

Att befrämja solcellstekniken i Sverige

Varför, hur och hur mycket?

STAFFAN JACOBSSON
Industriell dynamik

BJÖRN SANDÉN
Miljösystemanalys

Miljösystemanalys (ESA), Energi och Miljö
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
ESA-rapport 2005:2, Göteborg, Sverige, 2005

Att befrämja solcellstekniken i Sverige

Varför, hur och hur mycket?

STAFFAN JACOBSSON
Industriell dynamik & RIDE

BJÖRN SANDÉN
Miljösystemanalys & RIDE

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
& IMIT

ESA-rapport 2005:2
ISSN 1404-8167

Miljösystemanalys (ESA), Energi och miljö
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
SE-421 96 Göteborg
Sverige

<http://www.esa.chalmers.se>

Chalmers reproservice
Göteborg, Sverige, 2005

FÖRORD

Energimyndigheten erhöll ett regeringsuppdrag (Regeringsbeslut 2003/04:96, hänvisad till i Energimyndigheten, 2004, sid 2) att "...senast den 1 juni 2004 redovisa en kartläggning av potentiella nischmarknader för solceller och graden av kommersialiseringsmognad och efter en aktörsanalys föreslå åtgärder för att främja introduktionen av solceller." Författarna till denna rapport blev inkopplade i det åtföljande arbetet genom att få i uppdrag att genomföra en beskrivning av stödprogram för solceller i andra länder samt en analys av för- och nackdelar med olika tänkbara svenska stödåtgärder. Denna delstudie finansierades av Sol-El-programmet.¹ Vi ombads senare att vidga engagemanget till att omfatta även några andra delar av Energimyndighetens rapport till Näringsdepartementet. Dessa två olika arbeten har vi nu redigerat ihop till en slutgiltig rapport för Elforsk. Vi tackar både Elforsk och Energimyndigheten för deras förtroende, finansiella stöd samt för att fått möjligheten att få delta i ett spännande och viktigt projekt. I detta arbete fick vi möjligheten att diskutera, bryta åsikter med samt lära oss av ett stort antal engagerade projektmedarbetare: Monika Adsten, Mats Andersson, Magnus Callavik, Tommy Cervin, Marika Edoff, Dan Engström, Andrew Machirant, Maria Malmkvist, Roland Johansson, Marja Lundgren, Mats Rydehell och Lars Stolt.

¹ Programmet finansieras av energiföretag via Elforsk (Vattenfall, Sydkraft, Skellefteå Kraft, Göteborg Energi, Mälarenergi, Jämtkraft, Sollentuna Energi, Falkenberg Energi), Energimyndigheten, Formas, Svenska Byggbranschens utvecklingsfond, ABB, NCC, Brostaden, Fastighetskontoret i Västerås, Statens fastighetsverk och Gällivare Photovoltaic. Mer information om programmet finns på www.elforsk.se/solel

INNEHÅLL

Innehåll	5
Sammanfattning	7
1. Inledning	11
2. Karakterisering av den svenska situationen.....	15
3. Skall Sverige överhuvud taget lägga resurser på solcellstekniken?	18
4. Skall resurser läggas på att utveckla en inhemsk marknad i Sverige?	21
5. Vilka instrument finns att tillgå för att utveckla en inhemsk marknad och vad är för- och nackdelarna med dessa?	24
5.1 Stödsystem för solceller i andra länder – en beskrivning	24
Investeringssubventioner	25
Räntesubventioner och skattelättnader	26
Garanterat pris på solel	27
Garanterad marknad för solel.....	28
Privata stödformer.....	28
Kompletterande åtgärder.....	29
5.2 Hur kan vi värdera stödsystem för ny teknik?	30
5.3 En värdering av tillgängliga marknadsskapande stödsystem.....	35
6. Om en inhemsk marknad skall utvecklas, hur stor bör den vara och vilka kompletterande åtgärder behövs?	40
6.1 Utformningen av en första fas.....	40
6.2 Val av ambition i en andra fas	43
7. Slutsatser	46
Källhänvisningar	48

SAMMANFATTNING

Inom ramen för långsiktiga forskningsprogram, i främst USA, Japan och Tyskland men även i Sverige, har det sedan mitten av 1970-talet utvecklats en rad olika solcellstekniker. Fram till 1990-talet var marknaden mycket liten men med kraftfulla stödprogram i främst Japan och Tyskland har industrin gått in i en tillväxtfas. Således växte den årliga produktionen av solceller från 90 MW 1996 till ca 750 MW 2003, en tillväxttakt som är i paritet med mobiltelefonins. Marknadstillväxten från mitten av 1990-talet återfinns i huvudsak i nätanslutna anläggningar på byggnader. Medan det japanska stödprogrammet drevs av investeringssubventioner och höga elpriser bygger den tyska marknadstillväxten främst på en inmatningslag som garanterar i stort sett kostnadstäckande ersättning, i dagsläget (2004) 57.4 eurocents per kWh för den el som genereras i en solcellsanläggning. Denna är garanterad i 20 år men en prispress är inbyggt i stödsystemet genom att ersättningen sänks för nya investeringar. Japanska företag dominerar produktionen med en andel på nästan 50 procent av världsmarknaden 2003, men även en mängd europeiska tillverkare har vuxit fram. I takt med att antalet tillämpningar ökat, har även en rad andra företag än de som producerar solceller och moduler etablerats. Särskilt betydelsefullt är byggsektorns engagemang. En omfattande industriell verksamhet håller således på att byggas upp, främst i Japan och Tyskland men expansion sker även i andra länder. Spanien, Frankrike och eventuellt Italien genomför nu stödprogram som liknar det tyska.

Den svenska positionen skiljer sig markant från dessa länders genom att en relativt stor (per capita) satsning på forskning inte kombineras med några marknadsskapande åtgärder av betydelse. Den lilla svenska marknaden på 0,2-0,3 MW per år finns främst inom fritidssektorn som efterfrågar system fristående från elnätet. Några demonstrationsprojekt med nätanslutna system har genomförts, till exempel Hammarby Sjöstad. Samtidigt som marknaden är liten finns det ett stort intresse för solcellstekniken bland allmänheten. Detta yttrar sig både i en önskan om statligt stöd till denna och i ett intresse att betala extra för solel. Det är emellertid inte möjligt för en enskild konsument att köpa solel. Med undantag av fyra företag som sammanfogar celler till moduler, vilka går på export, är den svenska aktörsbasen tunn. Den marknad som har funnits har inte varit stor nog att ge utrymme för formandet av starka nätverk

där olika led, i exempelvis byggprocessen, har givits möjlighet till ett gemensamt lärande. Ej heller har det skapats starka intresseorganisationer som företräder den nya tekniken på olika arenor. Det saknas även standardlösningar för byggdelskomponenter och solcellsmoduler, certifiering av installatörer och ett genomtänkt förhållningssätt till bygglov.

Vi föreslår en strategi där Sverige bryter den tidigare inriktningen mot att stödja enbart forskning och att denna kompletteras med marknadsstödjande åtgärder. Med beaktande av de möjligheter som finns att bygga ut både vindkraft och kraftvärme baserat på biobränsle föreslår vi en defensiv strategi. Denna strategi skulle innebära att Sverige följer de ledande länderna med en tidseftersläpning på kanske ett årtionde med avseende på marknadens storlek (satt i relation till befolkningen). Marknaden behöver dock vara tillräckligt stor för att ett läroutrymme kan formas där en svensk leverantörsindustri (i bred mening) kan växa fram. Från denna bas kan delar av leverantörsindustrin ta tillvara den snabbt expanderande internationella marknaden samtidigt som en inhemsk kompetensbas kan nyttjas för en vidare spridning av solceller i det svenska kraftsystemet om detta, i det läget, anses önskvärt.

Strategin omfattar två distinkta faser. I en första och *formativ* fas är syftet att genom olika medel undanröja eller minska kraften i de ovan nämnda hindren för en spridning av solceller i Sverige. Detta innebär att målet är att få till stånd en vidgad aktörsbas, tätare nätverk, stärkta intresseorganisationer, standarder, certifiering av installatörer samt, i allmänhet, höja medvetenheten och kunskapen om solcellstekniken i samhället. De medel som föreslås användas är dels sådana som skapar incitament för att investera i solceller, dels medel som kompletterar sådana instrument.

Det nyligen föreslagna *ROT bidraget* för offentliga byggnader omfattande omkring 2 MW föreslås förlängas i tiden. Till detta bör läggas ett *långsiktigt demonstrationsprogram* på cirka 3 MW vilket föreslås sträcka sig in i nästa fas. Detta inriktas mot nybyggnation på den privata marknaden. Alla demonstrationsanläggningar bör följas upp med både teknisk och samhällsvetenskaplig analys. En möjlighet är att redan för dessa program införa 'net metering' (alternativt två mätare där den ena mäter el som går till nätet) som ett sätt att få erfarenheter inför en inmatningslag (se nedan). Investeringar som görs inom

ramen för dessa två program kan verka tillsammans med *olika solelbörser*, vilka bygger på en betalningsvilja hos enskilda elkonsumenter. Bland demonstrationsprojekten bör vi finna sådana som innehåller oprövad svensk teknik, till exempel den tunnfilmsteknik som nu tas fram i Uppsala. Även *svenskt bistånd* till landsbygdselektrifiering i, till exempel, Afrika, skulle kunna nyttjas för att skapa ett marknadsutrymme för svensk teknik. Ett program på 2 MW kan vara rimligt. Vi ser det som väsentligt att dessa mindre marknadsutrymmen temporärt avsätts för svensk teknik för att ge svensk industri en möjlighet att lära sig tekniken och få upp en viss volym på verksamheten.

Som *komplement* till dessa program föreslås åtgärder som syftar till att höja medvetenheten om solcellstekniken samt skapa den kompetens och de nätverk som krävs för att den skall kunna spridas. Vi föreslår att demonstrationsanläggningarna nyttjas systematiskt för att nå ut till arkitekter och byggherrar. Vi föreslår även att det skapas en fysisk och en virtuell plattform för möte och erfarenhetsutbyte mellan arkitekter, byggherrar, kraftbolag, entreprenörer, stadsbyggnadsarkitekter, solcellskonsulter, leverantörer av solcellsmoduler samt olika intresseorganisationer. Tillsammans med ytterligare aktörer kan dessa även utgöra en kompetensbas som företräder solcellstekniken i olika fora och säkerställer att solcellsteknikens möjligheter tas till vara. Den virtuella plattformen skulle kunna utgöras av en utvidgning av www.solcell.nu vilken är en portal inriktad mot solcellstekniken. Handböcker/guider behöver tas fram för elektriker, installatörer, energirådgivare etc. Slutligen föreslår vi att utbildningsprogrammen och universitetsforskningen stärks inom området. En professur inom solcellsarkitektur bör skapas.

Genom dessa åtgärder läggs den grund i form av aktörer, kompetens, nätverk, infrastruktur och standarder som krävs för att mer omfattande marknadsstödjande program ska kunna tillämpas i en andra fas, en *tillväxtfas*. Redan nu bör detta program planeras och hur det skall utformas bör kommuniceras för att skapa intresse bland olika företag. I denna kommunikation är det väsentligt att förklara hur tidiga investerare (genom demonstrationsprogram och frivilliga åtgärder) inte kommer att lida ekonomisk skada av att vara banbrytare.

Det finns ett antal olika stödformer att välja mellan. För att ett sådant skall stödja spridningen av solcellstekniken krävs att det ger *kraftfulla* och *förutsägbara* incitament, annars investerar sannolikt inte företag och privatpersoner i solceller. Gröna certifikat och utsläppsrättigheter uppfyller inte dessa krav. För leverantörsindustrins olika led måste dessutom programmet vara *uthålligt* och vara av en *omfattning* som gör att investeringar i lärande och utrustning kan motiveras. En inmatningslag likt den tyska uppfyller de tre första kriterierna och kan även uppfylla det fjärde. Från 2008-2009 föreslås därför införandet av en inmatningslag med en prisnivå som leder till kostnadstäckning. De tyska, spanska, franska och sannolikt, italienska erfarenheterna kan då tas tillvara. Vi föreslår att ett första "tak" på den spridning som detta program skapar sätts till 100 MW med en begränsning av den årliga marknaden till 15 MW. 100 MW motsvarar ungefär 33 000 anläggningar à 3 kW. Om den nordiska elmarknaden nyttjas för att skapa en *nordisk inmatningslag* kunde nivån höjas till 250 MW (ungefär 82 000 anläggningar). Detta skulle innebära en markant ökad stimulans för företag att satsa på solcellstekniken, med alla fördelar som finns med mångfald, och bättre förutsättningar för att sänka kostnaderna. Kostnaden, utslagen per kWh förbrukad el i Sverige, alternativt Norden, skulle vara modest. Om vi antar att taket på 100 MW nås år 2017, blir den maximala kostnaden per år, givet vissa antaganden, 0.3 öre per kWh.

Parallellt med dessa marknadsskapande åtgärder föreslås en fortsatt satsning på FoU rörande olika typer av tunnfilmsteknik. Tekniken är långt ifrån färdigutvecklad och den starka miljö som finns i Sverige är en resurs som måste vårdas. Denna forskning bör kompletteras med mer systeminriktad forskning, främst i anslutning till demonstrationsprojekt samt med forskning inriktad mot att utveckla produktionsteknik.

1. INLEDNING

Solenergin som varje år når jordytan (ca 800 miljarder TWh) är cirka 10 000 gånger större än energin i världens årliga förbrukning av fossila bränslen. Möjligheten att effektivt omvandla den direkta solinstrålningen till användbara energibärare är avgörande för att på sikt kunna bygga ett globalt hållbart energisystem fritt från utsläpp av växthusgaser. En solcell omvandlar solenergi direkt till el med en verkningsgrad på omkring 10% vilket innebär att dess potential att bidra till energisystemet är mycket stor, inte bara i länder som Saudiarabien och Italien utan även i de nordiska länderna. Solcellstekniken är dessutom småskalig och det är möjligt att tillämpa den på ett stort antal sätt. Satelliter och konsumentelektronik innehåller sedan länge solceller, dessa finns även på hyddor i Afrika och på svenska fritidshem och båtar, inom telekommunikationsnäten, på busshållplatser, villor och lador samt som byggnadselement i kontorshus, villor och idrottsarenor.

Inom ramen för långsiktiga forskningsprogram, i främst USA, Japan och Tyskland men även i Sverige, har det sedan mitten av 1970-talet utvecklats en rad olika tekniska lösningar. Dessa teknikers prestanda förbättras kontinuerligt. Den på marknaden dominerande tekniken bygger på kristallint kisel. Det finns även flera olika så kallade tunnfilmstekniker som bedöms ha en större potential men som idag inte produceras i någon större skala.

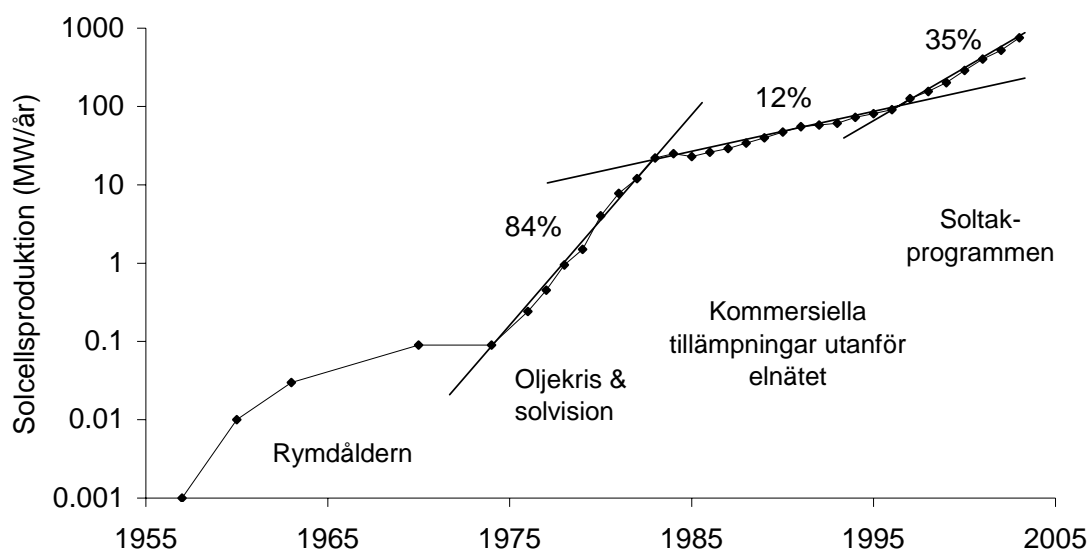
Olika nischmarknader har gynnat utvecklingen av solceller från den första tillämpningen i satelliter i slutet av 1950-talet till en mängd tillämpningar där nätanslutning är dyrare under 1970- och 1980-talen (Figur 1.1). Fram till 1990-talet var marknaden mycket liten men med kraftfulla stödprogram i främst Japan och Tyskland har industrin gått in i en tillväxtfas. Således växte den årliga produktionen av solceller från 90 MW 1996 till ca 750 MW 2003 (Figur 1.1 och 1.2).^{2,3}

Produktionen avsattes främst i Japan, Tyskland och USA men även i några mindre

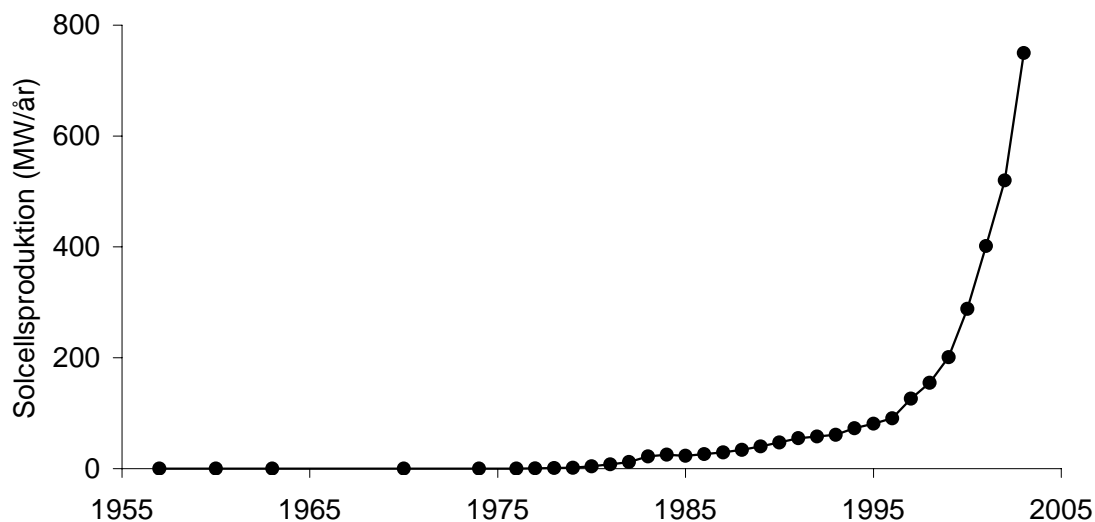
² Den angivna effekten gäller för standardiserade förhållanden som definieras av en solinstrålning på 1000 W/m^2 , en celltemperatur på 25°C , och en solhöjd på 42° . Denna effekt benämns ofta topp effekt och enheten skrivs W_t . I denna rapport skriver vi dock endast W och avser med detta denna standardiserade topp effekt.

³ Uppskattningar av produktionsvolymen varierar. IEA (2004) anger 686 MW, Maycock uppskattar den till 742 MW (Jiménez 2004) och Schmela (2004) 762 MW.

länder, särskilt i Schweiz, Nederländerna och Australien har en omfattande spridning skett.



Figur 1.1 Solcellsproduktionen i världen (logaritmisk skala). Solceller har växt på olika nischmarknader och med olika tillväxttakt under olika perioder. (Primärkällor återfinns i Jacobsson et al 2004 eller Sandén 2004.)



FIGUR 1.2 Solcellsproduktionen i världen (linjär skala). (Primärkällor återfinns i Jacobsson et al 2004 eller Sandén 2005.)

Marknadstillväxten från mitten av 1990-talet återfinns i huvudsak i nätanslutna anläggningar, ofta uppsatta på villatak eller integrerade i byggnader. Medan det japanska stödprogrammet drevs av investeringssubventioner och höga elpriser bygger den tyska marknadstillväxten främst på en inmatningslag som garanterar i stort sett

kostnadstäckande ersättning för den el som genereras i en solcellsanläggning. Medan kostnadstäckande ersättningar i olika former har funnits sedan 1994 uppgår den i dagsläget (2004) till 57.4 eurocents per kWh. Denna är garanterad i 20 år men en prispress är inbyggt i stödsystemet genom att ersättningen sänks för nya investeringar.

Japanska företag dominerar produktionen med en andel på nästan 50 procent 2003. Främst bland dessa återfinns Sharp. Det finns även ett antal europeiska företag som har kunnat dra nytta av det tyska stödprogrammet. Bland dessa återfinns BP Solar och Shell men även mindre företag, inklusive nystartade sådana. I takt med att antalet tillämpningar ökat, har även en rad andra företag än de som producerar solceller och moduler etablerats. Särskilt betydelsefullt är byggsektorns engagemang då byggnadsintegrerade tillämpningar anses ha en mycket stor potential.

En omfattande industriell verksamhet håller således på att byggas upp, främst i Japan och Tyskland. Världsmarknaden för solcellssystem 2003 kan uppskattas till drygt fyra miljarder euro varav hälften omfattar solcellsmoduler och hälften systemkomponenter och installation.⁴ Tillväxten kommer sannolikt att fortsätta. I Tyskland beräknas marknaden under 2004 att uppgå till 200 MW (Eriksson 2004) vilket kan jämföras med 15 MW 1999 och 83 MW 2002. Även Spanien, Frankrike och eventuellt Italien genomför nu stödprogram som liknar det tyska.

Syftet med föreliggande rapport är att bidra till ett svenskt förhållingsätt till solcellstekniken. I avsnitt 2 karakteriserar vi den svenska situationen och jämför med en rad andra länder. Vi argumenterar sedan för att Sverige står inför fyra olika vägskalet:

- Skall Sverige överhuvud taget lägga resurser på solcellstekniken (avsnitt 3)?
- Om så, skall resurser läggas på att utveckla en inhemsk marknad i Sverige (avsnitt 4)?

⁴ Produktionsvolymen av solceller 2003 har uppskattats till 686-762 MW (IEA 2004a, Schmela 2004). Priset för flertalet nätanslutna anläggningar ligger i intervallet 5-7 USD/W varav solcellsmodulerna svarar för 50-60%. Merparten av installerade anläggningar år 2003 var nätanslutna (90% i de länder som deltar i IEA PVPS, IEA 2004a). Priset för icke-nätanslutna anläggningar varierade mellan 8 och 25 USD/W (IEA 2004a).

- Om så, vilka policyinstrument finns att tillgå för skapa en marknad, vad är för- och nackdelarna med dessa och vilket eller vilka passar för Sverige (avsnitt 5)?
- Om en inhemsk marknad skall stödjas, hur stor skall den vara och vilka kompletterande åtgärder behövs (avsnitt 6)?

Dessa vägskäl formar även strukturen på rapporten, vilken avslutas med att de främsta slutsatserna sammanfattas (avsnitt 7).

2. KARAKTÄRISERING AV DEN SVENSKA SITUATIONEN

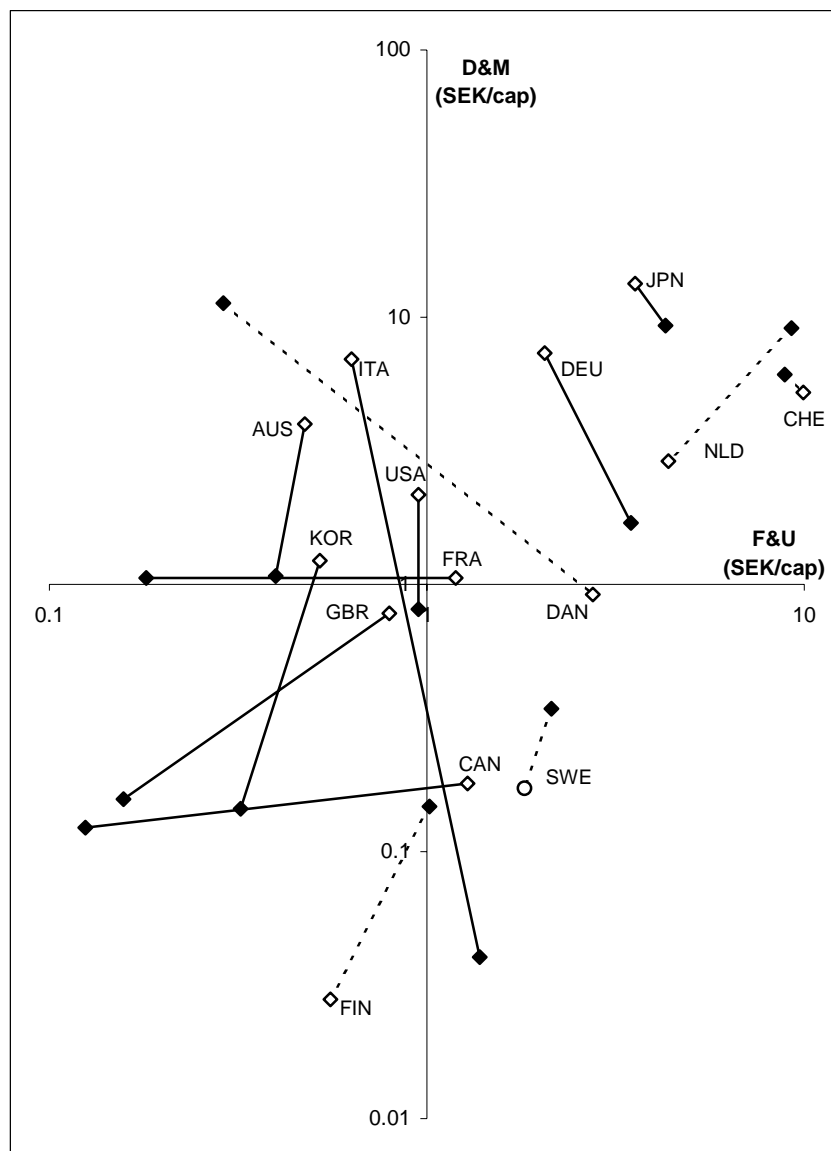
I detta avsnitt gör vi en grov karakterisering av den svenska situationen i tre dimensioner: forskningsatsningar, marknadsutveckling och aktörsbas.

Internationellt har olika former av stödprogram riktats mot solcellstekniken sedan mitten 1970-talet. Storleken på dessa och balansen mellan forskning och utveckling (F&U) å ena sidan och demonstration och marknad (D&M) skiljer sig markant mellan olika länder, se Figur 2.1.

Sverige intar här en extremposition med forskningsinvesteringar i klass med Tyskland kring 2 SEK/capita 1998-2002 men med mycket små satsningar på demonstrationsanläggningar och inga på marknadsstöd. Forskningen bedrivs främst, men inte enbart, i Uppsala. Vid Ångströms Solar Center är forskningen i världsklass för tunnfilmsolceller. Viss systeminriktad forskning bedrivs inom ramen för SOLEI 03-07.

Till skillnad från Sverige har Japan, Tyskland, Schweiz och Nederländerna *kombinerat* stora forskningsinvesteringar med marknadsinvesteringar (se Figur 2.1 och notera figurens logaritmiska skala). I Japan investerades år 2002 omkring 13 SEK/capita i marknadstöd/demonstration och 2:50 SEK/capita i forskning och utveckling. I synnerhet Japan och Tyskland kan karakteriseras som teknik- och marknadsledande nationer men flera länder rör sig i olika banor i riktning mot det övre högra hörnet i figur 2.1: USA genom mer demonstrationsprojekt, Frankrike genom mer forskning (och snart genom ambitiösare marknadsstöd) och Storbritannien genom både mer forskning och demonstration.

Danmark har tagit en annan väg de senaste åren; från mycket lite forskning men större demonstrationsprogram (över 10 SEK/capita), till en mer forskningsorienterad position. Den tidigare danska positionen upptas nu av Italien, Australien och Korea som lägger tyngdpunkt på marknadsstöd framför forskningsstöd.



FIGUR 2.1 Översikt över nivå och inriktning på stödprogram för solceller. Satsningar på forskning och utveckling (FoU/capita) satt i relation till satsningar på demonstration och marknadsstöd (DoM). Svarta prickar 1998 utom för Finland (2000). Vita prickar 2002 utom för Schweiz (2000). Streckade linjer indikerar länder som minskar stödet till D&M. Övriga ökar. (Logaritmiska skalor) Källor: IEA 1998-2003.

Avsaknaden av stöd gör att den svenska marknaden i ett internationellt perspektiv är liten och växer långsamt: den installerade effekten är 3-4 MW_t och den årliga ökningen har under den senaste tioårsperioden legat konstant på 0,2-0,3 MW_t. Marknaden finns främst inom fritidssektorn som efterfrågar system som inte är nätanslutna. Några demonstrationsprojekt med nätanslutna system har även genomförts, till exempel Hammarby Sjöstad.

Samtidigt som marknaden är liten finns det ett stort intresse bland allmänheten för solcellstekniken. Detta yttrar sig både i en önskan om statligt stöd till denna och i ett intresse att betala extra för solel. En undersökning av betalningsvilja i Göteborg ger vid handen att bara de ca 1000 privatpersoner och 40 företag som ingår i Göteborg Energis Ekopartnerprogram skulle kunna vara villiga att köpa solel motsvarande 0,2 MW installerad effekt (Dyrkell 2004). Det är emellertid inte möjligt för en enskild konsument att köpa solel – marknaden är outvecklad.

Med undantag av fyra företag som sammanfogar celler till moduler, vilka går på export, är den svenska aktörsbasen tunn. Ångström Solar Center har spunnit av ett företag, Solibro, som har erhållit kapital från olika intressenter för att skala upp tekniken. Några byggföretag (NCC) och arkitekter (White) har experimenterat med solcellstekniken. Energibanken är ett litet företag med lång erfarenhet av att installera solceller i Sverige och i u-länder. Antalet aktörer (med undantag för modultillverkare) är dock mycket begränsat. Det finns dessutom inga företag som gör komponenter (till exempel likriktare, kablar, montagelösningar eller stativ), och få installatörer har erfarenhet av solceller, vilket även gäller för byggsektorns olika delar samt för byggnadsnämnder och försäkringsbolag.

Den marknad som har funnits har inte varit stor nog att ge utrymme för formandet av starka nätverk där olika led, i exempelvis byggprocessen, har givits möjlighet till ett gemensamt lärande.⁵ Ej heller har det skapats starka intresseorganisationer som företräder den nya tekniken på olika arenor.

Det saknas även standardlösningar för byggdelskomponenter och solcellsmoduler (vilket är nödvändigt för att uppnå både låga kostnader och arkitektonisk flexibilitet) och certifiering av installatörer. Slutligen finns det inget genomtänkt förhållningssätt till bygglov. I Hammarby Sjöstad, till exempel, måste särskild prövning ske av stadsbyggnadsnämnden – bygglov nekades initialt av Stockholm stad för en solcellstillämpning som samma stad tidigare hade belönat inom ramen för en arkitekttävling.

⁵ Här lärde vi oss mycket av Dan Engström, NCC

3. SKALL SVERIGE ÖVERHUVUD TAGET LÄGGA RESURSER PÅ SOLCELLSTEKNIKEN?

Solcellsel är idag mycket dyr i förhållande till andra kraftslag även om den i vissa tillämpningar där nätanslutning är svår eller kostsam kan vara den billigaste lösningen. Att satsa på solel kan därför tyckas vara mindre intressant eller rent av oförståndigt. Men det finns också skäl som talar för en sådan satsning. Internationellt finns två tydliga motiv. I många utvecklingsländer skulle en storskalig satsning på fristående solcellsanläggningar kunna utgöra en snabbare, billigare och mer flexibel väg till utveckling i jämförelse med att långsamt bygga ut mindre väl fungerande elnät.

Det andra, och kanske ännu viktigare skälet, är omställningen av världens energisystem. För att möjliggöra en stabilisering av koldioxidhalterna i atmosfären på en nivå där mycket allvarliga climateffekter möjligen kan undvikas krävs en mycket storskalig introduktion av ny teknik för koldioxidneutral och förnybar energitillförsel. Vattenkraftens utbyggnadspotential i världen är begränsad. Vindkraft och biomassa har en stor men inte tillräcklig potential. På sikt kommer en storskalig användning av direkt omvandlig av solenergi, vars potential är betydligt större, förmodligen att bli nödvändig. Till detta skall läggas att kostnadsreduktionen för solceller är snabb men beroende av produktionens storlek. Detta gör att det skulle kunna räcka med att skapa ett relativt litet marknadsutrymme i förhållande till den långsiktiga potentialen, för att driva ner solelkostnaden till en konkurrenskraftig nivå (Sandén 2005).

En invändning som ibland görs är att solcellers potential är begränsad på grund av att energibehovet för att tillverka dem är stort i förhållande till vad man får ut. Detta är en myt som bygger på en mer än 30 år gammal studie (Wolf 1972). Idag ger en solcellmodul omkring tio gånger mer energi än vad som går åt för dess produktion (Alsema och Niewlaar 2000) och utbytet förväntas öka. Trots detta utgör energiåtgången vid tillverkning i dagsläget den största miljöbelastningen förknippad med solceller. Men denna miljöbelastning härrör framförallt från el producerad med fossila bränslen som försvinner om elen i stället produceras med solceller. I dagens europeiska elmix ger solceller över sin livscykel en koldioxidreduktion per

kilowattimme på 510 gram vilken i stort sett är jämförbar med vindkraftens 560 gram.⁶

Ett annat problem som har diskuterats är att vissa av dagens tunnfilmstekniker innehåller sällsynta metaller som på sikt skulle kunna begränsa en spridning av just dessa solceller. Men det är mycket långt till denna begränsning och tekniken är under snabb utveckling (Andersson 2000). Utifrån dagens kunskapsläge finns det inga miljö- och resurshinder som omöjliggör att solceller på sikt svarar för en avgörande andel av världens energitillförsel.

En tänkbar invändning mot solel är dess intermittenta karaktär, dvs dess variation över tiden. För bidrag över omkring 20% i kraftbalansen skulle det krävas ny energilagringsteknik (van der Zwaan och Rabl 2003). På mycket lång sikt måste därför solel ses i kombination med nya energibärare, exempelvis vätgas. I Sverige, är solenergin varierande tillgänglighet över tiden av än större betydelse. Sverige har emellertid en fördel i tillgången på tämligen lättreglerad vattenkraft som kan användas för att utjämna variationer i elproduktionen från andra energislag. Det kan dock inte hållas för otroligt att solel endast kommer att behöva stå för en mindre del (kanske 10 TWh/år) av energitillförseln i Sverige på grund av god tillgång på vattenkraft och stor potential för ökad användning av biomassa och vindkraft.

Med tanke på de möjligheter som finns i Sverige med att kostnadseffektivt expandera både vindkraften och biobränslebaserad kraftvärme är det inte självklart att det är lämpligt att fördela resurser till en satsning på solceller i Sverige. Kortsiktiga effektivitetskriterier talar tydligt emot en dylik satsning. Det finns dock andra överväganden att göra. Det centrala motargumentet är att statisk effektivitet inte är det enda, eller ens det viktigaste, sättet att värdera olika satsningar. Två korta exempel kan illustrera detta.

Det första rör Korea där en mycket stor satsning på tung industri, inklusive personbilar och halvledare, gjordes i början av 1980-talet (Jacobsson och Alam, 1994). En i stort sett enig ekonomkår var emot denna och hänvisade till kortsiktiga

⁶ Beräkningen är baserad på uppgifter från Alsema och Niewlaar (2000).

effektivitetskriterier. Både staten och den inblandade företagen såg dock hellre till de utvecklingsmöjligheter som fanns. Ur denna satsning växte företagsgiganter fram, som Samsung (hemelektronik och halvledare) och Hyundai (personbilar).

Det andra rör Tyskland och förnybar energiteknik där industripolitiska argument hela tiden har använts parallellt med energipolitiska i överväganden om olika styrmedel. Trots tidvis stort motstånd har argument om den långsiktiga utvecklingspotentialen inom förnybar energiteknik fått genomslag och idag har Tyskland en stor närvaro inom leverantörsindustrin för både vindkraft och solceller.

Från ett näringspolitiskt perspektiv har även solcellstekniken i sig intressanta egenskaper vid sidan om den snabbt växande och på sikt mycket stora världsmarknaden. Det är en generisk teknik för omvandling av strålningsenergi till elektricitet vilken kan finna tillämpningar inom en mängd områden. Den är dessutom flexibel och kan appliceras i olika skalor, från att tillfredställa mycket små energibehov i elektriska komponenter, till multifunktionella byggnadselement i hus och ren kraftproduktion i stora fält med tusentals moduler. Det omöjligt att idag förutse alla nya tekniska kombinationer, nya lösningar och nya tjänster en sådan teknik kan möjliggöra.

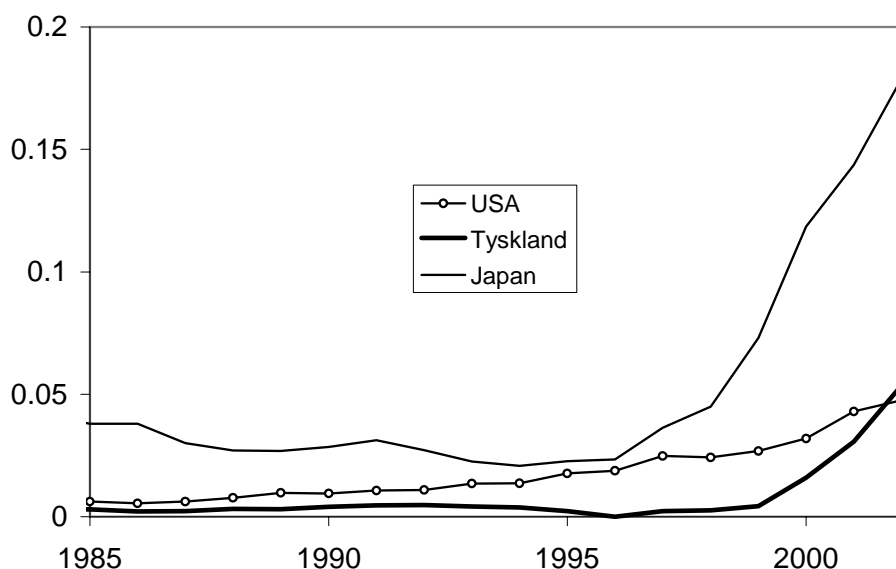
Sammanfattningsvis finns det goda men inte avgörande energipolitiska argument för en svensk satsning. En sådan satsning bör dock även bedömas utifrån ett näringspolitiskt perspektiv och utifrån hur hög ambition Sverige har att bidra till en global lösning på klimatfrågan. Kostnader i form av kortsiktig ineffektivitet ställs således mot en möjlig långsiktig omvandling av både industrin och av energisystemet.

4. SKALL RESURSER LÄGGAS PÅ ATT UTVECKLA EN INHEMSK MARKNAD I SVERIGE?

I avsnitt 2 beskrevs den svenska positionen inom solcellstekniken, med starkt stöd till forskning men obefintliga marknadsskapande åtgärder. Att denna strategi inte ger mer solcellsel i energisystemet på kort sikt torde vara uppenbart. Frågan är om det är en rimlig strategi ur ett näringspolitiskt perspektiv samt om den möjliggör en spridning på längre sikt eller om det även behövs marknadsstödjande åtgärder.

I både fallet koreansk industri och tysk energiteknik som beskrevs i föregående avsnitt var den inhemska marknaden, av avgörande betydelse.⁷ Om vi studerar utvecklingen av solcellsindustrin i de tre stora solcellsländerna (med avseende på totala satsningar) är det tydligt att forskning, utveckling och demonstration (FUD) inte i sig räcker för att skapa och expandera en inhemska produktion. Figur 4.1 visar solcellsproduktionen satt i relation till kumulativa investeringar i FUD. Det finns inget tydligt samband mellan sådana investeringar och produktion. Japans relativt sett höga produktion under 1980-talet kan däremot förklaras med att de japanska företagen producerade för konsumentelektronikmarknaden. När den marknaden mättades stagnerade produktionen. Den amerikanska produktionen har ökat i takt med den kommersiella marknaden för icke nätanslutna applikationer. De remarkabla produktionsökningarna i först Japan 1996 och sedan Tyskland 1999 sammanfaller med införandet av kraftiga marknadsstöd. Detta betyder naturligtvis inte att FUD-investeringarna har varit bortkastade i dessa länder. De har varit ett nödvändigt men inte ett tillräckligt villkor för att föra in Japans och Tysklands industrier, och marknader, i en snabbväxande fas.

⁷ Det skulle kunna hävdas att den inhemska marknaden inte längre är av betydelse i en globaliserad värld men mycket tyder på att så inte är fallet.



FIGUR 4.1 Årlig solcellsproduktion satt i relation till kumulativ investering i FUD för solceller (W/år/USD). Källor: PV News (flera årgångar); IEA 1998-2003, 2004a, 2004b.

Dessa exempel betonar länken mellan en inhemsk marknad och framväxten av en leverantörsindustri. Omvänt har framväxten av en industriell kompetensbas även betydelse för förmågan att stödja en inhemsk spridning, när och om, en större sådan anses önskvärd. Detta är inte en trivial fråga. För att en ny teknik skall kunna spridas krävs det att inhemska aktörer existerar och att nätverk mellan dessa har byggts upp, inte bara för att kunna erbjuda kompletta produkter utan också för att se till att lagar, regler och standarder anpassas, attityder förändras och att utbildningsväsendet ger undervisning i den nya tekniken. Kompetenta aktörer inom området skapas genom att en rad olika företag och myndigheter investerar i lärande. För solceller inkluderar dessa cell- och modultillverkare, komponenttillverkare, arkitektbyråer, byggherrar, byggkonsulter, elektriker, försäkringsbolag, byggnadsnämnder med fler. Dessa aktörer torde inte göra nödvändiga läroinvesteringar utan att det finns en lokal marknad av en viss volym.

Lärandet och en ökad marknadsvolym är också en förutsättning för en kostnadsreduktion som möjliggör en vidare spridning. Föreställningen att vi kan köpa radikalt nya tekniker "från hyllan" vid förändrade relativpriser eller vid en höjd kvotplikt (i fallet gröna certifikat) är felaktig (Sandén och Azar 2004). Nya tekniker måste först tas till "hyllan".

Det är naturligtvis möjligt att vissa komponenttillverkare under en tid skulle kunna utnyttja marknaden i Tyskland och andra europeiska länder. Men utan en inhemsk marknad skulle flera led i produktionskedjan förbli tomma och "innovationssystemet" skulle sannolikt förbli svagt.

Slutsatsen är således att en begränsad utveckling av den inhemska marknaden är nödvändig om man vill skapa en starkare svensk position inom solcellsområdet, dels för att skapa en första hemmamarknad för en inhemsk leverantörsindustri, dels för att bygga en inhemsk kompetensbas som kan stödja en möjlig framtida, och mer omfattande spridning om en sådan då anses önskvärd.

5. VILKA INSTRUMENT FINNS ATT TILLGÅ FÖR ATT UTVECKLA EN INHEMSK MARKNAD OCH VAD ÄR FÖR- OCH NACKDELARNA MED DESSA?

Det finns idag ett antal generella instrument med bäring på energisektorn: gröna certifikat, handel med utsläppsrättigheter, koldioxidskatt och några ytterligare miljöskatter. Dessa omsätter mångmiljardbelopp men är ändå otillräckliga för att stödja framväxten av radikalt nya tekniker eftersom de är ämnade att stimulera spridning av de *i dagsläget* mest kostnadseffektiva teknikerna. Solcellsen är helt enkelt för dyr per kilowattimme för att dessa instrument skall vara verkningsfulla.

Ett marknadsstödjande instrument måste därför vara mer tekniks specifikt. Att det är mindre generellt gör också att den totala kostnaden för ett sådant instrument blir lägre eftersom det endast behöver omfatta en liten del av marknaden (Sandén och Azar 2005). År 2002 omsatte skatterna på energiområdet i Sverige 58 miljarder kronor. De offentliga investeringarna i energiforskning via Energimyndigheten uppgick samtidigt till endast en halv procent av detta. För att stimulera en spridning, och en uppbyggnad av inhemsk industriell verksamhet, krävs det instrument som fyller gapet mellan forskning (som är billigt) och mycket dyra generella åtgärder.

Vi kommer här först att beskriva olika tekniks specifika instrument som har använts för att stödja solcellsmarknader i andra länder (5.1), för att sedan diskutera hur sådana instrument för introduktion av ny teknik skulle kunna utvärderas (5.2), för att slutligen göra en utvärdering av hur väl olika instrument skulle kunna fungera i Sverige (5.3).

5.1 Stödsystem för solceller i andra länder – en beskrivning

En rad olika tekniks specifika program har prövats i ett antal länder alltsedan slutet av 1970-talet för att skapa och bygga ut en marknad för solceller.⁸ Det finns inslag av både nationella och lokala stödprogram,⁹ offentliga och privata, program riktade mot

⁸ Haas (2002) innehåller en förtjänstfull redovisning av ett antal av dessa program. Tidskriften *Photon* är en utmärkt källa till nyheter inom området.

⁹ Lokala stödprogram har ofta fungerat som institutionella experiment och följts av program på statlig eller delstatlig nivå, exempelvis i Tyskland, Schweiz och Kalifornien. Alla stödprogram har på något

olika användningsområden, demonstrationsprojekt och ren marknadsstimulering.¹⁰ Vissa är baserade på investeringssubventioner, andra på höga ersättningspriser för solel. I många länder har ett antal olika system fungerat parallellt eller avlöst varandra. Vi betonar stödprogram som direkt påverkar kostnader eller intäkter för investerare men vi kommer även att nämna några kompletterande stödåtgärder.

INVESTERINGSSUBVENTIONER

I Tyskland har investeringssubventioner nyttjats i samband med olika demonstrationsprojekt alltsedan 1983 (Jacobsson med flera, 2004). 1986 initierades ett program för storskalig tillämpning av solcellstekniken och fram till mitten av 1990-talet hade ett sjuttio-tal anläggningar subventionerats. I Nordrhein-Westfalen startades ett subventionsprogram för mindre anläggningar 1988. Det första nationella programmet med inriktning mot små nätanslutna anläggningar, det så kallade 1000-takprogrammet, startade 1990. När detta program avslutades 1994 hade mer än 2200 installationer gjorts med en samlad effekt på 5.3 MW. Dessa installationer subventionerades med 60-70 procent (IEA, 1999; Staiss och Rauber, 2002). Installationerna följdes noggrant upp och systemkostnaden sjönk efter programmets avslutning.

Japan är det land där investeringssubventioner har fått störst betydelse. Det första subventionsprogrammet riktades mot solceller i offentliga byggnader och startade 1992. Subventionen uppgick till 50 procent av investeringskostnaden. När programmet avslutades 1998 hade 4,9 MW installerats. 1994 startade världens största subventionsprogram för solceller, vilket var inspirerat av 1000-taksprogrammet i Tyskland. "Residential PV system *monitoring* program" som 1997 bytte namn till "Residential PV system *dissemination* program" hade fram till januari 2003 omfattat 442 MW eller drygt 20 procent av den totala världsmarknaden under samma period.

sätt riktats mot ett definierat användningsområde såsom nätanslutna solceller på byggnader med en anläggningsskapacitet på mindre än 5 kWp, solceller i skolor eller icke nätanslutna hus på landsbygden.

¹⁰ Gränslinjen mellan demonstrationsprojekt och ren marknadsstimulering är många gånger svår att dra. I princip kan en gräns dras mellan system vars prestanda följs upp och dokumenteras och de som inte övervakas, eller mellan dem som har ett markant nyhetsvärde och de som innebär en mer standardiserad upprepning. En brytpunkt i världen kom när Japans subventionsprogram "Residential PV system *monitoring* program" bytte namn till "Residential PV system *dissemination* program" 1997.

Subventionen minskades från 50 procent 1994 till 30 procent 1999 och vidare till 15 procent 2002. Trots detta har antalet årligen installerade system hela tiden ökat pga. prissänkningar och ökad marknadsacceptans (delvis relaterat till höga elpriser, Haas, 2002). Detta program har även fört upp japansk solcellsindustri till en världsledande position. 2003 stod japanska företag sålunda för 48 procent av världsproduktionen på 762 MW (Schmela, 2004).¹¹

Under 1990-talet användes investeringssubventioner även i Österrike, Kalifornien (SMUD) och Spanien. Under senare år har sådana program även lanserats i länder som Frankrike, Nederländerna, England, Australien och Danmark. I Frankrike har solceller för icke-nätanslutna hus tidigare subventionerats men år 2002 följde Frankrike Tysklands och Japans exempel med ett stödprogram för byggnadsintegrerade nätanslutna solceller (20 MW till 2006, subvention upp till 4,6 EUR/W eller 80 procent). Storbritannien har följt efter i samma spår (9 MW till 2010). Även i Danmark finns program för att stimulera en marknad för byggnadsintegrerade solceller: SOL 300 startade 1998 för Jylland och Fyn och ledde till en installation av 300 system och 0,75 MW. Programmet ledde till omfattande kostnadsreduktion. Uppföljaren, SOL 1000, skulle ha startats 2001 och gällt för hela landet. Efter ett regeringsskifte sänktes ambitionen från 1 MW till 0,6 MW och från 50 procent till 40 procent subvention. Programmet uppges ändå vara fulltecknat (IEA 2003).

RÄNTESUBVENTIONER OCH SKATTELÄTTNADER

Både räntesubventioner och skattelättnader för investeringar fungerar som försiktiga investeringssubventioner. Det japanska stödprogrammet för byggnadsintegrerade solceller kombinerades med tillgång till lån med låg ränta. I Tyskland lanserades 1999 100 000 taks-programmet (350 MW) där installationer stimulerades med räntesubventioner, initialt 0 procents ränta. Programmet ledde inte till ett förväntat genombrott (9 MW i stället för 18 MW). År 2000 gjordes reglerna om pga. införandet av den nya inmatningslagen (se nedan).

¹¹ Även om det finns ytterligare stödprogram som riktar sig till industri och offentlig förvaltning är framtiden för den japanska solcellsmarknaden oviss. Inga nya stora subventionsprogram har aviserats och det återstår att se om den japanska solcellsmarknaden är mogen nog att klara sig utan subventioner (Iida 2004).

I många länder finns skattelättnader i olika former. Lägre moms på solcellssystem eller möjlighet att dra av investeringskostnad mot inkomst är vanligast förekommande. I Japan reduceras även fastighetsskatten med en sjättedel under tre år efter en solcellsinstallation.

GARANTERAT PRIS PÅ SOLEL

I städerna Aachen i Tyskland och Burgdorf i Schweiz lanserades i början av 1990-talet idén om *kostnadstäckande prissättning* på solel. Sedan 1991 finns i Tyskland en inmatningslag som gör det möjligt för oberoende elproducenter att mata in el på nätet och få ett garanterat pris från kraftbolagen. Detta pris var initialt satt till 90 procent av elpriset för konsumenter (ca 17 pf/kWh) och skapade inga incitament för att investera i solceller. ”Aachen-modellen” innebar istället en ersättning på cirka 2 DM/kWh, vilket skulle vara kostnadstäckande. Aachens exempel 1994 följdes sedan av ett 40-tal andra städer i Tyskland.

Samma modell infördes på federal nivå i Tyskland 2000, med ett fastpris på 99 pf/kWh vilket var *garanterat i 20 år*.¹² För varje år sänktes fastpriset för el från nya installationer med 5 procent vilket innebar att ett kostnadstryck byggdes in i modellen. För el från installationer gjorda 2001 fick man således 94 pf/kWh i 20 år. Ett ”tak” på 350 MW sattes initialt men denna höjdes redan 2002 till 1000 MW (Jacobsson och Lauber, 2004). Med dessa villkor ökade marknaden snabbt; från 15 MW 1999 till ungefär 83 MW 2002 (IEA 2003).

Programmet ledde till en omfattande tillväxt för solcellstillverkare, inte bara i Tyskland utan även i Europa i stort. 2003 stod europeiska solcellstillverkare för 27 procent av världsproduktionen vilket var nästan dubbelt så hög andel som USAs (Schmela, 2004). I Tyskland ledde programmet även till nyetablering och specialisering i övriga delar av värdekedjan, från modultillverkare till arkitekter och tillverkare av byggnadselement (Jacobsson med flera, 2004).¹³ År 2004 förnyades och

¹² Modellen innebär att tekniskspecifika ersättningsnivåer sätts i 20 år. Sålunda erhåller leverantörer av vindkraftsel en annan ersättning.

¹³ En genomgång som gjordes 2003 listade fyra wafer tillverkare, åtta solcellstillverkare och tjuoen tillverkare av moduler, en del mycket specialiserade (Jacobsson och Lauber, 2004 som hänvisar till bland andra Hirschl med flera., 2002).

förstärktes lagen och ersättningen för solet (garanterad i 20 år) ligger på 57.4 eurocent per kWh (Siemer, 2004).¹⁴

Höga pristariffer för inmatad solcellsel finns även i Spanien och delar av Österrike. Denna mekanism innebär ingen direkt kostnad för staten. Ett förhöjt inmatningspris som kraftbolagen tvingas betala solesproducenten vältras över på alla elkonsumenter. Eftersom mängden försold solet i början är mycket liten blir effekten på det pris som slutkunden betalar knappt märkbar. Allt eftersom marknaden växer och kostnaderna sjunker kan fastpriset sänkas vilket innebär att effekten på elpriset även förblir liten (Sandén, 2005).

GARANTERAD MARKNAD FÖR SOLEL

En annan mekanism för omfördelning av medel från ett förhöjt generellt elpris till högre priser på ny elproduktion baseras inte på garanterade priser utan på garanterade marknader. Krav på en bestämd andel förnybar energi i produktportföljen för elföretag (Renewable portfolio standards, RPS) och handel med gröna elcertifikat är exempel på sådana styrmedel. I många dylika system (exempelvis det svenska) konkurrerar ett antal elproduktionstekniker baserade på förnybar energi om samma marknadsutrymme. Sådana styrmedel ger ingen spridningseffekt för solceller eftersom solcellselen fortfarande är dyr och inte kan konkurrera med mognare tekniker. I några delstater i USA (New Jersey, Nevada och Arizona) finns det emellertid tekniks specifika RPS-system där el från solceller har fått ett eget utrymme.

PRIVATA STÖDFORMER

Inom vissa organisationer, exempelvis kyrkor, görs speciella ansatser att köpa solcellsanläggningar. I USA förekommer system för att donera pengar till solceller för skolor.

En intressantare klass av privata stödprogram bygger på att elföretag på olika sätt underlättar för elkunder att köpa solet. Ett elföretag kan organisera ett *andelsägande* i en solcellsanläggning. Ett alternativ till andelsägande är att elföretaget (eller någon annan aktör t.ex. en miljöorganisation) genomför en *storskalig upphandling* av solcellssystem å andra mindre aktörers vägnar, för att pressa priset. I en variant

¹⁴ Detta gäller för takinstallationer som är mindre än 30kW och som är byggnadsintegrerade. Något annorlunda ersättningsnivåer finns för andra typer av installationer (Siemer, 2004).

använd i Sacramento, Kalifornien och Hamburg inte bara köper elföretaget solcellssystem utan installerar dem även på hustak hos kontrakterade privatpersoner och sköter dem. Först efter ett antal år övergår systemen i privatpersonernas ägo.

En annan strategi som inte riktar in sig på privatpersoners investeringar är att elföretaget erbjuder grön eller miljövänlig el till ett högre pris. Denna kan ha inslag av solel, eller bestå helt av solel. Sådana system finns och har funnits exempelvis i USA, Tyskland och Schweiz. I Tyskland drev, till exempel, både RWE och Bayernwerk dylika program (Haas, 2002; Jacobsson med flera, 2004).

En intressant kombinationslösning är "solelbörsen". Elföretaget skriver långsiktiga kontrakt med solelproducenter genom ett anbudsförfarande och kortsiktigare kontrakt med sina elkunder (typiskt ettårskontrakt i mindre poster). På detta sätt skapas en viss riskspridning. Elproducenten äger anläggningen och risken förknippad med detta men har en garanterad avsättning för elen. Elföretaget (eller börsen) tar risken att inte hitta kunder, medan elkunderna betalar kostnaden för den dyrare elen.

Att nyttja enskilda kunders betalningsvillighet utgör en tydlig möjlighet att forma marknader. För privatpersoner är det inte alltid kWh-priset som är avgörande utan totalsumman som läggs på elinköp. Få skulle idag vilja köpa bara solel till ett kostnadstäckande pris men om det ges möjlighet att köpa en liten andel solel till en överkomlig summa är många sannolikt beredda att betala för att stödja den nya tekniken. Den första solelbörsen startade i Zürich 1996 och i juni 2002 hade 20 000 elkunder valt att köpa solel motsvarande en kapacitet på 2,5 MW. Nyligen har en liknande börs startat i Köpenhamn där elkonsumenterna kan köpa solelspaket för mellan 250 och 1000 DDK per år (Dyrkell, 2004).

KOMPLETTERANDE ÅTGÄRDER

För att möjliggöra framväxten av solcellsmarknader krävs inte bara ekonomiska stödprogram utan även kompletterande insatser. Dessa kan vara av mycket olika slag.

Ett viktigt inslag är att sprida information och kunskap om solcellstekniken bland olika grupper. Dyrkell (2004) betonar betydelsen av marknadsföring mot miljöintresserade kunder. Andra uppenbara aktörer att inrikta sig mot med kampanjer och utbildningsprogram, är beställare, arkitekter, byggbolag, elektriker, energirådgivare och tillståndsgivande myndigheter som stadsbyggnadskontor.

Branschtidskrifter som tyska Foton (och Photon International) har en stor betydelse för att skapa en väl fungerande marknad. För att skapa möjlighet för långsiktig tillväxt krävs även anpassning av utbildningar och inrättandet av nya professorer. I Tyskland skapades i linje med detta under 1990-talet professorer i solarkitektur.

Ändringar i lagstiftningen kan även behövas. I Japan tillämpas ”net metering”, dvs. överskottsel säljs över nätet. I Tyskland har dubbla mätare använts.

Uppföljning och mätning har varit en viktig del av många demonstrationsprogram. Den noggranna uppföljningen av installationerna i det tyska 1000-takprogrammet ledde till omfattande systemförbättringar och kostnadsreduktioner, vilket främjade en fortsatt tillväxt. I sin förlängning kan en sådan uppföljning leda till standardisering och kontrollmärkning av solceller och solcellssystem och certifiering av installatörer vilket skulle underlätta för köpare. En sådan standardisering och märkning har ännu inte kommit till stånd men är på väg, exempelvis i Japan. För byggnadsintegration krävs även anpassade byggnadsnormer.

5.2 Hur kan vi värdera stödsystem för ny teknik?

I detta avsnitt redovisar vi först ett antal drag som ofta karakteriserar teknikspridning i en tidig fas – en formativ fas. Utifrån denna redovisning diskuterar vi olika mål och godhetsmått för ett program. Vi argumenterar för att ett program behöver sätta upp ett antal processmål, där en marknadstillväxt i en tidig fas skall ses som ett medel snarare än ett mål.

Framväxten och spridningen av ny teknik, såsom solceller eller mobiltelefoner, är en process som tar flera årtionden. Grovt kan spridningsprocessen för en ny teknik indelas i tre faser: en formativ fas, en tillväxtfas samt en fas där den nya tekniken konkurrerar helt på marknadsmässiga villkor på en ”massmarknad”. Tidsaxelns längd underskattas vanligtvis.¹⁵

¹⁵ Till exempel tog det två årtionden innan den första kommersiella nischen för ångskepp växte fram (Geels, 2002); två årtionden gick även innan den amerikanska datorindustrin blev självgående (Carlsson och Jacobsson, 1997) och mellan försäljningen av den första videobandspelaren (1956) och försäljningen av en videobandspelare för hemmabruk (Cusumano, med flera, 1997).

Förnybar energiteknik är inget undantag. Efter cirka 15 års ansträngningar att utveckla vindkraftstekniken var den tyska installerade effekten endast 8 MW 1988. I Tyskland, som Europas ledande nation inom solcellstekniken, varade den formativa fasen i minst två årtionden (till och med 1998).¹⁶ Solceller i Sverige kan karakteriseras som varandes i en tidig del av denna formativa fas.

En *formativ* fas har ett antal drag som måste förstås när ett stödsystem planeras och genomförs. Dragen återfinns inte bara i själva tekniken utan även i de institutioner som styr olika aktörer, i de marknader som berör den nya tekniken, i de aktörer som (eventuellt) återfinns i hela värdekedjan samt i de nätverk som förbinder dessa. Dragen varierar mellan teknikområden och länder men omfattar ofta de följande:

Tekniken:

- Outvecklad pris/prestanda hos den nya tekniken
- hög teknisk osäkerhet (hur kommer pris/prestanda att utvecklas framöver; vilken konstruktionsansats kommer att dominera)
- brist på standarder
- avsaknad av komplementär teknik

Institutioner:

- regelverk som missgynnar den nya tekniken
- hög politisk osäkerhet om framtida regelverk
- brist på kunskap om, och legitimitet för tekniken (social acceptans)

Marknader:

- outvecklade eller obefintliga marknadsplatser med liten försäljning (nischer) (bristande kunskap om den nya tekniken bland potentiella kunder; bristande kunskap bland leverantörer om kunders intresse/behov, marknader med låg transparens och höga transaktionskostnader)
- marknadsmässig och ekonomisk osäkerhet (vilka tillämpningar kommer att dominera, hur stor efterfrågan kommer att utvecklas för den nya tekniken)

Aktörer och nätverk:

¹⁶ Forskning kring solceller började redan på 1960-talet men den stora satsningen skedde med början 1978. Den formativa perioden skulle därför kunna argumenteras för att ha varit i tre årtionden i Tyskland (och i mer än fyra i världen då den första solcellen utvecklades redan 1954 av Bell laboratories, se Jacobsson, med flera, 2004)

- liten offentlig och privat forskning samt brister i utbildningssystemet på olika nivåer (exempelvis arkitekter och elektriker)
- brist på incitament för företag att etablera sig och en otillräcklig täckning av företag i värdekedjan
- utvecklade nätverk i hela värdekedjan (arkitekter, byggare, finansbolag, slutkund etc.)
- utvecklad samhälleligt inflytande för den nya teknikens företrädare

Många av dessa drag återfinns även i det svenska solcellsfall. För att en formativ fas skall uppstå och så småningom övergå i en *tillväxtfas* (i ett givet land) krävs att dessa drag suddas ut och ersätts med sådana som inte blockerar, utan befrämjar spridningen av den nya tekniken.

Det finns fyra nyckeldrag i denna process (Jacobsson och Bergek, 2004):

- (i) *Institutionell anpassning*, vilket omfattar framväxt av regelverk som befrämjar den nya tekniken (forsknings- och teknikpolitik, energipolitik etc.) och nya värderingar som ger den en social acceptans (legitimitet). Även standardiseringsfrågor faller under denna rubrik.
- (ii) Formandet av *marknader* som ger den nya tekniken ett 'utrymme' inom vilket marknadsplatser kan formos, nya företag finna en verksamhet, nya nätverk uppstå och i vilken, i allmänhet, en läroprocess kan ta form.
- (iii) Dessa marknader måste vara stora nog att locka (ge incitament till) företag att *etablera sig i hela värdekedjan*. För att en teknik senare skall kunna spridas i en större omfattning (alltså gå in i en tillväxtfas) måste en mängd företag, individer och andra organisationer redan i den formativa fasen investera i, och börja att lära sig den nya tekniken. För solceller gäller det till exempel, utrustningstillverkare (produktionsteknik), glastillverkare, arkitekter, byggföretag, takläggare, elektriker, försäkringsbolag, högskolor etc. Nätverk mellan dessa samt olika slags marknader behöver växa fram.¹⁷

¹⁷ Kemp med flera (1998, 184) understryker nischers betydelse: "Without the presence of a niche, system builders would get nowhere... Apart from demonstrating the viability of a new technology and providing financial means for further development, *niches help building a constituency behind a new technology*, and set in motion interactive learning processes and institutional adaptation... that are all-important for the wider diffusion and development of the new technology".

- (iv) Organisation av dessa och andra intressenter i ”intressekoalitioner” som engagerar sig för att påverka institutioner så att dessa stödjer den nya tekniken (Smith, 2000; Jacobsson och Lauber, 2004). En del av engagemanget är av ”politisk” art då regelverk bestäms i en politisk process men en annan del av arbetet kan vara att skapa en social acceptans för den nya tekniken genom åtgärder som är riktade mot den enskilde individen, skolklasser eller kommunala beslutsfattare, etc. Vidare kan en koalition även driva frågor kring standardisering.

Som beskrevs ovan, skapades i Tyskland en marknad för solceller i denna formativa fas med flera metoder. Investeringssubventioner genom demonstrationsprogram (forskningspolitik) för både stora och små anläggningar; garanterat pris på solel (energipolitik på kommunal nivå – ”Aachen-modellen”) samt privata stödsystem som drevs av olika kraftbolag. Även om marknaden som uppstod (främst på 1990 talet) var liten (5 MW 1995 och 10 MW 1996), var den tillräckligt stor för att ett antal företag skulle etablera sig i olika delar av värdekedjan (till exempel tillverkare av tak- och fasadintegrerade solcellsmoduler). Skapandet av marknader ledde även till att standarder växte fram och att ny teknik för växelriktare utvecklades (Gabler med flera, 1997). Samtidigt drev branchorganisationer (som Bundesverband Solarenergie) standardiseringsfrågor och olika intresseorganisationer (bland andra Eurosolar och Förderverein Solarenergie) arbetade för att sprida kunskap om, och öka legitimiteten för, solceller bland allmänhet, politiker och näringsliv.

Denna första, formativa fas, omfattar således institutionell förändring, formandet av marknader, etablering av företag och framväxt av organisationer som företrädde tekniken på olika arenor. En grund lades för en senare övergång till en tillväxtfas i vilken dessa tidiga investeringar både exploateras och byggs vidare på. En tillväxtfas bygger således på omfattande investeringar, experiment och lärande hos en lång rad organisationer under flera årtionden (Jacobsson och Bergek, 2004; Jacobsson med flera, 2004).

I Tyskland var det främst institutionella förändringar som öppnade upp för en övergång till en *tillväxtfas*. Dessa förändringar, som redogjordes för i avsnitt 5.1, var 100.000-takprogrammet 1999 (med räntesubventioner) och omskrivningen av inmatningslagen år 2000 (garanterat pris på solceller på nationell nivå).

Genom att skapa förutsättningar (incitament) för en omfattande spridning gavs även kraftfulla signaler till näringslivet om att ett lönsamt område höll på att utvecklas, vilket ledde till ytterligare nyetableringar, resurstillförsel och fortsatt lärande. Nya segment exploaterades och marknaden ökade i storlek. Tekniken vann legitimitet och dess "intressekoalition" fick bättre möjlighet att driva en fortsatt institutionell anpassning (Jacobsson och Lauber, 2004) vilket i sin tur ledde till ökade marknader. I den bästa av världar skapas på detta vis *självförstärkande drag* i tillväxten. Målet för en teknikstödande policy bör vara att nå en sådan självförstärkande utveckling (Jacobsson och Bergek, 2004).

Självförstärkande drag uppkommer emellertid inte i ett vakuum utan förutsätter att investeringar har gjorts i den formativa fasen. *Målet för ett stödprogram behöver därför inte nödvändigtvis vara att åstadkomma en viss installerad effekt utan kan vara att "lägga grunden" för en omfattande spridning vid en senare tidpunkt.*

Godhetsmåtten i en tidig fas torde därför inte vara hastighet i teknikspridning. Den tyska installerade effekten av solceller uppgick 1997 (efter en tjugo år lång formativ fas) till endast 41.9 MW_p (Jacobsson med flera, 2004).

De viktigaste godhetsmåten torde istället härröra från en analys av de centrala problematiska dragen i den formativa fasen: *karaktären på de marknadsplatser som byggs upp samt det lärande, den aktörsbas, de nätverk och den legitimitet som formas*. Att forma dessa drag kan ses som olika *processmål* mot det slutliga målet om en omfattande tillämpning av solcellstekniken i kraftsystemet.

Exempel på sådana *processmål* skulle kunna vara:

- en aktörsbas med viss bredd och djup;
- arenor för möten och lärande (bygga nätverk),
- utbildningsprogram inom solcellsarkitektur;

- förekomst av standardiserade byggdelskomponenter och moduler;
- ökad marknadstransparens,
- organisation av företrädarna för den nya tekniken.

Dessa processmål kan inte förväntas skapas enbart genom att ge incitament till att investera i solceller utan åtgärder som kompletterar ett sådant program behöver även formuleras. Att nå dessa processmål förutsätter emellertid att en *viss spridning* (marknadsuppbyggande) sker, för utan en marknad torde få företag och andra organisationer investera i ett lärande.

5.3 En värdering av tillgängliga marknadsskapande stödsystem

Hur väl skulle då de marknadsskapande instrument som prövats i olika länder kunna fungera för att stödja utvecklingen från en tidig formativ fas till en tillväxtfas i Sverige?

Instrumenten värderas lämpligen utifrån *en potentiell investerares perspektiv*. Investerare omfattar inte bara den individ eller företag som eventuellt installerar solceller utan även de företag som överväger att etablera sig i någon annan del av värdekedjan eller att expandera en redan befintlig verksamhet. Dessa skulle, till exempel kunna vara modultillverkare, arkitekter, företag som bygger tak och elfirmor. Det finns dock även andra kriterier av betydelse såsom administrativ enkelhet och eventuell fränkoppling i förhållande till statsbudgeten.

För att påverka investerares bedömning torde det vara av centralt intresse för ett stödprogram att beakta inte bara solcellsteknikens i dagsläget bristande konkurrenskraft vid nätanslutna tillämpningar utan även de grundläggande och mångfasetterade *osäkerheter* som beskrevs i avsnitt 5.2. Dessa var av teknisk, ekonomisk, marknadsmässig och politisk art. Ett program bör därför inte enbart skapa incitament utan även konstrueras så att alla dessa osäkerheter upplevs som hanterbara för investerare.¹⁸

¹⁸ Deta resonemang bygger på och utvecklar det i Jacobsson och Bergek (2004)

Programmet bör då uppfylla fyra krav. För en potentiell investerare i solceller (*kraftproducent*) är det viktigt att programmet

- ger incitament som är *kraftfulla* nog för att kompensera för höga kostnader och en teknisk och ekonomisk osäkerhet
- har *förutsägbara* villkor för att motverka ekonomisk och politisk osäkerhet.

För potentiella investerare *i övriga delar av värdekedjan* är det dessutom väsentligt att programmet

- är *uthålligt* för att hantera både ekonomiska och marknadsmässiga osäkerheter - företagen måste se att dessa incitament är beständiga och att ett långsiktigt läroutrymme kommer att finnas (kontinuitet istället för 'stop-go').
- Detta läroutrymme måste dessutom vara av en *omfattning* som 'lockar' företag till området, trots de osäkerheter som föreligger.

Olika instrument uppfyller dessa krav på ett mer eller mindre bra sätt.

Investeringssubventioner i form av *demonstrationsprogram* har varit kraftfulla, haft förutsägbara villkor och absorberat mycket av den tekniska och ekonomiska osäkerheten som finns i en tidig fas och är därför viktiga för tidiga investerare i solceller.¹⁹ En skattesubvention i form av ROT-avdrag skulle kunna fungera på ett liknande sätt.

Samtidigt är demonstrationsprogram kortsiktiga (ej uthålliga) och normalt förknippade med skapandet av väldigt små marknader²⁰ vilket inte ger ett kraftfullt incitament för företag att etablera sig i andra delar av värdekedjan. Det tyska 1000 taks-programmet (med 2 200 tak till slut) gav visserligen incitament för elektriker att lära sig solcellstekniken men den stora etableringsvågen dröjde tills senare.

¹⁹ Demonstrationsprogram har en roll att spela även i en något senare fas. Nya tillämpningar kan vara förenliga med en stor teknisk osäkerhet vilket motiverar investeringssubventioner (en strategi som systematiskt använts i Japan). Ett demonstrationsprogram kan även ha en roll att spela i spridningen av information/kunskap om den nya tekniken och för att skapa en social acceptans för denna. Sålunda hävdade en pionjär på fasadintegrerade solceller i Tyskland att deras första installation i Aachen hade betytt mycket för kunskapen om och attityden mot solceller bland både arkitekter och politiker (Chehab, 2001). I en tidig fas kan demonstrationsprojekt även skapa nätverk mellan olika aktörer vilka kan få en pådrivande roll i senare faser (Karlström och Sandén 2004).

²⁰ Det tyska 250 MW programmet för vindkraft är ett undantag (Bergek och Jacobsson, 2003).

Privata stödformer, som till exempel, en solelsbörs, bygger på enskilda individers betalningsvillighet och tar hänsyn till det första kriteriet. I den mån som långsiktiga kontrakt görs med de individer/företag som investerar i en solcellsanläggning, uppfylls även det andra kriteriet. I de former som existerar i Köpenhamn och Zurich skrivs emellertid ettårskontrakt med enskilda kunder och det är kraftbolagen som tar de ekonomiska riskerna som förknippas med investeringen. Programmet torde betraktas som uthålligt då den bygger på en privat betalningsvillighet.

Denna stödform har en potential om den organisation som säljer solceller har en hög trovärdighet ur ett miljöperspektiv (Haas, 2002). Om till exempel hälften av medlemmarna i Greenpeace i Sverige köpte 100 kWh/år skulle detta leda till en installation av cirka 4 MW_p²¹. Medan denna siffra är intressant i en väldigt tidig fas, torde den emellertid inte vara av tillräcklig omfattning för att få många företag att etablera sig.

Det är otvetydigt att både demonstrationsanläggningar och privata stödformer har en roll att spela i den formativa fasen. Emellertid är det sannolikt nödvändigt att alla fyra kriterierna uppfylls för att många företag skall stimuleras till att investera i olika led i värdekedjan. Tre alternativa instrument skulle kunna skapa ett större marknadsutrymme.

(1) Det japanska exemplet visar att *investeringssubventioner i stor skala* kan leda till en snabb spridning och en uppbyggnad av en leverantörsindustri i olika led. Det finns emellertid flera nackdelar med denna stödform:

- Om ersättningen är satt som en procent av installationskostnaden torde det leda till en avsaknad av prispress (Haas, 2002).
- Programmet belastar statskassan.
- Sverige har en lång erfarenhet av skadliga kortsiktiga subventionsprogram (Johnson och Jacobsson, 2001), vilket kan påverka trovärdigheten för ett solcellsprogram.

²¹ Se Dyrkell (2004) för en analys av denna potential i västra Sverige.

(2) En *inmatningslag* kan uppfylla alla fyra kriterierna. Den kan ge kraftfulla incitament som är förutsägbara (via lagstiftning) under 20 år framåt och programmet är uthållig genom att samma lagstiftning specificerar det marknadsutrymme som gäller; ett ”tak” sätts som kan revideras upp i takt med att ett lärande sker. Grad av stimulans för företag att etablera sig i värdekedjan beror naturligtvis på hur högt detta ”tak” sätts. I Österrike har det nyligen skapat ett sådant instrument, men med för lågt tak. I det tyska fallet sattes taket till 350 MW år 2000 för att höjas till 1000 MW redan år 2002.

Förutom att uppfylla dessa tre krav har en inmatningslag dessutom ett antal andra fördelar:

- Det går lätt att införa en kostnadspress genom att sänka ersättningen för investeringar som görs år 2, 3 etc
- Det går att sätta ett ’tak’ för det ’läroutrymme’ som skapas vilket innebär både att spridningen, och kostnaden, kan begränsas och att utrymmet lätt kan skalas upp. Detta är av betydelse då det skapas avstämningpunkter där ett policylärande kan ske vilket ger möjlighet att förbättra programmets utformning. Här ligger naturligtvis en möjlig motsättning till krav på kontinuitet.
- Den belastar inte statsbudgeten vilket torde göra att den upplevs som mer förutsägbar och det är sannolikt en administrativt enkel lösning
- Genom elmarknadernas integration kan instrumentet användas på internationell nivå

Ett problem som måste hanteras är hur kostnader skall fördelas om det uppstår lokala koncentrationer av solcellsanläggningar så att inte kunderna hos vissa nätbolag drabbas hårdare än andra. Detta utjämningsproblem har man på senare tid lyckats hantera i Tyskland.

(3) *Teknikspecifika Gröna certifikat* har liknande fördelar och är ett tredje alternativ. Om ambitionsnivån (spridningskravet) är högt satt kan incitamenten bli kraftfulla. Läroutrymmet kan vara stort och en uthållighet kan även skapas.²² Slutligen kan den

²² Precis som för en inmatningslag kommer läroutrymmets omfattning att sättas i en politisk process.

tillämpas på internationell basis. Emellertid är en nackdel att prisbildningen är osäker. Förutsägbarheten finns därför inte, vilket leder till att en ytterligare källa till osäkerhet skapas för investerare. *Detta är olyckligt när den största utmaningen i en tidig fas är att minska den upplevda osäkerheten.* Stödformen kräver också att det finns ett stort antal aktörer på marknaden (köpare av certifikat), annars kan priserna kontrolleras av starka intressenter. Vidare kan ett system med tusentals aktörer med vardera en kapacitet på kanske 3 kWt som skall handla på en börs synas vara ett administrativt krävande projekt. Slutligen motverkar en differentiering av elcertifikaten själva idén bakom ett certifikatsystem, nämligen den att skapa konkurrens mellan olika tekniker. Instrumentet är således inte utformat för att stödja teknik i en formativ fas utan för att välja bland tekniker som redan finns 'på hyllan'.

Olika stödsystem har således olika för och nackdelar. Internationellt har en del fungerat dokumenterat väl, såsom investeringsstöd i demonstrationsprogram och den tyska inmatningslagen, medan andra som teknikspecifika gröna certifikat är mer oprövade. Dessutom har dessa certifikat en rad svagheter som gör att det är ett tveksamt instrument. Sammantaget menar vi att en inmatningslag är att föredra i en tillväxtfas. En annan slutsats är att valet av lämpligt stödsystem och olika stödsystems utsikt till framgång är avhängigt storleken på det marknadsutrymme de är tänkta att skapa.

6. OM EN INHEMSK MARKNAD SKALL UTVECKLAS, HUR STOR BÖR DEN VARA OCH VILKA KOMPLETTERANDE ÅTGÄRDER BEHÖVS?

Som framgår av föregående avsnitt bör marknadsstödet utformning och omfång anpassas efter teknikens, marknadens och aktörernas mognadsgrad. Med tanke på den svenska situationen karakteriserad av en outvecklad marknad och svaga aktörer torde det vara lämpligt att dela upp en satsning i två faser, en första fas som syftar till att nå en rad processmål vilka om de uppfylls kan bereda vägen för en andra fas med starkare betoning på tillväxt.

6.1 Utformningen av en första fas

Det finns flera intressanta alternativ för att åstadkomma en initial *begränsad* expansion. De tre alternativen (ROT, privata marknader och demonstrationsanläggningar) utesluter inte varandra. En fördel med demonstrationsanläggningar är emellertid att de skulle kunna användas på ett systematiskt sätt i ett lärandesyfte.

Ett stöd baserat på ROT-avdrag är redan igång och kan ge upp till 2 MWt. Förutom ROT-avdrag skulle ett *långsiktigt demonstrationsprogram* på cirka 3 MW_t kunna skapas. Detta inriktas mot nybyggnation på den privata marknaden (företag och enskilda som komplement till ROT programmets inriktning mot den offentliga sektorn) där en rad olika typer av anläggningar byggs. Bland dessa återfinns vi olika slag av för Sverige nya typer av byggnadsintegration men även tillämpningar som syftar till att exponera tekniken för allmänheten (vilka samtidigt är möjliga investerare/konsumenter). Bland de senare kan nämnas järnvägsstationer, flygfält, skolor och ladugårdar. Alla demonstrationsanläggningar bör följas upp med både teknisk och samhällsvetenskaplig analys. *Bland demonstrationsprojekten bör vi finna sådana som innehåller oprövad svensk teknik, till exempel den tunnfilmsteknik som nu tas fram i Uppsala.*

Samtidigt skulle *privata stödformer*, i form av solelsbörs, kunna uppmuntras där enskilda förbrukare som föredrar att handla solel kan få möjlighet att göra så. Möjligtvis kan ROT och demonstrationsanläggningar samordnas så att en del av dessa investeringar understödjer framväxten av en solelsbörs. Även *svenskt bistånd* till landsbygdselektrifiering i, till exempel, Afrika, skulle kunna nyttjas för att skapa ett marknadsutrymme för svensk teknik. Ett program på 2 MW_t skulle kunna vara rimligt.

Vi ser det som väsentligt att ett mindre marknadsutrymme temporärt avsätts för svensk teknik (genom former där lagen om offentlig upphandling inte tillämpas) för att ge svensk industri en möjlighet att lära sig tekniken och få upp en viss volym på verksamheten. En alltför snabb lansering av ett större program (se nedan) riskerar annars att enbart leda till att den mer utvecklade tyska industrin kommer att få den svenska marknaden som sin hemmamarknad, precis som dansk vindkraftindustri fick med början 1991.

Många av de problem som utmärker den formativa fasen i Sverige kan komma att åtgärdas om marknadsstöden är av sådan art att många företag söker sig till solcellsområdet. Nätverk bildas, marknader formas och företagen och deras organisationer bedriver ofta en verksamhet för att skapa social acceptans, etablera standarder och få till specialiserade utbildningar (till exempel för arkitekter och byggindustrin). Det kan dock i en tidig fas vara motiverat med policyåtgärder som kompletterar företagets arbete för att uppnå en rad sådana *processmål*. Dessa mål bör specificeras med noggrannhet och som *komplement* till marknadsskapande åtgärder bör det föreslås åtgärder som direkt syftar till att uppnå dessa. En viktig del av en första fas är även att *utvärdera* hur väl processmålen uppnåtts. Vi kommer nedan att kort diskutera riktningsangivelsen på dessa processmål (utan att vara fullständiga) och föreslå några konkreta åtgärder.

Uppenbara mål är höja medvetenheten om solcellstekniken samt skapa den kompetens och de nätverk som krävs för att den skall kunna spridas. Två nyckelaktörer är arkitekter och byggherrar. Vi föreslår att demonstrationsanläggningarna nyttjas systematiskt för att nå ut till dessa (och andra) kategorier, dels genom studiebesök, dels genom att artiklar skrivs i branschtidningar. Vi föreslår även att för

byggnadsintegrerade tillämpningar skapas en fysisk och en virtuell plattform för möte och erfarenhetsutbyte. Kanske kan liknande plattformar skapas för andra tillämpningar. Landbygdstillämpningar kunde vara en sådan – i Tyskland utgör lantbrukare en väsentlig del av marknaden.

Den fysiska plattformen innebär att centrala aktörer kan mötas för seminarier, kurser och diskussioner kring, tex. solcellsarkitektur, systemstandardisering, specificering av nödvändiga institutionella förändringar (såsom att taxeringsvärdet inte skall påverkas av en installation av solceller på taket) och certifiering. Till arkitekter och byggherrar lägger vi kraftbolag, entreprenörer, stadsbyggnadsarkitekter (som påverkar byggnadstillstånd), solcellskonsulter, leverantörer av solcellsmoduler samt olika intresseorganisationer såsom Naturskyddsföreningen och Greenpeace. Tillsammans med ytterligare aktörer kan dessa även utgöra en kompetensbas som företräder solcellstekniken i olika fora och säkerställer att solcellsteknikens möjligheter tas till vara. En möjlighet är att nyttja den plattform som White Arkitekter håller på att bygga upp.

Den virtuella plattformen kunde innebära en utvidgning av www.solcell.nu vilken är en portal inriktad mot solcellstekniken. Denna kan bland annat nyttjas för erfarenhetsutbyte och för att skapa en lättillgänglig och överskådlig marknadsplats för företag och individer som är intresserade av solcellstekniken.

Insatser krävs även för andra aktörer. Handböcker/guider behöver tas fram för elektriker, installatörer, energirådgivare etc. En systematisk överföring av erfarenheter från andra länder kan vara ett effektivt sätt att snabbt höja kompetensen i Sverige. Åtminstone en del av demonstrationsanläggningarna bör göras tillgängliga för allmänheten genom studiebesök. Utbildningsprogrammen och universitetsforskningen bör stärkas inom solcellsarkitektur, där en professur inom solcellsarkitektur skulle vara av stort värde, samt inom solcellstekniken i allmänhet (inklusive systeminriktad forskning och produktionsteknik). Parallellt med denna utvidgning av forskningen är det väsentligt att fortsätta att satsa på att utveckla den kompetens Sverige har inom tunnfilmstekniken. Denna teknik är långt ifrån färdigutvecklad och den starka miljö som finns är en resurs som måste vårdas.

En annan typ av processmål rör en teknisk och institutionell föreberedelse för en efterföljande större spridning. Teknisk funktion bör följas upp och möjligheter för standardisering av komponenter och certifiering av installatörer kan undersökas. Olika tekniska system för inmatning på elnätet bör utvärderas och nätbolagens roll bör tydliggöras för att dessa skall kunna anpassa sig till denna decentraliserade teknik. Likaledes bör hanteringen av byggnadstillstånd följas upp och förbättras.

6.2 Val av ambition i en andra fas

Den första fasen kan skapa ett embryo till industriell tillväxt men för att intressera fler aktörer och möjliggöra en övergång till en tillväxtfas måste en större marknad skapas på sikt. En sådan skulle kunna skapas med något av de tre instrumenten (investeringssubventioner, inmatningslag och teknikspecifika gröna certifikat) diskuterade ovan men där vi menar att en inmatningslag är det överlägsna instrumentet.

Sverige (liksom övriga nordiska länder) är 'följare' med avseende på satsning på att skapa marknader för solceller. Det finns inte någon anledning att plötsligt övergå till en "ledarstrategi", utan de nordiska länderna kan dra nytta av lärdomarna i andra länder och följa ledarna med en tidseftersläpning. Frågan är då vilken omfattning ett sådant läroutrymme skulle kunna ha och vilken tidshorisont vi talar om för att fylla detta utrymme.

Utgångspunkten måste vara att marknaden skall vara av en sådan *omfattning* att den lockar många företag att etablera sig i hela värdekedjan (eller i stora delar av den). Hur stor denna behöver vara är i dagsläget inte möjligt att säga utan kräver en dialog med näringslivet. Det är även viktigt att understryka att en genuin osäkerhet finns i hur näringslivet svarar på en marknadsstimulans. Det är dock troligt att näringslivet behöver tydliga signaler ganska snart för att inte falla ohjälpligt efter, som skedde med vindkraftstekniken (Bergek och Jacobsson, 2003).

Vi presenterar här två räkneexempel som kan vara till vägledning i denna bedömning. Det första relateras till en finsk strategi och det andra till den tyska utvecklingen.

Finland har som mål att nå 40 MW år 2010 (Photon, 2004). Satt i förhållande till folkmängd motsvarar detta cirka 70 MW för Sverige. Om vi räknar med installationer på 3 kW blir den samlade marknaden cirka 23 000 installationer, eller cirka 4000 per år.

Det tyska taket låg 2002 på 1000 MW. För Sverige torde detta kunna översättas till cirka 100 MW. 100 MW motsvarar ungefär 33 000 anläggningar à 3 kW. Tyskland hade i mitten av 2003 ett bestånd på 350 MW. Det är inte orimligt att anta att beståndet ökar till 1000 MW inom 5 år. För Sveriges del torde spridningsprocessen vara långsammare och vi kan anta att det tar minst ett årtionde (cirka 3300 anläggningar per år) att uppnå ett bestånd på 100 MW. Sverige skulle då släpa efter med minst fem år i förhållande till Tyskland.

Två av instrumenten, gröna certifikat och inmatningslag, kan användas över gränserna. Om den nordiska elmarknaden nyttjas (och sätts i relation till Tysklands 1000 MW) skulle nivån hamna på till 250 MW (ungefär 82 000 anläggningar). Detta skulle innebära en markant ökad stimulans för företag att satsa på solcellstekniken, med alla fördelar i form av utrymme för mångfald och bättre förutsättningar för kostnadsänkningar. Vi menar således att det inte bara finns starka argument för att lagstifta om en inmatningslag utan även att göra detta tillsammans med andra nordiska länder, precis som i fallet den nordiska standarden NMT inom mobiltelefoni. En dylik lag skulle kunna planeras för cirka 2008 men redan nu bör den förberedas och en kommunikation påbörjas för att skapa intresse hos näringslivet. I denna kommunikation är det väsentligt att förklara hur tidiga investerare (genom demonstrationsprogram och frivilliga åtgärder) inte kommer att lida ekonomisk skada av att vara banbrytare.

Kostnaden, utslagen per kWh förbrukad el i Sverige, alternativt Norden, skulle vara modest. Denna går att beräkna mer exakt för alternativet inmatningslag men torde vara av samma storleksordning i fallet gröna certifikat. Om vi antar ett svenskt system och

att taket på 100 MW nås år 2017, blir den maximala kostnaden per år, givet vissa antaganden,²³ 0.3 öre per kWh i hela kraftbalansen.

²³ Vi har gjort följande antaganden: Ersättning för anläggningar installerade 2008 (och under perioden 2005-2007): 6 SEK/kWh (merkostnad 5.65 SEK/kWh) garanterad i 20 år. Ersättningen 2009: 5.7 SEK/kWh (årlig sänkning för nyinstallationer med 5%). Medelproduktion 900kWh/kW. Stödsystemet inkluderar äldre anläggningar installerade i den formativa fasen fram till december 2007 (uppskattat till ca 4 MW) och 96 MW installerade 2008-2017, ca 3 MW/år 2008 ökande till 15 MW/år 2015-2017. Kostnaden har slagits ut på en antagen elkonsument på 130 TWh/år. 2008 uppgår kostnaden då till 0.03 öre/kWh för att sedan stiga och toppa på 0.3 öre/kWh 2017.

7. SLUTSATSER

Det finns goda men inte avgörande energipolitiska argument för en svensk satsning på solceller. En sådan satsning bör dock även bedömas utifrån ett näringspolitiskt perspektiv och utifrån hur hög ambition Sverige har att bidra till en global lösning på klimatfrågan. Kostnader i form av kortsiktig ineffektivitet ställs således mot en möjlig långsiktig omvandling av både industrin och av energisystemet.

En begränsad utveckling av den inhemska marknaden är nödvändig om man vill skapa en starkare svensk position inom solcellsområdet, dels för att skapa en första hemmamarknad för en inhemsk leverantörsindustri, dels för att bygga en inhemsk kompetensbas som kan stödja en möjlig framtida, och mer omfattande spridning om en sådan då anses önskvärd.

Vi föreslår en strategi där Sverige bryter den tidigare inriktningen mot att stödja enbart forskning och att denna kompletteras med marknadsstödjande åtgärder. Med beaktande av de möjligheter som finns att bygga ut både vindkraft och kraftvärme baserat på biobränsle föreslår vi en defensiv strategi. Denna strategi skulle innebära att Sverige följer de ledande länderna med en tidseftersläpning på kanske ett årtionde med avseende på marknads storlek (satt i relation till befolkningen). Marknaden behöver dock vara tillräckligt stor för att ett läroutrymme kan formas där en svensk leverantörsindustri (i bred mening) kan växa fram. Från denna bas kan delar av leverantörsindustrin ta tillvara den snabbt expanderande internationella marknaden samtidigt som en inhemsk kompetensbas kan nyttjas för en vidare spridning av solceller i det svenska kraftsystemet.

Strategin omfattar två distinkta faser. I en första och *formativ* fas är syftet att genom olika medel undanröja eller minska kraften i de ovan nämnda hindren för en spridning av solceller i Sverige. Detta innebär att målet är att få till stånd en vidgad aktörsbas, tätare nätverk, stärkta intresseorganisationer, standarder, certifiering av installatörer samt, i allmänhet, höja medvetenheten och kunskapen om solcellstekniken i samhället. De medel som föreslås användas är dels sådana som skapar incitament för att investera i solceller, dels medel som kompletterar sådana instrument.

Det nyligen föreslagna *ROT bidraget* för offentliga byggnader omfattande omkring 2 MW föreslås förlängas i tiden. Till detta bör läggas ett *långsiktigt demonstrationsprogram* på cirka 3 MW vilket föreslås sträcka sig in i nästa fas. Detta inriktas mot nybyggnation på den privata marknaden. Alla demonstrationsanläggningar bör följas upp med både teknisk och samhällsvetenskaplig analys. En möjlighet är att redan för dessa program införa ”net metering” (alternativt två mätare där den ena mäter el som går till nätet) som ett sätt att få erfarenheter inför en inmatningslag (se nedan). Investeringar som görs inom ramen för dessa två program kan verka tillsammans med *olika solelbörser*, vilka bygger på en betalningsvilja hos enskilda elkonsumenter. Bland demonstrationsprojekten bör vi finna sådana som innehåller oprövad svensk teknik, till exempel den tunnfilmsteknik som nu tas fram i Uppsala. Även *svenskt bistånd* till landsbygds elektrifiering i, till exempel, Afrika, skulle kunna nyttjas för att skapa ett marknadsutrymme för svensk teknik. Ett program på 2 MW skulle kunna vara rimligt. Vi ser det som väsentligt att dessa mindre marknadsutrymmen temporärt avsätts för svensk teknik för att ge svensk industri en möjlighet att lära sig tekniken och få upp en viss volym på verksamheten.

Som *komplement* till dessa program föreslås åtgärder som syftar till att höja medvetenheten om solcellstekniken samt skapa den kompetens och de nätverk som krävs för att den skall kunna spridas. Vi föreslår att demonstrationsanläggningarna nyttjas systematiskt för att nå ut till arkitekter och byggherrar. Vi föreslår även att det skapas en fysisk och en virtuell plattform för möte och erfarenhetsutbyte mellan arkitekter, byggherrar, kraftbolag, entreprenörer, stadsbyggnadsarkitekter, solcellskonsulter, leverantörer av solcellsmoduler samt olika intresseorganisationer. Tillsammans med ytterligare aktörer kan dessa även utgöra en kompetensbas som företräder solcellstekniken i olika fora och säkerställer att solcellsteknikens möjligheter tas till vara. Den virtuella plattformen skulle kunna utgöras av en utvidgning av www.solcell.nu vilken är en portal inriktad mot solcellstekniken. Handböcker/guider behöver tas fram för elektriker, installatörer, energirådgivare etc. Slutligen föreslår vi att utbildningsprogrammen och universitetsforskningen stärks inom området. En professur inom solcellsarkitektur bör skapas.

KÄLLHÄNVISNINGAR

Alsema, E. A. och Niewlaar, E. (2000). Energy viability of photovoltaic systems. *Energy Policy* 28:999-1010.

Andersson, B.A. (2000). Materials availability for large-scale thin-film photovoltaics. *Progress in Photovoltaics* 8: 61-76.

Carlsson, B. and Jacobsson, S. (1997): In search of a useful technology policy - general lessons and key issues for policy makers. In: Carlsson, B (ed.): *Technological Systems and Industrial Dynamics*. Kluwer Press, Boston, pp. 299-315.

Cusumano, (1997), M., Mylonadis, Y., Rosenbloom, R. (1997): Strategic Maneuvring and Mass-Market Dynamics: The Triumph of VHS over Betamax, in Tushman, M., and Andersson, P., *Managing Strategic Innovation and Change*, Oxford.

Dyrkell, J. (2004) En local model för expansion av solcellsanvändande I Göteborgsområdet – Finns det en marknad för en produkt med solel? Examensarbete, Institutionen för industriell dynamik, Chalmers tekniska högskola.

Energimyndigheten (2004): El från solen – energi & industri i Sverige, Energimyndigheten, Eskilstuna.

Haas, R. (2002). Market Deployment Strategies for PV Systems in the Built Environment, Report IEA-PVPS T7-06:2002.

IEA (1999). International Energy Agency. Annual Report 1999, Implementing Agreement on Photovoltaic Power Systems.

IEA (1998-2003). Trends in photovoltaic applications in selected IEA Countries, Rapportserie, International Energy Agency, PVPS Task 1.

IEA (2003). Trends in photovoltaic applications in selected IEA Countries 1992-2002, Rapport IEA PVPS T1-12:2003. International Energy Agency.

IEA (2004a). Trends in photovoltaic applications in selected IEA Countries 1992-2003, Rapport IEA PVPS T1-13:2004. International Energy Agency.

IEA (2004b). International Energy Agency. Energy Technology RDD Statistics. <http://www.iea.org>.

Iida, T. (2004). Renewable energy trend in Japan – political chaos and public willingness toward renewables. Presentation at the workshop: Policies and markets for renewable energies – Setting an agenda for German-Japanese cooperation, Wittenberg, January 22, 2004.

Gabler, H., Heidler, K. and Hoffmann, U. (1997). Market introduction of grid-connected photovoltaic installations in Germany. 14th European Photovoltaic Solar Energy Conference, Barcelona, Spain, 30 June - 4 July.

- Geels, F. W. (2002). Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: a multi-level perspective and a case study. *Research Policy*, vol. 31, Nos. 8-9, pp. 1257-1274.
- Hirschl, B., Hoffmann, E., Zapfel, B., Hoppe-Kilpper, M., Durstewitz, M. and Bard, J. (2002). Markt- und Kostenentwicklung erneuerbarer Energien. 2 Jahre EEG – Bilanz und Ausblick. Erich Schmidt Verlag, Berlin.
- Jacobsson, S. och Alam, G (1994). *Liberalization and industrial development in the Third World. A study of government policy and performance of the Indian and Korean engineering industries*, SAGE Publications, New Delhi.
- Jacobsson, S. och Bergek, A. (2004). Transforming the Energy Sector: The Evolution of Technological Systems in Renewable Energy Technology, *Industrial and Corporate Change*, Volume 13, Number 5, pp.815-849.
- Jacobsson, S. och Lauber, V. (2004). The politics and policy of energy system transformation – explaining the German diffusion of renewable energy technology, accepterad för publicering i *Energy Policy*.
- Jacobsson, S., Sandén, B. A., Bångens, L., (2004). ‘Transforming the energy system - the evolution of the German technological system for solar cells’, *Technology Analysis and Strategic Management*, volume 16, number 1, March, pp 3-30
- Johnson, A. och Jacobsson, S. (2001). Inducement and Blocking Mechanisms in the Development of a New Industry: the case of Renewable Energy Technology in Sweden. Coombs, R., Green, K., Richards, A. & Walsh, V. (eds): *Technology and the Market. Demand, Users and Innovation*. Edward Elgar Publishing Ltd, Cheltenham, pp. 89-111.
- Jiménez, V. (2004). World Sales of Solar Cells Jump 32 Percent. Earth policy institute. <http://www.earth-policy.org/Indicators/2004/indicator12.htm> (accessed Nov 12 2004).
- Karlström, M. och Sandén, B. A. (2004). Selecting and Assessing Demonstration projects: the Case of Fuel Cells and Hydrogen systems in Sweden, *Innovation Management Policy and Practice* 6:286-293.
- Kemp, R., Schot, J. och Hoogma, R. (1998). Regime shifts to sustainability through processes of niche formation: the approach of strategic niche management. *Technology Analysis and Strategic Management* 10: 175-195.
- Eriksson, L. (2004). ROT-avdrag för solceller ska få fart på marknaden. Ny Teknik 21/4 2004.
- Sandén, B. A. (2005). The economic and institutional rationale of PV subsidies, *Solar Energy*, 78:137–146.

Sandén, B. A. och Azar, C. (2005). Near-term technology policies for long-term climate targets, *Energy Policy*, 33:1557-1576.

Schmela, M. (2004). This is a Sharp world, *Photon International*, mars, s. 46-53.

Siemer, J. (2004). A good calculation basis, *Photon International*, januari, s. 24-25.

Smith, A. (2000). Policy networks and advocacy coalitions explaining policy change and stability in UK industrial pollution policy? *Environment and Planning C: Government and Policy*, vol. 18, pp 95-118.

Staiss, F. och Räuber, A. (2002). Strategies in Photovoltaic Research and Development – Market Introduction Programs, 243-256, in Bubenzer, A. and Luther, J. (eds), *Photovoltaics Guidebook for Decision-Makers*. Springer, Heidelberg.

Wolf, M. (1972). Cost goals for silicon arrays for large terrestrial photovoltaics, in: Proceedings of 9th IEEE PV specialist's conference, Silver Spring, MD (1972) 342-350.

Zwaan, B. van der och Rabl, A. (2003). Prospects for PV: a learning curve analysis. *Solar Energy*. **74**:19-31.