

HETAST PÅ MARKNADEN

**Solenergi kan bli en av
världens största industrier**



Solenergi

**En fördjupningsstudie av solenergi
inom projektet Framsyn och Tillväxtområden
i svensk exportindustri**

Förord

Sverige är ett exportberoende land som framgångsrikt skapat tillväxt, jobb och välbefinnande genom att företag har tagit fram lösningar som varit internationellt konkurrenskraftiga. Det är ingenting som kan tas för givet. Innovationer och nya marknader måste ständigt skapas, i en allt starkare global konkurrens. En stor del av näringslivet i Sverige är idag direkt eller indirekt en del av globala marknader. Företagens framtida konkurrenskraft och positioner på dessa marknader kommer att vara avgörande för deras lönsamhet och därmed också för ekonomisk tillväxt och jobbtillväxt i Sverige.

Projektet *Framsyn och tillväxtområden i svensk exportindustri* syftar till att identifiera framväxande globala tillväxtområden – EBOs (Emerging Business Opportunities) – och förutsättningar för svenska exportföretag inom ramen för dessa tillväxtområden. EBOs karaktäriseras av att de är under utveckling, vilket innebär att det ännu inte finns en definierad marknad med väletablerade aktörer eller aktörsroller. Istället karaktäriseras de av stor osäkerhet och därför betydande öppenhet, där nya aktörer och konstellationer växer fram, vilket ofta leder till nya värdesystem där branscher konvergerar och formar nya mönster för värdeskapande och nya aktörsnätverk.

Projektet drivs av Blue Institute, en tankesmedja grundad av Mercuri Urval, med fokus på strategi- och tillväxtfrågor. Mercuri Urval är ett svenskt konsultföretag med verksamhet i ett trettiotal länder, som arbetar för att stärka sina kunders konkurrenskraft genom att identifiera, utveckla och tillföra rätt kompetens och förmåga som gör det möjligt att bygga upp organisatorisk och strategisk styrka.

Analysarbetet och rapporterna inom ramen för Framsyn och tillväxtområden i svensk exportindustri är en del av den verksamhet som Blue Institute bedriver för att skapa och sprida kunskap om marknadsutveckling och de strategiska utmaningar som näringslivet står inför. Genom att arbeta utifrån ett industriellt nätverk, med en industriell tidshorisont och i nära samarbete med de företag som är involverade i tillväxtområdena har den kunskapen kontinuerligt validerats och spridits. Det här underlaget bör därigenom hjälpa beslutsfattare att driva strategier som bidrar till olika branschers förmåga att transformera sig i enlighet med konkurrensutvecklingen – för att säkra en långsiktig överlevnad och tillväxt. Programmet drivs med bidrag från VINNOVA.

Förståelse för svenskt näringslivs möjligheter och hinder inom framväxande globala tillväxtområden är av fundamental betydelse för svensk forsknings-, innovations- och tillväxtpolitik. Identifiering och karaktärisering av viktiga drivkrafter och motkrafter för värdetillväxt, exporttillväxt och jobbtillväxt inom ramen för framtida tillväxtområden är därför utgångspunkten för VINNOVAs satsningar för att bidra till hållbar till-

växt genom behovsmotiverad forskning och utveckling av effektiva innovationssystem. Därför är en kvalificerad framsynsverksamhet en viktig del i VINNOVAS strategiutveckling.

VINNOVAS framsynsverksamhet fokuserar på framväxande globala tillväxtområden och förutsättningarna för att med offentliga satsningar på forskning, utveckling och innovation bidra till hållbar tillväxt i Sverige inom ramen för dessa. Framsynsverksamheten syftar dessutom till att identifiera andra typer av policyinsatser än investeringar i forskning, utveckling och innovation som är viktiga för att möjliggöra ekonomisk tillväxt och jobbtillväxt inom framväxande tillväxtområden. Därmed bör den kunna utgöra ett viktigt underlag för svensk närings- och tillväxtpolitik.

I de fördjupningsstudier som presenteras i den här skriftserien har avsikten varit att ge en helhetsbild såväl vad gäller områdets plats i ett globalt marknadssystem, vilka drivkrafter och motkrafter som finns, vilka aktörer som kan ta en position, samt de tekniska möjligheterna och statusen på forskning och utveckling.

Föreliggande fördjupningsstudie om solenergi är en del av en kontinuerligt växande urvalsram bestående av utvecklingsområden som identifierats av näringslivet själva, där företagsledningarna engagerats och identifierat utvecklingsprojekt som är kommersiellt gångbara inom 2 till 5 år. Ett fyrtiotal feasibility studier har genomförts inom urvalsramen. Fördjupningsstudien om solenergi har utförts av Benjamin Ståhl och Örjan Larsson, Blue Institute. Tidsramen och karaktären i allmänhet av EBOs innebär att rapporten inte gör anspråk på att vara en definitiv beskrivning eller ha svar på alla frågor som väcks. Det är en rapport som beskriver och kommenterar den framväxande marknaden, och syftar till att skapa och underlätta diskussion.

Göran Liljegren

Executive Chairman, Blue Institute

Göran Marklund

tf Vice Generaldirektör, VINNOVA

Innehåll

Sammanfattning	7
Inledning	9
Vad är solenergi?	11
Solcellsteknik	12
Solcellens applikationer	13
Termisk Solkraft	14
Solvärme	16
Marknad och Affärsmodeller	17
Drivkrafter	18
Marknadsomfattning	19
Potential	22
Den svenska marknaden	24
Aktörer	27
Solcellstillverkare	27
Kraftbolag och nätägare	29
Underleverantörer och tillverkare av kringutrustning	30
Byggintressenter	31
Offentliga aktörer	32
Slutsatser	34
Källor	36
VINNOVAs publikationer	37

Sammanfattning

Solenergi innefattar flertalet teknikområden som sammantaget utgör en stor och snabbt växande marknad. Redan idag är solenergi en konkurrenskraftig lösning i vissa områden och inom vissa applikationer. Riktade stödsystem har ytterligare ökat konkurrenskraften och gör investeringar i solenergi lönsamma. Den teknologiska, produktionstekniska och kommersiella utvecklingen går fortfarande raskt framåt och är en förutsättning för att tillväxten ska fortsätta i samma takt som tidigare. Framförallt är det inom mindre nätanslutna system som solceller installeras, men även investeringar i större anläggningar förekommer. Solcellsinstallationer uppgick till ca 4 500 MW förra året, och totalt finns ca 15 000 MW nätansluten solcellskapacitet i världen. Tillväxttakten har varit mycket hög det senaste årtiondet, och efterfrågan fortsätter att vara stark. Det globala marknadsvärdet för solcellsinstallationer är ca \$ 30 miljarder. Marknaden förutspås vara värd \$ 121–179 miljarder redan 2020 och kan då sysselsätta 1,4–2,3 miljoner människor världen över.

Området har potential att bli en av världens största industrier. Som de flesta tillväxtområden har den haft en lång startsträcka för att sedan utvecklas exponentiellt. Mycket tyder på att den punkten nu passeras. Visserligen utgör el från solenergi en relativt liten andel av den totala elproduktionen, men det är investeringarna som görs för framtidens försörjning som avgör marknadens betydelse. Den snabba tillväxten, attraktiva marginaler, förekomst av betydande skalfördelar men också låga inträdesbarriärer har gjort att kapacitetsutbyggnaden exploderat. Situationen idag präglas av en mycket stor överkapacitet, vilket kommer att innebära starkt fallande priser, sjunkande intäkter för tillverkarna och troligtvis konsolidering och viss utslagning. Det kan däremot gynna slutmarknaden eftersom installationerna blir billigare, i därmed också de företag som är verksamma nedströms i värdekedjan.

Den framväxande marknaden för solenergi kommer, tillsammans med andra förnybara energikällor, att påverka hanteringen av elmarknaden överlag. Solenergi medger att nya aktörer kommer in på elmarknaden och att nya alternativ finns för både konsumenter och företag att bli självförsörjande vad gäller el i större utsträckning än tidigare. Intresset från de traditionella kraftbolagen är avvaktande och det är nya aktörer som leder utvecklingen av marknaden.

Svenska företag har en framtida roll inom tillväxtområdet solenergi, men betydelsen och positioneringsmöjligheterna är osäkra. I Sverige finns satsningar på forskning inom solcellsområdet, särskilt när det gäller tunnfilms-, Grätzel- och polymerceller och därigenom en god teknologibas. Men även om den svenska strategin har gynnat forskning

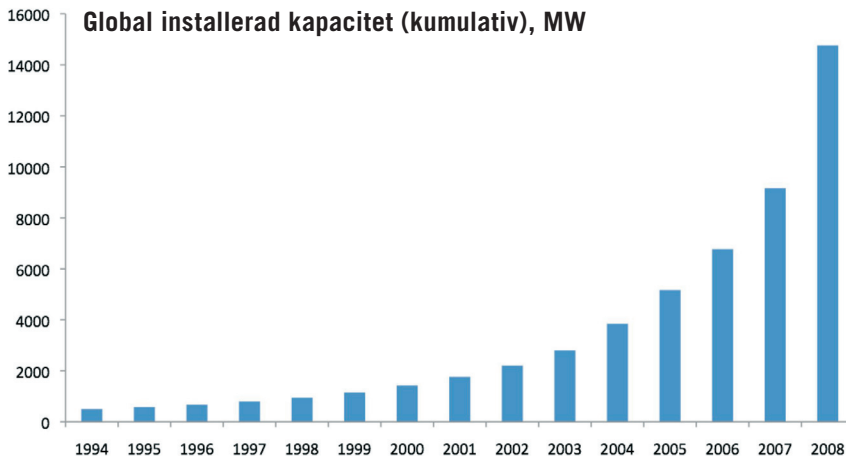
så har inte resultaten inte lett till en industriell hemvist. Det kan vara riskabelt eftersom omsättning och arbetstillfällen hamnar utanför landet, och att man går miste om avkastningen på investeringen. Däremot har svenska företag betydande roller som leverantörer av komponenter, system och tjänster in i tillväxtområdet. I den mån de kan bevara och utveckla sina positioner gynnas de av tillväxten, och det är möjligt att några integrerar sig in i solcellstillverkning.

Ett möjligt problem för svenska företag är avsaknaden av en hemmamarknad. De största hindrena för en växande svensk marknad är de naturliga förutsättningarna, fortsatt relativt höga kostnader och höga inmatningskostnader till elnätet. Samtidigt har några av de största marknaderna – Tyskland och Japan – visat att det är möjligt att bygga marknad och en konkurrenskraftig industri, men till en kostnad. Det är inte ett oöverkomligt problem, men det innebär att för att företag ska ta en position så måste de agera och verka internationellt.

Inledning

Solen står för den absolut största delen av el- och värmeproduktionen på jorden. Det sker mestadels genom indirekta processer, t.ex. skapande av fossila och biomassebase-rade bränslen eller genom vinden och vattnets rörelser. De enda undantagen från solens inverkan är kärnkraft och tidvattenbaserad kraft. Solenergi har en enorm teoretisk potential, men i motsats till den står höga kostnader och relativt låg verkningsgrad, och inte alltid optimala solförhållanden. Solenergi står därför endast för en liten del av energiproduktionen i världen. Men det är en framväxande marknad som kan komma att ha en exponentiell utveckling i det korta perspektivet.

Marknadstillväxten de senaste åren har varit mycket stark, och fortsätter att vara det. Installerade solceller ökade med över 50 % förra året, och under de senaste årtiondet har den globala installerade kapaciteten växt fjorton gånger, till knappt 15 000 MW. Under nästa årtionde förutspås kapaciteten växa ytterligare fjorton gånger. I vissa länder och områden är solenergi redan idag en betydelsefull marknad. I Tyskland kommer mer än 0,5 % av elen från solkraft (drygt 2 TWh), industrin omsätter € 5 miljarder och sysselsätter 50 000 människor. Kalifornien, Japan och senast Spanien är också marknader där solenergi är stort.



Källa: EPIA, Greenpeace

Den tekniska utvecklingen går snabbt framåt. Tillverkningskostnader sjunker och verkningsgrader ökar i takt med att nyare generationer solceller utvecklas, samtidigt som stora kapitalinvesteringar medger skalfördelar. Även om det driver kostnadsreduk-

tion och därmed marknaden, bidrar det också till risken för betydande överkapacitet, en situation som idag är verklighet.

Den här rapporten avhandlar direkt utnyttjande av solens energi för förnyelsebar produktion av värme och el, och särskilt el. Den inriktar sig också i första hand mot det område som anses ha störst förutsättning att på kort sikt växa till ett marknadsformat av någon betydelse. Det innebär att vissa spår inom solenergi lämnas därhän i den här rapporten, t.ex. produktion av kyla genom evaporativ teknik och artificiell fotosyntes. Studien har utgått ifrån ett globalt marknadsperspektiv. Det innebär att den i första hand beskriver den marknad som finns och som utvecklas, istället för att utgå från teknologi, möjlig elförsörjningspotential eller klimatpolitiska överväganden. Rapporten belyser drivkrafter, marknadsomfattning, marknadspotential och aktörer som håller på att skapa marknaden. Det är en del av flera studier som sammanlagt analyserar förnybara energikällor som tillväxtområde, och svenska företags roll i det området.

Vad är solenergi?

Solenergi är ett brett begrepp som innefattar en stor mängd olika metoder för att praktiskt tillgodogöra sig solens utstrålning. I jämförelse med övriga energislag utgör solens direkta strålning en enorm resurs. Solen förser jorden kontinuerligt med 120 000 TW – på en timme får vi mer energi i form av solstrålning än vad vi förbrukar på ett helt år.¹ Av det används 0,06 % till fotosyntes och blir till energi i biomassa, och mindre än 1 % blir till vind. Jämfört med fossila bränslen är solen oslagbar eftersom jordens samlade resurser i olja och gas endast motsvarar några dagars solstrålning och kolreserverna några veckors. Teoretiskt skulle hela jordens energibehov kunna tillgodoses med ett 50 x 50 mil stor anläggning i Saharas öken.

Från teoretisk potential till praktisk utbyggnad är däremot steget långt. Solenergi har varit en relativt dyr energikälla, begränsad till områden med jämn och god instrålning och som inte kan användas på natten. Men det finns också fördelar – solenergi lämpar sig för småskaliga installationer och kan byggas upp modulärt, det är en ren energikälla, och elproduktionen sammanfaller ofta med behovet. I takt med att utvecklingen går framåt och kostnaderna minskar blir solenergi en mer konkurrenskraftig lösning.

Metoder för att tillgodogöra sig solens energi kan delas in i aktiva och passiva metoder. Aktiva metoder använder sig av solceller, turbiner, pumpar m.m. för att fånga, konvertera och distribuera energi, medan passiva metoder använder särskilda material och utformar strukturer och utrymmen. Aktiva metoder ökar energiutbudet medan passiva metoder minskar behovet av andra resurser. I den här rapporten diskuteras aktiva metoder. De kan i sin tur indelas i metoder som producerar värme och de som på något sätt producerar elektricitet.

Värmeproducerande solenergi fungerar i princip genom att en solfångare omvandlar solstrålningen till värme. Det finns flera olika typer av solfångare där de vanligaste är (glasade) plana solfångare, vakuumrörsolfångare och absorbatörer. Vakuumrörets goda isolationsförmåga innebär att verkningsgraden blir högre än för de andra typerna av solfångare. Solfångaren är ansluten till en solfångarkrets med frosttålig vätska och med ett värmelager, en ackumulatortank eller en varmvattenberedare. Värmen överförs direkt eller via värmeväxlare till ett värmesystem. På 30 år har solfångarna blivit dubbelt så effektiva samtidigt som priserna sjunkit till hälften.

Det är främst de metoder som syftar till elproduktion som berörs i den här rapporten. Vad gäller solenergi för elproduktion kan metoderna indelas i solcellsteknik och termisk solkraft, och inom dessa kategorier finns det ett antal olika teknologier. I de följande avsnitten behandlas dessa.

Solcellsteknik

Solcellstekniken har funnits sedan 1950-talet och utvecklades för att klara elförsörjningen av satelliter i rymden. Solcellsel används ofta isolerat på platser där det är långt till elnäten, men även numera i sammanhang där det finns en infrastruktur som kan leverera kraft. De senaste åren har användningen av nätanslutna system ökat väsentligt, speciellt i Tyskland, Japan och USA. Det är en kombination av ökande elpriser och fördelaktigt ekonomiskt stöd som har gjort tekniken intressant. Den tekniska utvecklingen är fokuserad på att höja verkningsgraden och rationalisera den industriella tillverkningsprocessen, för att höja konkurrenskraften jämfört med andra energikällor.

Solceller är uppbyggda av en tunn skiva halvledarmaterial med kontakter på fram- och baksidan. När solinstrålningen träffar solcellen polariseras den så att framsidan blir negativt laddad och baksidan positivt laddad. Metallkontakterna på fram- och baksidan tar upp laddningen i form av elektrisk ström. En kisel-solcell ger ca 0,5 volt, vilket är för låg spänning för att vara praktiskt användbar. Därför seriekopplas ett antal celler (30–36 stycken) i en modul för att de tillsammans ska komma upp i en lämplig spänning, t.ex. för att kunna användas för laddning av ett batteri eller anslutas till en växelriktare. Modulen täcks i sin tur av ett antireflekterande material.

Solceller beskrivs ofta i termer av generationer, där det nu sker en utveckling av tillverkningen från första till andra generationens solceller, och där forskning och utveckling redan nått in på den tredje generationen. I viss mån är det fråga om en geografisk omställning, där tidigare generationer fortsätter att växa, men i större utsträckning tillverkas i länder med låg kostnadsstruktur.

De solceller som finns på marknaden idag är i huvudsak av två olika typer. Den ena är uppbyggd av kristallina kisel-solceller – även kallat *första generationen* – och den andra är uppbyggd av tunna lager fotosensitivt material, i dagligt tal kallat tunnfilmssolceller eller *andra generationen*. Första generationens solceller, som dominerar marknaden, har en hög verkningsgrad (relativt tunnfilmssolceller) på ca 15–20 %, använder en vanligt förekommande råvara och en produktionsteknik som är vanlig i elektronikindustrin.

Den andra generationens solceller består av film som endast är några mikrometer tjock, förångad på något billigt material som t.ex. glas eller plast. Det gör dem 100 gånger tunnare än de kristallina solcellerna. Det går åt betydligt mindre halvledarmaterial vilket sänker tillverkningskostnaden, men samtidigt har de för närvarande en lägre verkningsgrad än första generationens solceller. Verkningsgraden för tunnfilmssolceller ligger nu kommersiellt på 10 %, men i forskningsmiljöer har man uppnått närmare 20 % verkningsgrad. De material som används i tunnfilmssolceller är bl.a. CIGS (copper-indium-diselenide), CdTe (cadmium telluride) och a-Si (amorphous silicone), och de kallas därför därför också för t.ex. CIGS-celler. De senaste två åren har tillverkningen

av tunnfilmssolceller mer än fyrdubblats och står nu för ca 13 % av den totala solcellstillverkningen.²

Den tredje generationens solceller är baserade på principer och material för att höja verkningsgrader med lägre eller bibehållna kostnader. En teknik som står inför ett marknadsgenombrott är så kallade Grätzelceller³ (även kallade DSC, Dye Solar Cells eller Nanoceller). De kännetecknas av att cellens ljus inte absorberas av en halvledare utan använder i stället ett färgämne. Färgämnet är fäst vid en nanokristallin halvledare med stor yta i kontakt med en elektrolyt. Processen kan liknas vid ett konstgjort löv där färgämnet motsvarar växternas klorofyll. Men i stället för klorofyll, som i naturen bryts ner snabbt och ständigt måste återskapas, används nanopartiklar av titandioxid (ett billigt ämne som används bl.a. i solskyddskrämer) som doppar i ett rött färgämne, rutenium. Färgämnets elektroner får så mycket energi när det träffas av ljusets fotoner att de frigörs från molekylen och skapar en ström mellan två elektroder (anod, katod). Elektrolyten mellan elektroderna skyfflar nya elektroner till färgämnet så att det kan fortsätta att skapa ström. Även i Sverige sker färgämneshforskning för solceller.

Marknaden för den tredje generationens solceller har en mycket stor potential, särskilt om man kan utveckla molekyler som utnyttjar den infraröda delen av solinstrålningen, vilket gör det möjligt att föreställa sig fönster med solceller som är genomskinliga för synligt ljus, men som kan producera elektricitet ur den energi som vi normalt upplever som värme. Möjligheten att kunna ta fram takpannor och väggpaneler som har andra färger än de traditionella blanksvarta kiselpanelerna, skulle ytterligare göra tekniken attraktiv.

Ett annat sätt att minska totalkostnaden är att integrerar solcellerna i byggnadselement för fasader, fönster och tak (därmed också ersätta andra byggmaterial), s.k. *building integrated photovoltaics* (BIPV). Detta marknadssegment ökar snabbt framför allt i Japan och Tyskland, tack vare förmånligt marknadsstöd.

Solcellens applikationer

Solceller återfinns i en mängd olika applikationer. Man kan särskilja mellan *produkter och tjänster, nätanslutna system, icke-nätansluten el*, samt *icke-nätanslutna industriella applikationer*⁴.

Produkter och tjänster innefattar solceller i minräknare, gräsklippare, vägskyltar m.m., där solcellen är integrerad i en produkt och helt eller delvis förses den med kraft. Det är en viktig marknad, men i volym mätt relativt liten – endast 1 % av solcellstillverkningen är ämnad åt produkter och tjänster.

Den största applikationen volymmässigt är numera nätanslutna system, och står för 90 % av tillverkningen. Nätanslutna moduler installeras oftast på byggnader, som fristående moduler, i system eller integrerat i olika byggmaterial. De förser el till fastighetsägaren och överskott kan säljas via kraftnätet. Även renodlad kraftgenerering förekommer i stora solcellsanläggningar, som jämfört med andra elanläggningar dock har relativt liten kapacitet – det största som finns idag har en kapacitet på 60 MW. Något mindre anläggningar har blivit en växande företeelse i bl.a. Tyskland, där jordbrukare och markägare kan upplåta sin mark och därmed säkra intäkter i 20 år, vilket liknar en modell som är vanlig inom vindkraft.

Icke-nätansluten el var tidigare den volymmässigt viktigaste applikationen. I de fall det är svårt eller dyrt att ansluta till kraftnätet är solceller en konkurrenskraftig lösning, och är ofta det billigaste sättet att få småskalig el, t.ex. på avlägsna platser eller i utvecklingsländer med begränsad infrastruktur. Även inom transportsektorn är den här typen av applikation vanlig, t.ex. på båtar och bilar, men för underhållsladdning snarare än framförskaffning. Potentialen av dessa applikationer är stor, och i dagsläget utgör de ca 4 % av den tillverkade volymen.

Slutligen finns icke-nätanslutna industriella applikationer, som även de förser kraft på avlägsna eller svåråtkomliga platser. Det är vanligast inom telekom, där basstationer och master måste ha en kraftkälla. Andra applikationer är navigeringsbojor, avsaltningssanläggningar och fyrar. Det är ett växande segment med klara fördelar eftersom dyrt underhållsarbete också kan undvikas.

Termisk Solkraft

Termisk solkraft produceras genom att solinstrålningen koncentreras mot en punkt genom speglar eller parabolsystem. Det kallas därför för *concentrating solar power*, CSP. Det finns flera olika teknologier för CSP, bl.a. parabolreflektorer ("parabolic trough"), soltorn, fokuserade parabler ("dish") och Fresnel reflektorer. Parabolreflektorer är den i dagsläget vanligaste lösningen.

Principen för teknologierna är liknande, i det att värme används för att hetta upp vätska som sedan driver en ångturbin och generator för elproduktion. Tekniken är väl beprövad och har använts i kommersiell skala i Mojaveöknen i Kalifornien sedan slutet av 1980-talet.

Termisk solkraft är i dagsläget billigare än solceller för elproduktion, men förutsätter större investeringar. Dessutom måste kostnaderna minskas för att konkurrera rakt ut mot fossil kraftgenerering. Termisk solkraft har dock ett par fördelar som solcellsel saknar – framförallt att den uppvärmda vätskan kan hålla hög temperatur och över-

tryck även efter solen gått ned och därmed utnyttjas nattetid. T.ex. kan användning av smält salt lagra energin i upp till en vecka. En annan fördel är att det lämpar sig för hybriddrift, d.v.s. turbiner kan drivas med t.ex. naturgas för att ha en konstant effekt.

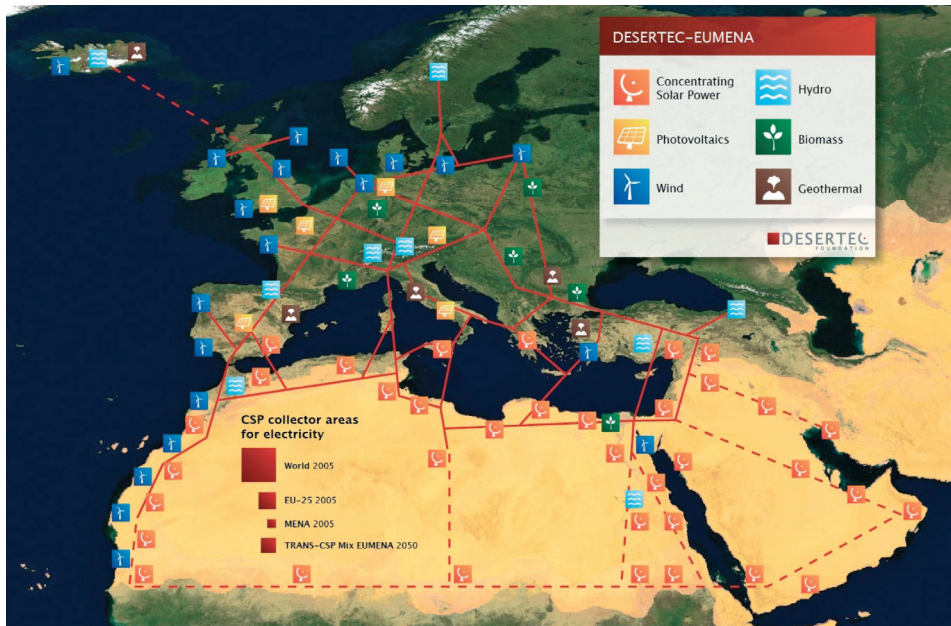


Bild 1: Visionen av ett "supergrid" (källa: www.desertec.org)

Flera mycket stora projekt med termisk solkraft är under uppförande ibland annat i USA och Spanien. I det visionära projektet **DESERTEC**, som är ett samarbete mellan intressenter i Europa, Mellanöstern och Nordafrika, tänker man sig en enorm utbyggnad av termiska solkraftverk i Sahara och Mellanöstern. Tanken är att med solens hjälp generera så mycket el att stora delar av Europas elbehov kan tillgodoses. Bilden illustrerar hur de olika kraftkällorna är tänkta att förbindas.

En annorlunda lösning som också bygger på koncentrerad solkraft är det svenska företaget **CleanErgy ABs** stirlingmotor. Stirlingmotorerna, som bärs upp av en parabol som koncentrerar solljus, är vibrationsfria och tysta, och drivs med i stort sätt vilken värmekälla som helst. Varje enskild motor är på 9 kW, men kan kombineras i kluster av moduler för större anläggningar. Det kan också skapas hybridssystem, som använder t.ex. biogas på natten för en kontinuerlig elproduktion.

Utvecklingen inom termisk solkraft går snabbt, och mot större applikationer. Det finns redan anläggningar för storskalig elproduktion – t.ex. **Solar Energy Generating Systems**, med en kapacitet på 354 MW som färdigställdes redan 1991. För tillfället planeras och byggs ett stort antal stora anläggningar. Ett exempel är i Spanien,

som i stort sätt saknade solvärmekraft 2005 och ska ha 500 MW i pipeline till 2010. Det kommer främst att komma från stora solvärmekraftverk, på över 50 MW, som **Andasol** 1, 2 och 3. I de anläggningarna har **ABB** levererat automatiseringsutrustningen. I USA planeras och/eller byggs flera stora anläggningar. T.ex. har **Nevada Solar One** (64 MW) just färdigställts i USA. Bara i Kalifornien planeras ett antal mycket stora anläggningar: **Ivanpah** (ISEGS) 1, 2 & 3 (totalt 400 MW), **Mojave Solar Park** (553 MW), **Pisgah** (500 MW), **Imperial Valley** (300 MW) och **Carrizo Solar Farm** (177 MW).

Solvärme

Solvärmemarknaden är inte huvudfokus för den här rapporten, men det bör nämnas att marknaden är av en omfattning som förvånar många – i termer av installerad kapacitet överträffar den vindkraft idag. Det är inte en ny marknad, men expanderar nu kraftigt. Det är en intressant marknad eftersom den domineras av småskaliga installationer och beprövad, okomplicerad teknik – med en väldigt fragmenterad marknad som följd – främst i utvecklingsländer.

Kina dominerar marknaden för solvärme med tre fjärdedelar av världens installerade kapacitet. Skälet är att solvärme ofta är det enda alternativet för varmvattenförsörjning i bostäder. Europa kommer på andra plats med flest solfångare i Tyskland men räknat per capita ligger Cypern, Grekland och Österrike långt före övriga länder i Europa. Dessa länder utmärks av en stödjande energipolitik i detta hänseende.

I Sverige finns ca 15 000 solvärmesystem installerade och det tillkommer ca 2 000 nya system per år, de flesta mindre. Trots att Sverige och andra kallare länder har färre timmar solinstrålning än trakterna runt Medelhavet, är det troligt att utbyggnaden ändå kommer att vara relativt stor pga. allmänt ökande energikostnader. Sverige har också några av världens största anläggningar.⁵ Det största solfångarfältet i Sverige finns i Kungälv med 10 000 kvm solfångare som levererar 4 miljoner kWh fjärrvärme per år. I Danska Marstal finns världens största solvärmeanläggning med 18 000 kvm solfångare.

Det finns några svenska aktörer med verksamhet inom solvärme. **Sunstrip** i Finnsång hör till de ledande i Europa med en produkt som ursprungligen togs fram av **Gränges Metall** på 1970-talet, med 90 % av försäljningen på export. **Aquasol** i Örebro är en av de större tillverkarna i Sverige av planinglasade solfångare. Danska **Arcon Solvarme** har projekterat solvärmeverket i Kungälv och också världens största i Marstal, Danmark. Även en komponentleverantör som **Luvata** har en stark position inom området.

Marknad och Affärsmodeller

Användningen av värme och el från solen har växt med mer än 30 % per år sedan tidigt 1970-tal, men i en ojämn takt. Den första vågen kom i samband med oljekrisen på 1970-talet, men sedan dämpades tillväxten. Stödprogram i Japan och Tyskland inledde en senare våg, som också påverkats av kolberoende, ett högt oljepris och ökad miljömedvetenhet. Tillväxttakten till trots är den relativa andelen solenergi fortfarande låg – endast 0,07 % av den globala energitillförseln utgörs av direktverkande solteknologi. Orsaken är – trots gratis ”bränsle” – att produktionskostnaden inte har kunnat konkurrera med konventionella energislag. Utvecklingsscenariot är dock starkt och drivs av ny förbättrad teknik som gör investeringarna billigare och produktionen effektivare, samt den allmänna miljö- och energisituationen i världen med stigande elpriser. Eftersom marknaden inte mäts i termer av dagens elförsörjning utan i de investeringar som görs för framtidens försörjning, är inte den relativa andelen solenergi idag den mest relevanta faktorn.

Drivkrafter

Solenergi som marknad drivs av samma trender som alla andra förnybara energislag. På en generell nivå är det främst tre drivkrafter som samspelar för att stimulera framväxande marknader för förnybar energi. Den första drivkraften är ett växande energibehov globalt, och främst i utvecklingsländerna. Den andra drivkraften är hotet mot världens klimat, som genererat dels en allmänpolitisk medvetenhet och folkopinion och dels politiska mål, åtaganden och styrmekanismer som gynnar förnybar energi. Slutligen spelar relativa priser en stor roll, t.ex. den senaste tidens prisökning på fossila bränslen men även relativa kostnader gentemot olika teknologier inom förnybara energikällor.⁶ Där är också mer specifik utveckling (teknologisk, materialteknisk och produktionsteknisk) en viktig faktor.

För storskalig elproduktion behövs stora, billiga markytor med god solinstrålning och sådana finns i alla världsdelar. Men för att kunna konkurrera om basproduktionen av el i länder med ett utbyggt kraftnät måste solcellerna bli billigare. I dagsläget är den största anläggningen på 60 MW (**Parque Fotovoltaico Olmedilla de Alarcon**, Spanien), men det planeras och byggs flera stora anläggningar som kommer leverera kraft inom kort. I Kalifornien planerar **Pacific Gas & Electric** att bygga en anläggning på 800 MW, vilket motsvarar ett kolkraftverk (elproduktionen blir dock mindre eftersom solen inte lyser på natten) och kan försörja 239 000 hem med el. Det kommer i så fall att bli den största anläggningen av sitt slag. Idag finns de största anläggningarna i Spanien, Portugal (det största på 46 MW) och Tyskland (40 MW). Marknaden för solceller har istället främst varit inriktad på mindre installationer, t.ex. i hem och för enstaka byggnader och företag.

Den största drivkraften för de senaste årens branschtillväxt är vissa ambitiösa politiska initiativ riktade mot den sektorn. Främst bland dessa märks Japans, Tysklands och delstaten Kaliforniens stora satsningar på solcellsteknik som ger subventioner till både företag och hushåll. Det tyska programmet *Hundred Thousand Roofs Programme*, med mål att förse 100 000 tak med solceller, antogs 1999 och uppfylldes redan 2003. Sedan integrerades programmet i lagstiftning (EEG) med fortsatta incitament, vilket lett till en mycket stark tillväxt i landet. I Japan finns också ambitiösa mål för solenergi, och Kaliforniens *One Million Solar Roofs* initiativ, antaget i januari 2007, syftar till att installera 3 000 MW mellan 2007 och 2017.⁷ Tyskland och Japan täcker tillsammans 55 % av världsmarknaden för solceller och flera av de största företagen – t.ex. **Q-Cells**, **RWE Schott Solar**, **ASP**, **Kyocera**, **Sharp** och **Mitsubishi** – finns också här.

Ytterligare en drivkraft, som är mer spekulativ, är att solenergi tilltalar privatperso-

ner och enskilda företag då det är ett konkret sätt att minska den egna miljöpåverkan och öka självförsörjningen – och därmed självständigheten gentemot marknadspriser. Tillsammans med småskalig vindkraft är solenergi ofta den enda praktiska möjligheten för enskilda företag och konsumenter att reellt öka sin självförsörjningsgrad och minska utsläppen. Denna drivkraft – som uttryckts i många enskilda uttalanden och agerande, t.ex. Googles investering i solceller för att bidra till driften av sin enorma serverpark – är förstas modererad av ekonomiska förutsättningar, men det kan innebära att konkurrenskraften för solenergi dels är större än vad som kalkylmässigt är uppenbart, och dels att efterfrågan kan fortsätta att accelerera i högre takt än vad som förutspåts. Det gör kanske också att småskaliga lösningar, baserade på teknisk utveckling, kan få snabbare genomslag vilket i sin tur fortsatt medger en öppen marknad för utveckling. Om det är vad som utkristalliserar sig i den framväxande marknadsbilden så kan även forskningsnära och tekniktunga mindre initiativ vara nog så intressanta att satsa på.

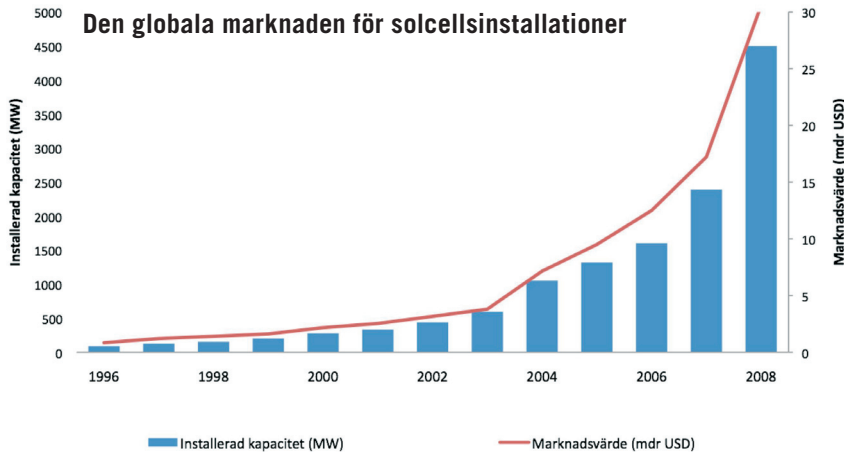
Marknadsomfattning

Solkraft är en starkt växande marknad som fortfarande – trots finanskris och lågkonjunktur – förutspås ha en stark potential. Redan idag är marknaden omfattande. **Worldwatch Institute** samt **CleanEdge**, marknadsanalytiker inom cleantech, uppskattade marknaden för solceller (inklusive moduler, systemkomponenter och installationskostnader) till \$ 20 miljarder år 2007, och ytterligare \$ 6,4 miljarder för solvärme⁸.

Det är tveklöst att marknadstillväxten har varit exponentiell, med en tillväxttakt i produktionskapacitet på över 60 % (CAGR) de senaste åren. Tillväxten förutspås fortsätta, men avstanna 2010–12 (16 % CAGR) på grund av en redan allvarlig överkapacitet.⁹ Efterfrågesidan kan dock fortsätta att visa en stark tillväxt, inte minst eftersom priserna faller på grund av överkapaciteten.

Ett exakt marknadsvärde för solkraft är svårberäknat på grund av flera faktorer. En är att det handlar om ett flertal olika applikationsmarknader, t.ex. nätinstallationer och konsumentvaror. En annan är att det är delvis olika marknader och teknologier, som termisk solkraft, solceller och solvärme. En tredje är att beräkningar utgår från produktion eller installation och en antagen "cost-per-watt", som dock skiljer sig i olika delar av världen. Dessutom bör – ur ett konkurrensperspektiv – kostnaden per watt sättas i relation till de olika teknologiernas verkningsgrad. Därtill kommer en fundamental osäkerhet vad gäller hur mycket solceller som faktiskt tillverkas och säljs – t.ex. skiftar uppskattningarna för 2008 från 3,8 GW (enligt uppgifter från **iSuppli**) till 4,5 GW (**Greentech media & Prometheus Institute**) eller t.o.m. 5,6 GW (**Solarplaza**). I det följande antas **Greentech media & Prometheus Institutes** beräkningar, då de är välgrundade och är en accepterad referens inom branschen.

Den största delen av marknaden utgörs av solcellsinstallationer. Inflationsjusterat och beräknat på en kostnad per watt för 2008 om \$ 3,40¹⁰ samt att modulen utgör 50 % av den totala kostnaden (inklusive installation)¹¹ omfattade världsmarknaden drygt \$ 30 miljarder 2008. Därtill kommer marknader för solceller i produkter, termisk solkraft och solvärme. Med andra ord finns det redan en betydande marknad, men den kan ändå sägas vara i början på sin tillväxtkurva om den sätts i relation till hela energimarknaden.

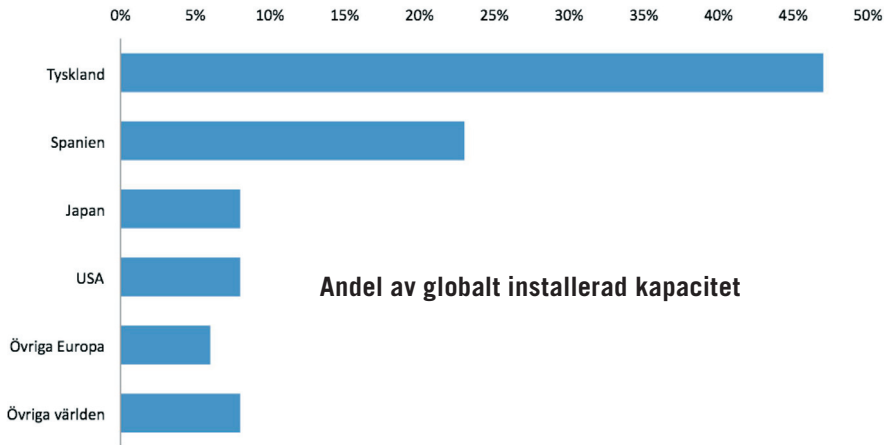


Källor: EPIA, Greenpeace, Prometheus Institute, Solarbuzz

Den största teknologin är kristallina solceller. Tunnfilmsceller hade en ungefärlig marknadsandel på 13 % 2008, men den förutspås öka mycket snabbt i takt med att priserna faller eftersom de tillverkas till en lägre kostnad. **Greentech Media** förutspår att tunnfilmsceller kan stå för en tredjedel av marknaden 2012.

Fördelat regionalt har Europa en stark position både vad gäller marknad och tillverkning. 2007 var Tyskland den i särklass största marknaden, följt av Spanien, Japan och USA. Marknaden i dessa länder är driven av fördelaktiga stödprogram. Det är uppenbart då Spanien troligtvis var den största marknaden 2008, i en rusch att kvalificera installationer inom ett stödramverk som ändrades i september 2008. Den spanska ambitionen är fortfarande hög – t.ex. är solvärmvattnet och solelsproduktion obligatoriskt för vissa byggnader – men inmatningstarifferna har sänkts och ett tak på den totala mängden installationer som kan omfattas har införts (på 500 MW).

Undantaget den spanska frammarschen har Tyskland varit den enskilt viktigaste marknaden de senaste åren, med ca hälften av alla installationer i världen. Marknaden är framförallt driven av en inmatningstaxa. Idag står solceller för 0,5 % av landets elbehov. Tyskland har också stora producenter och industrin sysselsätter ca 40 000 personer där.



Källa: Solarbuzz

Japan är världens största tillverkare av solceller, men den relativa andelen minskar, liksom egna installationer i landet. Däremot är man ledande på utveckling och tillverkning av tunnfilmssolceller, och satsar intensivt på det då konkurrensen vad gäller första generationens solceller intensifieras genom taiwanesiska och kinesiska producenter.

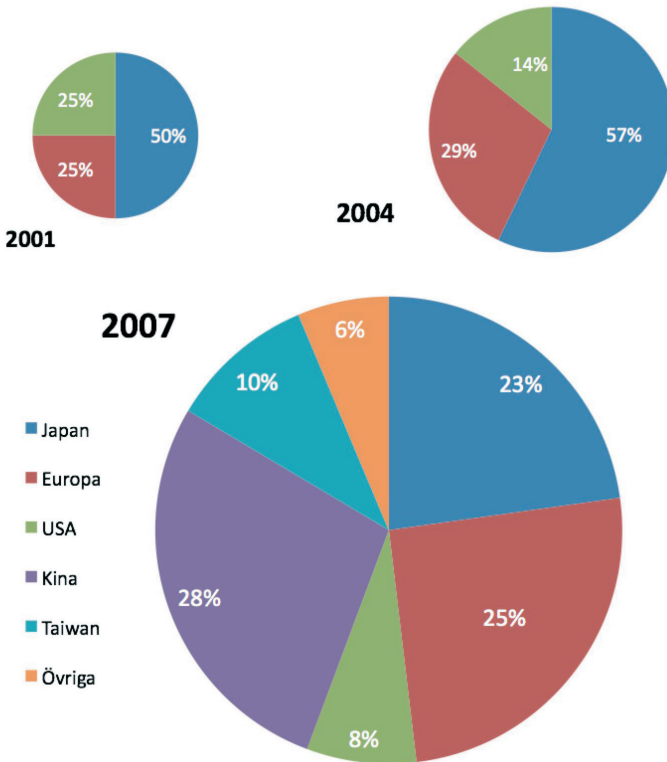
USA är en splittrad marknad, där några delstater ligger mycket långt fram – genom generösa incitament och ambitiösa alternativ – medan andra är obetydliga marknader. Det är främst Kalifornien som dominerar marknaden. Totalt installerades ca 150 MW nätansluten solcellskraft i USA 2007, och det tillverkades drygt 260 MW solceller i landet. Även om det innebär att USA inte är en särskilt stor aktör mätt i watt, så ligger man långt fram vad gäller tunnfilmssolceller (två tredjedelar av världens tillverkning).

Kina är nu världens näst största producent av solceller efter kraftig tillväxt, men nästan uteslutande för export: inhemsk installation av solceller är fortsatt låg. Överhuvudtaget ser fördelningen av *produktionen* av solceller annorlunda ut, och det finns ett pågående och troligtvis accelererande förflyttning av tillverkning till lägstkostnadsländer som Kina, Taiwan och Indien.

Bara under det senaste årtiondet har kinesisk tillverkning kommit från ingenstans till att dominera marknaden – även om tillväxten i marknaden inneburit en stor tillverkningsökning även för Europa, Japan och USA. Återigen skiljer sig uppskattningar åt mellan olika aktörer, men Europeiska Kommissionens JRC **Institute for Energy** bedömer¹² (med data från bl.a. **Prometheus Institute** och **Photon Consulting**) att Kina och Taiwan redan 2007 står för mer än en tredjedel av den globala solcellsproduktionen.

Greentech media förutspår att den här utvecklingen kommer att accelerera i en situation med överkapacitet. Detta eftersom fokus kommer att skifta till kostnadseffektivitet

Den regionala fördelningen av solcellstillverkning



Källa: JRC/IE PV Status Report 2008 (PV News, Photon Int.)

samtidigt som den fördel som europeiska företag haft i långa kontrakt och billigare råvarupriser försvinner när kiselpriset faller. Prognosen framåt är därför att stora delar av solcellsproduktionen kommer att bli "commodified" – särskilt första generationens solceller – i Asien.¹³

Även den teknologiska marknadsfördelningen kommer att ändras. Generation 1 kommer att fortsätta utgöra den största delen av marknaden, men den relativa andelen kommer att minska från dagens 87 % till 66 % 2012, enligt **Greentech Media**.¹⁴ Det är framförallt tunnfilm som baseras på CIGS och a-Si som förväntas växa.

Potential

Hittills har även de mest optimistiska marknadsprognoserna överträffats av det faktiska utfallet. Solkraft har varit den starkast växande marknaden inom förnybar energi, och är idag storleksmässigt i paritet med vindkraft. Stora incitamentsprogram, kopplat till kapacitetsbegränsningar i råvaruledet och allmänt höjda råvarupriser, skapade en situa-

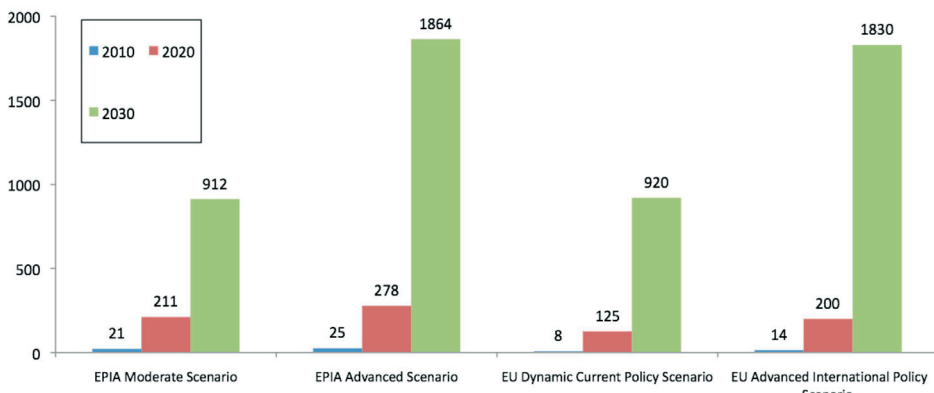
tion där priserna steg samtidigt som marknaden växte kraftigt – en marknad som bara verkade hindras av kapacitetsbegränsningar. Det är också kapacitetsbegränsningar som varit den historiskt viktigaste faktorn för marknadens utveckling.

En sådan situation är givetvis mycket attraktiv för investerare. Eftersom det i många delar är relativt låga inträdesbarriärer har en mängd aktörer etablerat sig på marknaden de senaste två åren, och de stora företagen har investerat i kraftigt utökad kapacitet, både i celltillverkning och i råvaruledet. Resultatet är att kapaciteten som nu finns tillgänglig – samt investeringar som påbörjats och kommer att börja tillverkning i år – vida överstiger marknadens efterfrågan. Särskilt eftersom efterfrågan dämpats något, även om den fortsätter att växa. **iSuppli** beräknar att kiselkapaciteten 2009 uppgår till 100 000 miljoner ton (vilket motsvarar 12 GW solceller) i år och kan komma att vara 250 000 miljoner ton 2012, vilket kommer att driva ner råvarupriset markant. Överkapaciteten för cell- och modultillverkning är också hög, 160 % 2009, och kommer att fortgå ända till 2012.¹⁵ Även **Greentech media & Prometheus Institute** förutspår en betydande överkapacitet, eftersom modulkapaciteten 2012 kan vara så hög som 27 GW.¹⁶ Den finansiella krisen spelar också in, eftersom förekomsten av riskkapital och start-ups inom branschen är viktig.

Marknadssituationen kommer att innebära pressade priser och marginaler, och troligtvis både konsolidering och utslagning. De som är bäst rustade är de företag som har en låg kostnadsstruktur – genom geografisk utbredning och/eller teknologi – och de som är integrerade framåt i värdekedjan.

Den framtida potentialen kommer alltså inte längre att baseras på leveransbegränsningar och ett utbudsperspektiv, utan på tillväxten av efterfrågan. Eftersom priserna faller blir det attraktivare att investera i solkraft, samtidigt som den rådande lågkonjunkturen

Framtidsscenarion, GW installerad kapacitet



Källor: EPIA, Europeiska Kommissionen

dämpar investeringar överlag. Politiska stödprogram kan dock förväntas fortgå och i viss utsträckning stärkas, även om det finns undantag, som den spanska marknaden. Sammanfattningsvis är det svårt att säkert säga om det dystra konjunkturella och finansiella läget kommer att påverka solkraftens marknadstillväxt på lång sikt. Däremot är det säkrare att marginalerna i tillverkarledet kommer att justeras nedåt.

På längre sikt har solkraft en stor potential. **CleanEdge** beräknar att marknaden för solceller kommer att fyrfaldigas till 2017, till \$ 74 miljarder, och att installationerna då skulle vara nästan åttafaldigade. Den europeiska branschorganisationen för solceller, **EPIA**, beräknar i två olika scenarion marknadens tillväxt. I det försiktigare scenariot är den årliga installationstakten 35 GW 2020 och 105 GW 2030, i det mer expansiva är motsvarande takt 56 respektive 281 GW. Marknadsvärdet uppgår då till € 94–139 miljarder 2020 respektive € 204–454 miljarder 2030. Den motsvarande sysselsättnings-effekten beräknas bli mellan 1,4 och 2,3 miljoner jobb 2020 samt 3,7–10 miljoner jobb 2030.

I rapporten *A Vision for Photovoltaic Technology* förutspår **Europeiska Kommissionen** en liknande förutsägelse, med ett förväntat framtida investeringsbehov på € 23 miljarder till 2010, € 230 miljarder fram till 2020 och € 795 miljarder fram till 2030. I ett ännu mer optimistiskt scenario kommer det att behöva investeras nästan € 1 630 miljarder fram till 2030. I samma vision är den förväntade sysselsättningseffekten bara i Europa mellan 200 000 och 400 000 nya jobb fram till 2030. En stor del av dessa kommer att vara lokala i form av installations- och byggnadsarbeten.¹⁷

Den svenska marknaden

I Sverige motsvarar solens strålning ca 1 MWh per kvadratmeter och år, i de soligare delarna av världen är den 2 till 3 gånger större och även jämnare – i Sverige varierar instrålningen med en faktor 20 mellan sommar och vinter. Hur mycket el som man skulle kunna få fram med hjälp av solceller i Sverige råder det olika meningar om men solinstrålningen är jämförbar med länder i Mellaneuropa som Tyskland, Österrike och Schweiz och kan teoretiskt täcka stora delar av vårt elbehov en stor del av året. Men sol är dyr, de naturliga förutsättningarna är inte de bästa för solenergi, och i Sverige har vi ett lågt elpris överlag. Dessutom kommer redan en stor del från (förnybar) vattenkraft, och ett miljömässigt tryck, t.ex. att minska beroendet av kolkraft, saknas.

De naturliga förutsättningarna samt den tidigare avsaknaden av marknadsstöd för solceller har gjort att den svenska marknaden varit liten och växt långsamt. Den totala installerade effekten är idag ca 4 MW och den årliga tillväxttakten låg under perioden 1995–2004 på 0,2–0,3 MW.¹⁸ Ökningen i Sverige har varit linjär, medan den i övriga

världen stigit betydligt kraftigare. Den har heller inte skett i nätanslutna system, såsom i andra delar av världen.

I Sverige är de flesta anläggningar som installeras på mellan 10 KW och 150 KW. Storleken begränsas av det maximala installationsstödet på 5 miljoner kronor eller 70 % av totala investeringen. 2006 ändrades förordningen om stöd till investeringar till solcellssystem i lokaler som används för offentlig verksamhet i Sverige. Ramen utökades med 50 miljoner kr till totalt 150 miljoner kr och stödet förlängdes med ett år till 31 december 2008. Det har förväntats leda till en nyinstallation om ca 4 MW solceller, främst i nätanslutna system. För närvarande finns drygt 70 nätanslutna solcellsanläggningar i Sverige¹⁹, det största hos **IKEA** i Älmhult. Inget av dem kan dock jämföras med ett konventionellt kraftverk där all effekt matas ut på nätet.

Den svenska strategin har historiskt varit att stödja forskning, utveckling och demonstratorer, ett stöd som varit högt per capita. Offentliga aktörer men även stora industriella aktörer, som **ABB** och **Vattenfall**, har finansierat det. Men sambandet mellan sådant stöd och utveckling av både marknad och en bred leverantörsbas är svagt – det är ett nödvändigt men inte tillräckligt stöd.²⁰ Det har visat sig att det framförallt är marknadsstöd, särskilt i form av riktade inmatningstariffer, som driver marknads- och industriutvecklingen. Marknaden i t.ex. Tyskland och Spanien är mycket mer utvecklad och hanterar mycket större i volymer, främst på grund av de generösa inmatningslagarna. Tyskland och Japan har traditionellt också haft höga elpriser och stor andel icke-förnybar elproduktion, vilket till viss del förklarar deras satsningar. Men hur man än ser på det drar både Tyskland och Japan industriella fördelar genom snabb kunskapsuppbyggnad och förflyttning på erfarenhetskurvan, vilket i sin tur skapar konkurrenskraft och sysselsättning. Sverige har i stället valt systemet med gröna elcertifikat, vilket driver mot den billigaste förnybara energikällan, vilket gett stora volymer förnybar elproduktion i form av kraftvärme och vindkraft.

Den relativt ringa storleken av den svenska marknaden kan innebära ett problem för svenska företags möjlighet att etablera starka positioner inom solenergi globalt. Genom en hemmamarknad är det nära till kunderna, det finns ofta en konkurrens som driver utveckling och effektivisering, och en infrastruktur och kompetensbas som underlättar för att etablera eller utveckla verksamhet. Nära relationer, som i sig kan bidra till utveckling, har historiskt inom energiområdet spelat en stor roll, och de relationerna har ofta varit nationellt betingade – inte minst på grund av en stark reglering och nationella monopol. Det är inte ett oöverkomligt problem, men det innebär att för att företag ska ta en position så måste de agera och verka internationellt.

Inom solvärme ligger Sverige däremot långt framme både när det gäller utveckling och systemteknik för större anläggningar. I slutet av 1970-talet, långt före andra länder,

byggdes de första storskaliga solvärmeprojekten. Det utgick också relativt stora forskningsanslag som samordnat med näringslivet utvecklade tekniken. Investeringsstöden för solvärmeinstallationer bidrog troligen också till att det installerades upp emot 70 000 m² solfångare fram till 1980. I dag är det svårt att se någon drivande huvudaktör, och möjligen har Sverige tappat en del av sitt kunskapsförsprång. Aktiviteterna verkar i dag också handla om mer småskalig tillämpning.

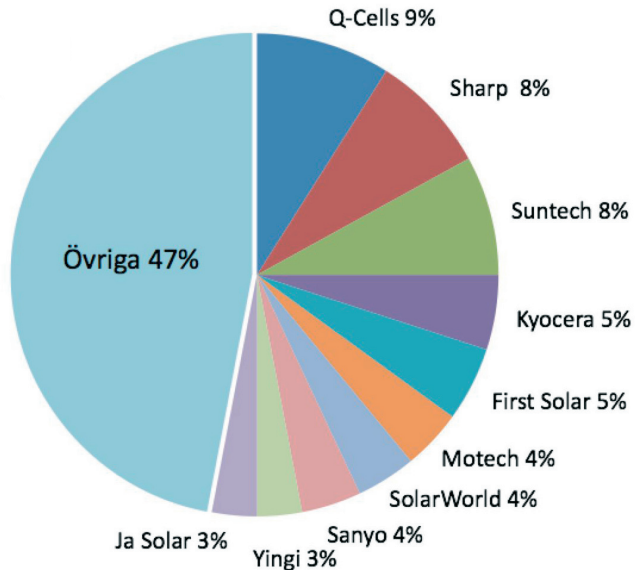
Aktörer

Solcellstillverkare

Inom solcellsindustrin pågår en ständig kostnadspress samtidigt som den tekniska utvecklingen går snabbt och inträdesbarriärerna i viss utsträckning är låga. Det resulterar i en industrisammansättning som präglas av volatilitet, konsolideringsmöjligheter, och jakt på skalfördelar. Det finns stora etablerade aktörer samtidigt som en stor mängd aktörer är aggressiva både i mogna tekniker (i Kina och Taiwan) och inom utveckling. De stora likheterna med halvledarindustrin (råvaran, i vissa avseenden tillverkningsprocessen, finansiering och kultur) har gjort att många företag och individer skiftar eller diversifierar sig in i solcellstillverkning för att komma åt en snabbare tillväxtutveckling. Värdekedjan kan illustreras från kisel till installation, och vissa företag har integrerat den helt i sin verksamhet, medan andra specialiserar sig på t.ex. celltillverkning eller modulsammansättning och installation.



De 10 största företagens marknadsandel 2007



Källa: Photon International; EPIA

De största leverantörerna har traditionellt varit japanska företag som **Sharp**, **Kyocera** och **Sanyo**. Tyska **Q-Cells** har växt kraftigt på senare år och är nu störst i världen. **Suntech** från Korea är en stor aktör, liksom **Solarworld** (Tysk-Amerikanskt) och **Motech** (Taiwan). Det finns dock en stor mängd snabbt växande aktörer, inte minst inom tunnfilm (som **First Solar**), och koncentrationen i branschen faller snabbt. T.ex. minskade de 10 största leverantörernas sammanlagda andel av världsproduktionen från 80 % 2004 till 53 % 2007. Överlag sker dessutom ett skifte mot Kina och Taiwan som tillverkningsländer.

Det pågår ett skifte som innebär att solcellstillverkning kommer att bli en industri där kostnadsreduktion och skalekonomi blir allt viktigare. Samtidigt finns det ett stort antal mindre aktörer som med olika affärsmodeller kan växa – genom att själv samsätta moduler och genom att utföra installationer. Dessutom är teknikutvecklingen i högsta grad pågående, vilket skapar en öppen marknad med intensiv konkurrens. I Japan finns många företag som ägnar sig åt att utveckla kommersiellt gångbara produkter av tredje generationen. En av de största tidiga kommersiella aktörerna är australiensiska **Dyesol** som erbjuder sig att bidra med forskning och prototyputveckling men även material och komponenter för att skynda på utvecklingen av tredje generationens solceller. I Cardiff i Wales har företaget **G24 Innovation** redan startat en tillverkningsfabrik och arbetar med de första leveranserna av enkla belysningsarmaturer baserade på lysdioder och solceller med rutenium för leverans till Afrika.

Det saknas inte svenska leverantörer, även om de i sammanhanget är relativt små. Den svenska solcellsindustrin är mest koncentrerad till modul- och systembyggande, med större delen av affären utanför Sveriges gränser, och i många fall ägd av utländska aktörer.

Gällivare Photo Voltaic, etablerat 1990 och därmed den äldsta tillverkaren i Norden, ägdes av **Solar World** i Tyskland från 1999 men är sedan december 2007 tillbaka i svenskt ägande genom investmentbolaget **Borevind**. Produktionskapaciteten är 30 MW för närvarande men planeras att bli dubblerad inom det närmaste året. **PV Enterprise** från i Vilshult i Blekinge har tillverkning i Sverige och Polen. Kapaciteten är ca 40 MW och över 95 % försäljningen sker till kunder utanför Sverige, merparten till Tyskland. **REC ScanModule** ägs av norska **REC Group A/S** har en produktionskapacitet motsvarande 45 MW. **NAPS Arctic Solar** med tyska och finska ägarintressen har sammansättningsfabrik i Gällivare

För tillverkning av själva solcellen finns ambitioner i två verksamheter. **Midsummer** utvecklar teknik för tillverkning till låg kostnad av CIGS-solceller (tunnfilmsteknik) med en ny metod. Företaget har fått stöd från bl.a. VINNOVA. **Solibro** i Uppsala utvecklar också CIGS-solceller med tyska **Q-Cells** som huvudägare och den förs-

ta storskaliga fabriken planeras i Tyskland under 2007. Solibro har sin bakgrund i Ångströmlaboratoriets forskningsverksamhet. De företag som tidigare investerat i **Solibro** är **Sydkraft**, **Vattenfall**, **ABB**, **Sjätte AP-fonden** och den norska riskkapitalfonden **Energy Future Invest**. Vissa av dessa ägare kvarstår med andelar i det nya joint venture bolaget **Solibro GmbH**.

I samband med att bidrag ges till solcellsanläggningar i offentliga byggnader har också en marknad skapats för en handfull svenska systemintegratörer, bl.a. **Switchpower** ägs av grundarna samt **Borevind** och bistår med system och anläggningsdesign, upphandling och genomförande av solenergiprojekt.

Kraftbolag och nätägare

Från kraftbolagens perspektiv dröjer det innan solceller blir volymmässigt intressanta för basproduktion av el. Generellt är investering i solcellsel (jämfört med andra typer av energikällor) också kapitalintensivt. Kommersiella aktörer måste alltså minimera sina risker och det sker främst med hjälp av kraftiga investeringsstöd och långa leveransavtal. Trots detta finns risker i form av politiska policyändringar, d.v.s. att reglerna för stöd kan ändras på relativt kort tid.

Kraftbolagens intresse på kort sikt är därför snarare att hålla sig à jour med teknikutvecklingen i allmänhet, genom mindre anläggningar eller genom att stödja grundforskning. Men sannolikt är det andra aktörer än de stora kraftbolagen som kommer att vara mest aktiva på solenergimarknaden. Undantag finns i områden där lagstiftning samverkar med goda förutsättningar för solenergi. Kraftbolag som **Pacific Gas & Electric** investerar t.ex. i solcellstillämpningar (både större anläggningar och mindre kundinstallationer) i Kalifornien just för att möta målet om att 20 % av deras elproduktion ska komma från förnybara energikällor 2010.

På avreglerade marknader som den svenska kan elhandelsbolag ha ett intresse av att erbjuda solenergi till kunder som vill påverka sin egen elmix och kunna erbjuda finansieringslösningar, experthjälp och service. Genom att erbjuda kunderna fler tjänster skulle elhandelsbolaget kunna bli ett intressant alternativ för kunderna. Erfarenhet från länder som infört inmatningstariffer är att nya leverantörer har etablerat sig både för att bygga och sälja solel. I Schweiz startade också en solelsbörs redan 1997 och även i Danmark finns möjligheter att handla med solel. I Sverige finns det flera aktörer som erbjuder ”grön” el till sina kunder, men väldigt lite av det kommer från solen.

Underleverantörer och tillverkare av kringutrustning

En framväxande marknad är särskilt beroende av att det finns ett utvecklat värdesystem och industrier som kan leverera och utveckla komponenter i samma takt som den växer. Allt eftersom marknaden växer, blir den också mer intressant för befintliga aktörer som kan specialanpassa sin tillverkning och sina tjänster, och på så vis också stärka utvecklingen.

Anslutning av solkraftverk i stor eller liten skala kommer att påverka investeringar i transmissions- och distributionsnäten, speciellt när energi skall förflyttas från områden där det är sol till områden där det är natt och mellan glesbefolkade områden lämpliga för solenergianläggningar till tätbefolkade områden, t.ex. enligt **DESERTEC:s** vision. Ett problem är att kraftöverföring över långa distanser medför förluster, men om ledningar för högspänd likström används (en teknik utvecklad av **ABB** som går under benämningen HVDC, High Voltage Direct Current) kan överföringsförlusterna kraftigt begränsas. Överhuvudtaget kommer företag som **ABB** och **Siemens**, med dess traditionella verksamheter, att gynnas när kartan för kraftgenerering kompletteras och delvis ritas om.

För att omvandla likspänningen som alstras av solcellerna till växelspanning anpassad för utmatning på kraftnätet krävs en omriktare och reglerfunktioner. Det krävs också viktiga säkerhetsfunktioner. T.ex. nätövervakning – om nätet bryts måste också den lokala distributionen kopplas bort så att nätet är garanterat spänningsfritt vid t.ex. underhållsarbeten. En ytterligare egenskap som krävs är hög verkningsgrad inom hela effektområdet eftersom en solcellanläggning arbetar en stor del av tiden vid dellast. I Sverige finns idag ingen tillverkare av den här typen av växelriktare. Däremot finns det flera företag som har mycket hög kompetens inom kraftelektronikområdet, t.ex. **ABB**.

Även kablar, kopplingslådor, energimätare, brytare och andra elektriska systemkomponenter krävs i installationer. I huvudsak används standardprodukter men det finns kablar och kontakter för sammankoppling av moduler som är särskilt utvecklade för ändamålet. Innovativa produkter kan göra system både enklare att installera och billigare i inköp. Även här kan en ökad marknad ha en positiv inverkan på tillverkande företag i Sverige. T.ex. har **Luvata** genomfört omfattande investeringar inom både solcellsmaterial och solfångare.

Inte minst i större anläggningar är investeringarna stora och beroendet av underleverantörer stort. Det kan handla om styr- och automationssystem, som t.ex. **ABB** tillhandahåller till flera stora solcellsanläggningar, eller kritiska komponenter som **Alfa Laval**s värmeväxlare inom termisk solkraft. Överhuvudtaget kommer underleverantörer att gynnas av en växande marknad för solenergi, förutsatt att de förmår anpassa sin verksamhet och är aktiva på de marknader där investeringarna görs.

Byggintressenter

Vinstintressen har inte varit huvudanledningen för en byggherre eller förvaltare att satsa på byggnadsintegrerad solvärme eller solceller, snarare handlar det för närvarande mer om symbolvärden, om att kunna nå miljö- och energimål och om självförsörjning. På lång sikt och med 10 och 30 m² stora solcellsanläggningar kan kostnaderna för solel vara på en nivå som utgör den ett konkurrenskraftigt alternativ för att spara el (d.v.s. generera el med egna solceller) för en fastighetsägare.

Motivet kan också vara en tätposition i kunskapsuppbyggnaden av hur solcellstekniken bäst kan integreras i byggnadselement (*building integrated photovoltaics*, BIPV) och vilka utbyten som kan förväntas i praktiskt drift. Det är då också intressant att titta på priset per kvadratmeter för solceller i framtiden. Enligt studier som **Internationella Miljöinstitutet i Lund** har gjort beräknas kvadratmeterpriset till ca 2 000 kr på längre sikt – vilket är att jämföra med dagens pris på lågenergifönster som ligger på 1 000–2 000 kr per kvadratmeter. Andra applikationer, såsom material i solskydd och fasader, kan ytterligare komma att öka i intresse vid ett lågt kvadratmeterpris.

I Tyskland, Japan och även Holland och Danmark har arkitekterna betydligt större erfarenhet av att använda solceller som ett integrerat byggnadsmaterial – och de därmed förknippade arkitektoniska aspekterna för varje byggnad. Användningen av solceller i byggnadsfasader och tak innebär utmaningar av både estetisk karaktär som färg och form, men också av teknisk natur. T.ex. behövs viss kylning och samtidigt är det viktigt att undvika skuggningseffekter. Det är också väsentligt att alla byggled standardiseras för ekonomisk optimering. Allt detta gör att arkitekterna behöver ny kunskap genom utbildning men också ett ökat samarbete med leverantörerna av solceller.

Vid utvecklingen av solcellsmoduler för integrering i byggnader eftersträvar byggnadskonstruktörerna att modulerna ur monteringssynpunkt ska likna metoder som används konventionellt. Modulerna kan därför vara i form av fasadelement eller takpannor, och även semitransparenta enheter används för att utnyttja fönsterytor. En utvecklad marknad för solcellsmoduler öppnar möjligheterna för konstruktionsföretag som specialiserar sig inom området. På kontinenten saluför exempelvis takplåtsleverantörer en taklösning med standardutförande för integrerade solcellsmoduler. Möjligheterna för solcellsleverantörerna att tillsammans med bygghandelsverkare ta fram standardlösningar vore en framkomlig väg för ökat utnyttjande av byggnadsintegrerade solceller. Bolag som redan idag profilerar sig med byggnadselement och system, som **Lindab** och **Luvata**, kan komma att utveckla marknaden.

En ökad användning av solceller i byggnader har potential att skapa nya arbetstillfällen inom elkonstruktion. Sammankopplingen är tekniskt sett enkel men solcellers förutsättningar (t.ex. att en solcellsmodul avger spänning så fort den utsätts för ljus) ställer

en del speciella krav på installationsarbetet. Därför möter byggare nya utmaningar i teknik och möjlighet till rationellt byggande. T.ex. utför byggnadsarbetaren aldrig elektriska installationer, men i detta fall skulle teoretiskt en effektivare byggprocess kunna uppnås om så var fallet. Här finns alltså möjligheter för nya upplägg och för företag att profilera sig med tjänster där el och bygg ingår som integrerade tjänster.

Det öppnar också för en tjänsteroll, där en ”solenergikonsult” i ett byggnadsprojekt med integrerade solcellsmoduler är att hjälpa kunden att utveckla idén till ett realistiskt och ekonomiskt optimalt projekt – en roll som är jämförbar med de som finns inom vindkraft. En ökad användning av solceller kommer att innebära ökad efterfrågan på expertkompetens och att flera konsultföretag satsar på området. Även efterfrågan på utbildning ökar och fler utbildningar kommer att behöva startas. Inom **EU**, **Världsbanken** m.fl. initieras flera stora elektrifieringsprojekt för biståndsländer där användningen av solceller ökar kraftigt. I flera fall är svenska konsultföretag med och tävlar om anbud.

Offentliga aktörer

I många fall är verksamhet inom solenergi beroende av offentligt stöd för att vara livskraftig. Som andra offentliga subventioner är syftet att skapa en marknad på sikt och motiven till att just solenergi teknik skall omfattas är både av energi- och miljöpolitisk natur. Internationella organisationer, länder, delstater och kommuner är rikt förekommande och viktiga aktörer inom solenergi. Inte minst är de av betydelse genom att driva politiska åtaganden, lagstiftning och upphandling av solenergi lösningar, d.v.s. skapandet av en marknad. De är också i många fall initiativtagare till och finansierare av forskningsprojekt. T.ex. bidrog **EU** med ca € 107 miljoner under Sjätte Ramverket 2002–2006.

Det svenska marknadssystemet för solenergi omfattar forskning värd runt 20 miljoner per år och tillämpning ca 40 miljoner. Statligt stöd till solcellsområdet har främst tillställts forskning om CIGS-, Grätzel- och organiska solceller samt tillämpade systemstudier, där Sverige av tradition kan anses framgångsrika. Fram till 2004 hade **Energimyndigheten** och dess föregångare satsat drygt 160 miljoner i löpande penningvärde på solcellsforskning.

I Sverige sker forskning inom solcellsområdet på flera universitet och högskolor, t.ex. **Uppsala**, **KTH**, **Chalmers**, **Linköping**, **Mälardalens Högskola**, **Karlstad**, **Dalarna** och **Lund**. **KTH** satsar stort på Grätzelsolceller genom det relativt nybildade **Centrum för molekylär elektronik** med 55 miljoner kronor i anslag för att utveckla en ny generation solceller för massproduktion. Centrumet samarbetar med **Uppsala universi-**

tet och **Energimyndigheten** har stött verksamheten med 20 miljoner kronor för att sommaren 2008 ha ett fungerande fasadelement baserad på nanocelltekniken. Även **Wallenbergstiftelsen** har bidragit med 46 miljoner till ett grundforskningsprojekt på centrumet. Hälften är öronmärkta för att under en femårsperiod utveckla en solcell som kan ge teoretiska verkningsgrader över 32 procent. En av deras industriella partners är tyska **BASF** som har intressen i utveckling av de färgämnen som är nödvändiga för att utveckla tekniken kring nanosolceller.

Vid **IVF Industriforskning och Utveckling** i Mölndal testas komponenter på forskningsstadiet och utvecklas för att kunna ingå i kommersiellt tillgängliga applikationer. Det pågår också forskning kring absorptionsmaterial för solfångare vid bl.a. **Uppsala universitet**.

SoleI är ett stimulans- och omvärldsbevakningsprojekt finansierat av en rad företag samt **Energimyndigheten** och administreras av **Elforsk AB**. Programmet startades 1995 och den senaste etappen avslutades 2007. Omfattningen har varit mellan 3 till 5 miljoner per år och riktats mot byggnadsanknuten solel, demonstration av intressanta tillämpningar samt nätanslutnings och standardisering och systemfrågor. Information och utbildning liksom teknik- och konferensbevakning ligger också i programmet. Utvärdering och driftuppföljning av svenska anläggningar görs och publiceras på internet. Arbetet med att finansiera en ny etapp mellan 2008 och 2010 pågår för närvarande.

Slutsatser

Solenergi har potential att bli en av världens största industrier och likt de flesta tillväxtområden har den en lång startsträcka för att sedan nå ett knä där utvecklingen blir exponentiell. Mycket tyder på att den punkten nu passeras eftersom marknaden fortsätter att växa kraftigt. Det är alltså ett tillväxtområde, i många delar av världen och i olika teknologiska områden. Visserligen utgör el från solenergi en relativt liten – nästan obetydlig – andel av den totala elproduktionen, men det är ändå en stor industri med stor omsättning. Dessutom finns det länder och områden där solenergi redan är en viktig del av elproduktionen, och lovande utveckling för att området ska bli ännu mer konkurrenskraftigt. Och även om bidraget till energiproduktionen är försvinnande litet i dag, så ökar marknaden redan nu – också med den relativt dyra befintliga kiselbase-rade teknik som finns – mycket snabbt.

Den framväxande marknaden för solenergi kommer, tillsammans med andra förnybara energikällor, att påverka hanteringen av elmarknaden överlag. Solenergi medger att nya aktörer kommer in på elmarknaden och att nya alternativ finns för både konsumenter och företag att bli självförsörjande vad gäller el i större utsträckning än tidigare.

Intresset från de energiproducerande företagen är avvaktande och närmast svalt. Mycket mer intresse för solenergin finns i utlandet och frågan är vad som händer med de (av officiella medel finansierade) forskningsresultat som görs i Sverige. Kunskapen är också låg hos svenska investerare i jämförelse med amerikansk, japansk och tysk industri. Den strategiska väg som Sverige har tagit som gynnat forskning men där inte resultaten hittat en industriell hemvist kan vara riskabel då omsättning och arbetstillfällen riskerar hamna utanför landet.

Svenska företag har en framtida roll inom tillväxtområdet solenergi, men betydelsen och positioneringsmöjligheterna är osäkra. I Sverige finns och har funnits satsningar på forskning inom solcellsområdet särskilt när det gäller tunnfilms-, Grätzel- och polymerceller och har därigenom en god teknologibas. Om ett kommersiellt genombrott sker är marknaden enormt stor. Det finns en modultillverkningsindustri i Sverige som växer genom investering i ökad produktion och det sker även en stark tillväxt för solfångare globalt. Här finns ett latent systemkunnande baserat på de erfarenheter som gjordes vid uppförandet av de stora solvärmeanläggningarna under 1990-talet. Det finns också svenska aktörer inom termisk solkraft, även om de är relativt små. Men framförallt det finns många svenska företag som är underleverantörer och leverantörer av kringutrustning, och som därmed är delaktiga i marknadens utveckling. Särskilt

inom större anläggningar spelar svenska företag viktiga roller, och deras verksamhet gynnas av en fortsatt tillväxt.

Ett möjligt problem för svenska företag är avsaknaden av en hemmamarknad. De största hindrena för en växande svensk marknad är de naturliga förutsättningarna, fortsatt relativt höga kostnader och höga inmatningskostnader till elnätet. Samtidigt har några av de största marknaderna – Tyskland och Japan – visat att det är möjligt att bygga marknad och en konkurrenskraftig industri, men till en kostnad. Det är inte ett oöverkommeligt problem, men det innebär att för att företag ska ta en position så måste de agera och verka internationellt.

Källor

- 1 Merton, O., *Solar energy: A new day dawning?*, Nature (443), 2006
- 2 Greentech Media, 2008, *PV Technology, Production and Cost: Anatomy of a shakeout*
- 3 Grätzelsolceller är uppkallade efter professor Michael Grätzel vid École Polytechnique de Lausanne i Schweiz,. Han uppfann dessa solceller på 1990-talet.
- 4 EPIA/Greenpeace, 2008, *Solar Generation V*
- 5 Svenska solenergiföreningen, www.svensksolenergi.se
- 6 De tre generella drivkrafterna diskuteras ingående i den sammanfattande rapporten om förnybara energikällor.
- 7 California Solar Initiative, CPUC Staff Progress Report, July 2008
- 8 CleanEdge, *Trends 2008*; REN21/Worldwatch Institute, *Renewables 2007: Global Status Report*
- 9 Greentech Media, 2008, *PV Technology, Production and Cost: Anatomy of a shakeout*
- 10 Ibid.
- 11 Solarbuzz.com – det är en genomsnittlig andel, eftersom kostnaden förändras över tid och olika teknologier har olika kostnadsbild.
- 12 Europeiska Kommissionen, JRC Institute for Energy, *PV Status Report 2008*, EUR 23604 EN 2008
- 13 Greentech Media, 2009, *PV Technology, Production and Cost: Anatomy of a shakeout*
- 14 Ibid.
- 15 PV-tech.org/news, 090114, *iSuppli reveals the winners and losers in the solar industry shakeout*
- 16 Greentech Media, 2009, *PV Technology, Production and Cost: Anatomy of a shakeout*
- 17 Europeiska Kommissionen, EUR 21242, *A vision for Photovoltaic Technology*, PV-TRAC, DG for research – sustainable energy systems
- 18 Energimyndigheten, 2004, *El från solen*
- 19 www.elforsk.se/solenergi
- 20 Ibid.

Svensk exportindustri har en stor och växande betydelse för den svenska välfärdsutvecklingen. Företagens framtida konkurrenskraft och positioner på globala marknader kommer att vara avgörande för deras lönsamhet och därmed också för sysselsättningen och tillväxten i Sverige. Rapportserien Framtida tillväxtområden för Sverige beskriver svenska företags roll i framväxande globala tillväxtområden. Det är områden som karaktäriseras av stor osäkerhet och av en öppenhet där nya aktörer samverkar och nya konstellationer växer fram.

Projektet drivs av Blue Institute, en tankesmedja med fokus på strategi och tillväxtfrågor grundad av Mercuri Urval, och finansieras av VINNOVA. Den här fördjupningsstudien om solenergi är en del i en serie studier av utvecklingsområden som prioriteras av näringslivet själva, där företagsledningar engagerats och identifierat utvecklingsprojekt som är kommersiellt gångbara inom 2-5 år.

ISSN 1651-355X, ISBN 978-91-85959-49-5

