energi/article58034.ece>

Vil forstå mer av solceller (2001). I: Teknisk ukeblad, 11.12.2001. <http://www.tu.no/nyheter/produksjon/article9364.ece>

Winge, Å. (1996) En strålende idé. I: Dagens Næringsliv Morgen, 24.6.1996, s. 8.

Winge, Å. (1997) Soler seg i fremgang. I: Dagens Næringsliv Morgen, 9.6.1997, s. 13.

Årdal Teknologi og Innovasjon. (2007) Omstilling og nyetablering: er det plass for ein frittstående organisation for teknologi og innovation? *ÅTI Forskningsdagane*. Årdal.

Spørreskjema

REC Wafer Norway

- Hvor kom personellet til ScanWafer I fra?
- Hvilke kvalifiseringstiltak ble gjennomført i starten av ScanWafer I?
- Fikk dere støtte fra offentlige etater, som for eksempel Aetat?
- Har man samarbeidet med noen utdanningsinstitusjoner eller med andre bedrifter og hvis ja med hvilke?
- Hvordan var situasjonen ved ScanWafer II, var det annerledes og hvis ja, hvordan?
- Hvordan dekker dere i dag deres kompetansebehov?
- Har dere tilgang til nok fagutdannet personell – lærlinger, teknikere og ingeniører – eller er det et problem?
- Hvor kommer det nye personellet fra?
- Hvilke tiltak har dere satt i gang til fortløpende kompetanseoppdatering?

NorSun i Årdal

- Hvor kom personellet til NorSun-fabrikken fra?
- Hvilke kvalifiseringstiltak ble gjennomført i starten av NorSun-fabrikken?
- Fikk dere støtte fra offentlige etater, som for eksempel Aetat?
- Har man samarbeidet med noen utdanningsinstitusjoner eller med andre bedrifter og hvis ja med hvilke?
- Hvordan dekker dere i dag deres kompetansebehov?
- Har dere tilgang til nok fagutdannet personell – lærlinger, teknikere og ingeniører – eller er det et problem?
- Hvor kommer det nye personellet fra?
- Hvilke tiltak har dere satt i gang til fortløpende kompetanseoppdatering?

NTNU / Sintef

- Jeg er særlig interessert i å vite hvordan mastergradsutdanning for solcelleindustrien har utviklet seg over tid. Finnes det statistikk for det, for eksempel antall kandidater per år per utdanningsløp?
- Hva er mastergradsutdanningen spesialisert i? Finnes det forskjellige muligheter til spesialisering?
- Og hvordan ser det ut med utdanning av doktorgradskandidater? Finnes det statistikk på det feltet?
- Og hva er kandidatene spesialisert i?
- Har NTNU samarbeidet med industrien for å utvikle mastergradsløpet og doktorgradsutdanningen? Og hvis ja, på hvilken måte?

Universitetet i Agder

- I hvilken grad har samarbeidet ført til nye utdanningsløp ved Universitetet i Agder, enten på bachelor- eller mastergradsnivå? Har du statistikk for det?
- Finnes det et doktorgradsløp ved universitetet som er rettet mot solcelleindustrien?
- Har Universitetet i Agder tilpasset eksisterende utdanningsløp, for eksempel forandret curriculum, innsats av personell fra Elkem Solar i undervisningen, praksisplasser osv.?
- Tilbyr universitet etterutdanning for ansatte ved Elkem Solar? Og hvis ja, hva går den ut på?

Telemark tekniske fagskole

- Hva slags personell har dere utdannet for REC Wafer på Herøya?
- Hvor lang var utdanningen og hvilken spesialisering hadde den? Har du statistikk for det?
- Arbeider dere med fortløpende kursing av REC Wafers ansatte?