



Naturskyddsföreningen

Ge oss kraft
att förändra.
Pg.90 1909-2

Rapport

El från solen – för en
ljusare framtid

Innehållsförteckning

Förord.....	3
1. Bakgrund.....	4
1.1 Energi från solen	4
1.2 Olika tekniker	4
2. Så funkar det.....	6
2.1 Olika typer av solceller	6
2.2 Effektivitet	7
2.3 Potential för solceller i världen	7
2.4 Potential för solceller i Sverige	8
3. Miljökonsekvenser och flaskhalsar.....	10
3.1 Miljökonsekvenser	10
3.2 Flaskhalsar	13
4. Ekonomi och marknad.....	16
4.1 Solceller som jobbskapare	16
4.2 Kostnader för solcellsel	17
4.3 Stödsystem	18
5. Framtid.....	20
6. Slutsatser.....	21

Text: Anna Wolf, Naturskyddsföreningen

Grafisk form: Kristoffer Renberg, Naturskyddsföreningen

Omslagsbild: iStockphoto

Stockholm, 2011

Förord

Energi är en förutsättning för allt liv på jorden och människan har alltid behövt energi. Med dagens västerländska livsstil behövs mer energi än någonsin. Samtidigt är det uppenbart att det nuvarande energisystemet inte är hållbart. Det leder till klimatförändringar genom utsläpp av fossila växthusgaser och är till en stor del baserat på ändliga resurser.

Den akuta situationen för klimatet har fått många att välja att satsa resurser på snabba lösningar som till exempel CCS (infångning och lagring av koldioxid) och ny kärnkraft för att överbrygga till ”framtidens energisystem”. Det är dock viktigt att ha i minnet att konventionella energikällor även är förknippade med en rad andra miljö- och hälsorisker, bland annat vid utvinning av bränsle, som kol och uran, och vid hantering av avfallet.

Eftersom de energislag som baseras på ändliga resurser aldrig kan bli lösningar för framtiden anser Naturskyddsföreningen att sådana satsningar är onödiga och riskerar att skapa lika många problem som de löser. Det som krävs är en kraftig omställning av energisystemet, med satsningar på tillförsel av förnybar energi parallellt med ef-

fektivisering som minskar energibehovet, om vi ska kunna trygga vår energiförsörjning utan att tänja på gränserna för vad planeten tål.

Att omvandla solens strålar till el är inte längre någon avlägsen framtidsteknik, den finns i högsta grad i dag och är redan lönsam i många applikationer. Den teoretiska potentialen för solex är i den närmaste oändlig, några materialbegränsningar verkar inte finnas på medellång sikt och miljöpåverkan är mycket begränsad jämfört med andra energislag. Det som saknas är bara den politiska viljan att skapa incitament för investeringar så att tekniken kan bli konkurrenskraftig och implementeras i stor skala. Genom kraftfulla satsningar på solex och andra förnybara energislag kan vi ta oss till framtiden redan idag!



Svante Axelsson
generalsekreterare Naturskyddsföreningen

1. Bakgrund

Det verkar ibland råda delade meningar i debatten om solcellsteknikernas möjligheter. Vad är mognadsgraden? Hur är den ekonomiska konkurrenskraften och vad är potentialen för en storskalig satsning på solceller på nordligare breddgrader? Utvecklingen av solcellstekniken går fort framåt. Ibland så fort att det som var aktuellt för bara något år sedan kan leda till missuppfattningar och felaktiga slutsatser.

Målet med den här rapporten är att sammanställa aktuell forskning och prognoser rörande solceller inom områden som potential, miljöpåverkan och ekonomi för att ge en samlad bild av det aktuella kunskapsläget. Rapporten tar kortfattat upp andra tekniker för att ta tillvara på energi från solen, men fokus ligger på solceller i ett svenskt perspektiv.

1.1 Energi från solen

Energi kan aldrig förstöras eller produceras, den kan bara omvandlas till olika former som tillgodoser olika behov som el, värme och kemisk energi. Det enda tillskott av energi vi har till jorden kommer från solens strålar. De ger upphov till flera olika energiformer som använts i tusentals år, som bioenergi och vindenergi. Tekniken att aktivt omvandla solens strålar direkt till el och högvärdig värme genom solceller och solfångare befinner sig, vid en jämförelse med bio- och vindenergi, ännu i sin barndom.

Utvecklingen går dock snabbt framåt och tack vare den praktiskt taget obegränsade tillgången på solenergi och de mycket låga utsläppen under driftsfasen har solenergi länge varit en av de populäraste förnybara energiteknikerna. Den positiva profilen har förstärkts genom senare års forskning som visat på positiv energibalans och låga utsläpp. En annan

fördel med solenergi är att den finns tillgänglig överallt på jorden, om än i varierande intensitet.

1.2 Olika tekniker

Det finns fyra huvudsakliga alternativ för att ta tillvara på den energi som solen ger: solceller som ger el direkt, solfångare som ger värme, koncentrerad solenergi (eller CSP, från engelskans "Concentrating Solar Power") samt passiv solenergi. Det forskas även på andra tekniker, till exempel soltorn som producerar el genom att varm luft stiger uppåt och driver en turbin. Fokus för den här rapporten är solceller, men nedan ges en översiktlig sammanfattning av de olika teknikerna.

Passiv solvärme

I så kallade passivhus utnyttjar man den naturliga instrålningen av solljus och solvärme till uppvärmning genom placering, läge, utformning på byggnaden, fönstrens egenskaper och byggnadsmaterial. Detta kan minska kostnader och energibehov för uppvärmning och belysning. Under vissa förhållanden kan man bygga hus som i princip inte behöver någon annan energi än den värme som solen ger tillsammans med värmen från människor och apparatur i huset.

Solfångare

I en solfångare absorberas solvärmens av en mörk yta och värmer upp vatten i en ackumulatortank. Vattnet kan sedan användas som varmvatten eller för uppvärmning av olika lokaler. Det finns flest solfångare i Kina som står för cirka 75 procent av världsmarknaden. Europa kommer på andra plats med en för närvarande lika positiv utveckling som i

1 Svensk Solenergi (2010) <http://www.svensksolenergi.se/>

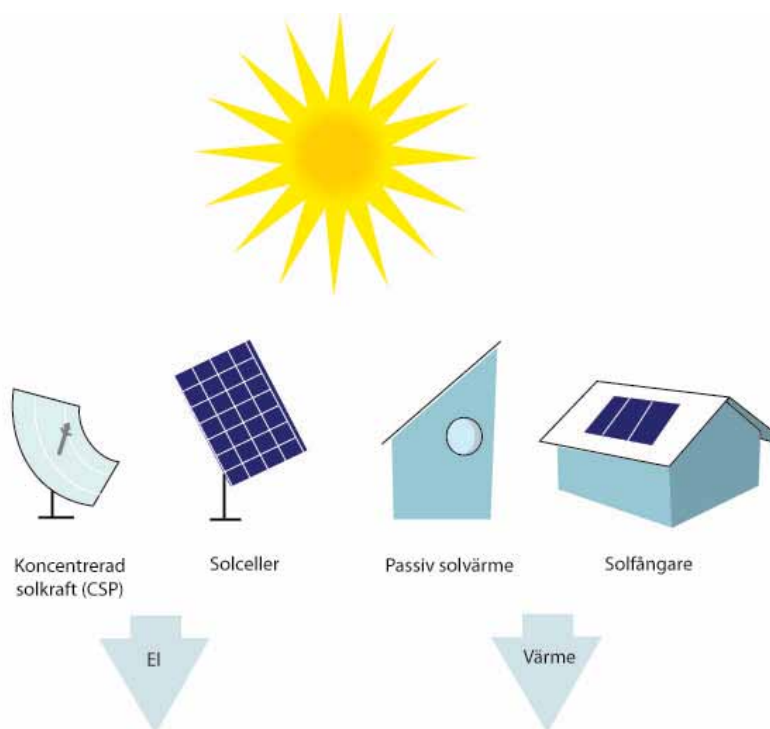


Fig 1. Olika tekniker

Kina¹. I Europa finns det flest solfångare i Tyskland, men räknat per capita ligger Cypern, Grekland och Österrike långt före övriga länder i Europa.

Solfångare har länge varit populärt i Sverige. Här finns goda förutsättningar för att klara av stora delar av hushållens varmvattenbehov med hjälp av solvärme. Enligt branschföreningen Svensk solenergi räcker 5 m² solfångare på ett villatak för att tillgodose hälften av hushållets varmvattenbehov².

Koncentrerad solenergi

Koncentrerad solenergi, eller CSP (Concentrating Solar Power), är en teknik som baseras på att solfångare värmer vatten som driver en ångturbin. Tekniken antas kunna användas för storskalig elproduktion i ökenområden för leverans till EU och andra delar av världen^{3,4}. Nackdelen med CSP är att den kräver både stor area och kylsystem vilket kan leda till oönskade effekter på lokal miljö och vattenförsörjning om man inte är noga med lokaliseringen. En annan nackdel är att den kräver direkt solljus och alltså inte genererar någon el under molniga förhållanden⁵. Detta gör CSP mindre lämplig för nordeuropeiska förhållanden.

Bland fördelarna kan nämnas att tekniken kan utnyttja mark som inte används till annat, till exempel i ökenområden. Placerar ett CSP-kraftverk vid kusten kan det dessutom leverera avsaltat havsvatten som biprodukt. En annan fördel jämfört med solceller är att tekniken har en viss energilagringssmöjlighet som kan utjämna dygnsvariationer. Världens största solkraftverk med en effekt på 1000 MW ska byggas i USA och beräknas leverera ca 2,2 TWh per år⁶.

Solceller

En solcell är en tunn skiva eller film av ett halvledarmaterial där det uppstår en spänning mellan framsidan och baksidan när den träffas av solljus. Det finns ett flertal olika solcellsteknologier där kristallina kiselceller är den dominerande tekniken på marknaden med över 80 procent av marknadsandelarna 2009⁷. De olika solcellsteknikerna lämpar sig för olika applikationer, till exempel beroende på om pris eller effektivitet är viktigast, om systemet är fristående eller kopplat till elnätet och om det är byggnadsintegrerat eller inte. De har även alla lite olika problem kopplat till tillverkningsprocess och materialtillgång.

² Ibid.

³ Desertec (2010) www.desertec.org

⁴ MacKay D (2009). Sustainable energy – without the hot air. www.withouthotair.com

⁵ Ibid.

⁶ Ny Teknik (2010) http://www.nyteknik.se/popular_teknik/teknikrevyn/article2474916.ece

⁷ JRC (2010). PV Status Report 2010, JRC Scientific and Technical Reports. <http://www.jrc.ec.europa.eu>

2. Så funkar det

2.1 Olika typer av solceller

De två viktigaste typerna är kristallina kiselceller och tunnfilmssolceller som står för ungefär 80 respektive 20 procent av marknaden.

Kristallina kiselceller

Kiselceller består av tunna skivor kisel som dopats med små mängder andra grundämnen för att bli ledare, till exempel fosfor och bor eller aluminium. En enskild solcell ger en låg spänning, ca 0,5 volt, den är bräcklig och är känslig för fukt. Därför seriekopplas celler för att få praktiskt användbara spänningar. De seriekopplade cellerna skyddas mot fukt, mekaniska belastningar och beröring genom att de inkapslas i ett laminat som får en ram och bildar en solcellsmodul. Framsidan av modulen är av ett transparent material, vanligen glas. För baksidan finns en större frihetsgrad vid val av material. Glas och teflonduk är vanligt förekommande⁸. Kiselceller kan delas upp i monokristallina och polykristallina solceller, där de polykristallina är vanligast, med ca 45–50 procent av den totala solcellsmarknaden.

Tunnfilmssolceller

I tunnfilmssolceller läggs en följd av tunna skikt på ett substrat. Substratet är oftast glas, men kan även vara kapton, rostfritt stål etc. De deponerade skikten är framsideskontakt, aktivt material och baksideskontakt. Innehållet i det aktiva materialet brukar vara namngivande för aktuell tunnfilms-teknik. Det kan till exempel vara amorft kisel (a-Si), Cu(InGa)Se₂ (CIGS) eller Kadmiumtellurid (CdTe)⁹.

A-Si, amorft kisel

Denna tunnfilmsteknik bygger på kiselatomer som inte är

ordnade i kristaller. Tillverkning av cellerna kan göras vid relativt låga temperaturer (75 grader) vilket gör det möjligt att applicera dem på exempelvis plast. Kiselätgången vid tillverkning av solceller med amorft kisel är betydligt lägre än vid tillverkning med kristallint kisel. A-Si celler har låg effektivitet men även låg kostnad och kan appliceras på många olika material. Användningsområdet är främst byggnadsintegrerade tillämpningar och elektronik¹⁰.

CdTe, kadmiumtellurid

Kadmiumtellurid är en halvledare och kan ordnas i en kristall. Att tillverka CdTe-solceller är relativt billigt och trots en något lägre verkningsgrad än kristallint kisel är det troligen en av de billigaste teknikerna¹¹. CdTe är dock ett giftigt ämne som måste hanteras varsamt. Tellurid är dessutom ett mycket ovanligt ämne i jordens skorpa.

CIGS, Cu(In,Ga)Se₂ (koppar-indium-gallium-diselenid)

CIGS är liksom kisel ett halvledarmaterial. CIGS-solceller är inte lika effektiva som de kristallina kiselcellerna på att omvandla solljus till elektricitet. Troligen kan de dock produceras till en mycket lägre kostnad. CIGS-solceller kan tillverkas på flera olika sätt, varav ett är att bygga upp flera tunna lager på en glasskiva¹². Förutom de ovan nämnda ämnena används även molybden, kadmiumdisulfid, zinkoxid och aluminiumdopad zinkoxid i solcellsuppbyggnaden¹³.

Två av de största problemen med CIGS-solcellstekniken är användningen av kadmium, som är en miljöfarlig tungmetall, och den begränsade tillgången på indium. Vid Ångströmlaboratoriet i Uppsala pågår forskning för att eliminera det kadmiuminnehållande skiktet och för att redu-

8 Elforsk (2010) <http://www.solelprogrammet.se/Om-solcellstekniken/Hur-fungerar-solcellen1/>

9 Ibid.

10 Rauegi and Frankl (2009) Life cycle impacts and costs of photovoltaic system: Current state of the art and future outlooks. Energy 34:392-399

11 Elforsk (2010) <http://www.solelprogrammet.se/Om-solcellstekniken/Hur-fungerar-solcellen1/>

12 Ångströmlaboratoriet (2010) <http://www.asc.angstrom.uu.se/sv/nastageneration.html>

13 Elforsk (2010) <http://www.solelprogrammet.se/Om-solcellstekniken/Hur-fungerar-solcellen1/>

cera konsumtionen av indium och gallium genom att minska CIGS-skiktets tjocklek med bibehållen verkningsgrad¹⁴.

Andra solcellstekniker

Det finns även tekniker som befinner sig på forskningsstadiet, till exempel fotokemiska celler och celler med extra hög effektivitet och avancerade material. Organiska solceller, solceller baserade på organiska halvledarmaterial som kan appliceras på flexibla material, är på väg ut på marknaden i särskilda tillämpningar¹⁵.

2.2 Effektivitet

Effektiviteten hos kommersiella kiselmoduler varierar mellan 12 och 20 procent, där monokrystallina solceller har en något högre effektivitet¹⁶. Målet för kommersiell utveckling på medellång sikt är att nå en effektivitet på 25 procent¹⁷. De bästa tunnfilmssolcellerna på marknaden har idag en verkningsgrad runt 13 procent, men i laboratorieförsök har man uppnått drygt 20 procent¹⁸. Teknikutvecklingen går snabbt framåt, men det finns en teoretisk gräns. För en enkel solcell ligger den teoretiska verkningsgraden på ca 30 procent¹⁹.

När man pratar om effektivitet hos solceller måste man hålla i beaktande att solljuset är gratis. Det är därför missvisande att jämföra effektiviteten för solceller med effektiviteten för bränslebaserade produktionsmetoder, som till exempel biomassa och kolkraft. Det är ändå viktigt att

uppnå en hög effektivitet för solceller eftersom det leder till ett mindre behov av material och yta, samt lägre kostnad, per producerad kWh. För vissa applikationer kan dock priset per installerad watt vara avgörande varför man kan acceptera en något lägre effektivitet.

2.3 Potential för solenergi i världen

Uppskattningarna av potentialer för solceller i världen på medellång till lång sikt varierar kraftigt. För år 2020 uppskattas potentialen till mellan 30 och 439 GW och för år 2050 mellan 420 och 4318 GW om man jämför scenarier från IEA^{20,21} och Greenpeace²² (Tabell 1). En bedömning är att EU:s Strategic Energy Technology (SET) Plan räknar med 400 GW i Europa år 2020²³.

Vissa forskare uppskattar att man kan få en ännu högre installerad effekt år 2050 under vissa förutsättningar, som till exempel att energilagringsskapaciteten utvecklas snabbt²⁴. Siffrorna kan jämföras med att det skulle behövas 20 000 GW installerad effekt för att tillgodose dagens elbehov med solceller av genomsnittlig effektivitet idag²⁵. Hur stor andel av elbehovet år 2020 och 2050 som kan täckas av solceller i de olika scenarierna i tabellen beror således helt på hur elbehovet utvecklas. Enligt IEA kan el från solen stå för 20 till 25 procent av den globala elproduktionen år 2050, inkluderat både solceller och koncentrerad solkraft²⁶.

Den teoretiska potentialen för el från solen i världen är

14 Ångströmlaboratoriet (2010) <http://www.asc.angstrom.uu.se/sv/nastageneration.html>

15 JRC (2010). PV Status Report 2010, JRC Scientific and Technical Reports. <http://www.jrc.ec.europa.eu>

16 Ibid.

17 Raugei and Frankl (2009) Life cycle impacts and costs of photovoltaic system: Current state of the art and future outlooks. Energy 34:392-399

18 Ångströmlaboratoriet (2010) <http://www.asc.angstrom.uu.se/sv/nastageneration.html>

19 Ibid.

20 IEA (2008) Energy Technology Perspectives – scenarios and strategies to 2050 ISBN 9789264041424

21 IEA (2010) Technology Roadmap, Solar photovoltaic energy

22 Greenpeace and EREC (2010), Energy (R)evolution 2010, report

23 Förnybart.nu (2010) Kostnad för ny elproduktion

24 Raugei and Frankl (2009) Life cycle impacts and costs of photovoltaic system: Current state of the art and future outlooks. Energy 34:392-399

25 Givet att dagens elförbrukning är 2x10¹³ kWh (15) och beräknad elproduktion är 1000 kWh/KWp installerad. Greenpeace & EPIA (2008) Solar Generation V

26 IEA (2010) Technology Roadmap, Solar photovoltaic energy

dock mycket större än vad som uppskattats i tabell 1. Den solenergi som träffar jordens yta under en timme räcker för att tillgodose hela världens energibehov under ett år²⁷ och mindre än 5 procent av Saharas yta, skulle teoretiskt räcka för att tillgodose hela världens elförbrukning. I ett globalt perspektiv sammanfaller variationerna av solinstrålningen väl med elförbrukningen på årsbasis eftersom mycket energi går åt till att driva kylanläggningar i varmare klimat.

Resurstillgången är troligen inte något problem för kisel-solceller på lång sikt då kisel är ett av de vanligaste ämnena på jorden²⁸. För tunnfilms-solceller som CIGS begränsar indiumtillgången utvecklingspotentialen²⁹. Det som främst styr den potentiella utvecklingen är istället ekonomi, lagstiftning och begränsningar i elnät och lagringskapacitet. En intressant jämförelse visar dessutom att den nuvarande installerade kapaciteten i världen (32–37 GW) redan överstiger IEAs Referensscenario för 2020 på 30 GW och dessutom överstiger de allra mest optimistiska bedömningarna som gjordes för år 2010 i mitten av 90-talet³⁰.

2.4 Potential för solenergi i Sverige

Solen är en enorm tillgång. Ett vanligt villatak tar emot ca fem gånger mer energi än husets totala energianvändning under ett år³¹. Solinstrålningen varierar inte mycket mellan norra och södra Sverige och är av samma storleksordning som i Tyskland, som är världens ledande solcellsnation. Medelvärde för den årliga solinstrålningen i Sverige är mel-

Tabell 1:
Uppskattningar av potentialer för sol i världen

Modell	2020 (GW)	2050 (GW)
Greenpeace Reference scenario	80	420
Greenpeace (R) evolution Scenario	355	2968
Greenpeace Advanced Scenario	439	4318
IEA Reference Scenario	30	-
IEA ACT Map	80	600
IEA Blue Map	130	1150
IEA PV Technology Roadmap	210	3155

27 Raugei and Frankl (2009) Life cycle impacts and costs of photovoltaic system: Current state of the art and future outlooks. Energy 34:392-399

28 Linus Palmblad, Energimyndigheten. Personlig kommunikation.

29 Vattenfall (2005) Livscykelanalys av Vattenfalls el i Sverige

30 JRC (2010). PV Status Report 2010, JRC Scientific and Technical Reports. <http://www.jrc.ec.europa.eu>

31 Svensk Solenergi (2010) <http://www.svensksolenergi.se/>



Foto: iStockphoto

lan 800 och 1000 kWh/m² beroende på breddgrad och lokalt klimat³². Solfångare ger från 300 till 700 kWh/m² och år medan solceller genererar 50 till 150 kWh elektricitet per m² och år, beroende på vilken typ av system man använder.³³

Solcellernas effekt minskar om solinstrålningens intensitet minskar. Men effekten kan fortfarande vara upp till 50 procent även vid molnighet³⁴. På natten ger solcellerna ingen effekt. Därför kan variationerna behöva utjämnas med energilagring eller reglerkraft, beroende på om systemet är nätanslutet eller inte. Solcellerna fungerar bättre vid låga temperaturer, men vintertid kan solen stå för lågt för att ge maximal effekt. Enligt Ångströmlaboratoriet är mars en utmärkt solelmånad i Sverige.

Energimyndigheten har gjort en sammanställning av potentialbedömningar från olika aktörer avseende el från solceller som underlag till rapporten Energi som miljömål³⁵. De flesta aktörer bedömer den långsiktiga potentialen till mellan 5 och 10 TWh.

Enligt Energimyndigheten är den installerade effekten från solceller i Sverige idag ungefär 9 MW, vilket uppskattas leverera ca 6,75 GWh per år³⁶. Svensk Solenergi, har presen-

terat ett planeringsmål om 4 TWh solel och 4 TWh solvärme i Sverige år 2020. Detta förslag bedömer även Förnybart.nu vara ett rimligt mål³⁷. Förslaget innebär en utbyggnadstakt på omkring 0,33 TWh per år för el- respektive värmeproduktion. För elproduktion kan en jämförelse göras med planeringsmålet för vindkraft på 30 TWh, som innebär en utbyggnad på 2,3 TWh per år³⁸. Den totala elförbrukningen i Sverige var 144 TWh år 2008³⁹.

32 Ibid.

33 Ibid.

34 Ångströmlaboratoriet (2010) <http://www.asc.angstrom.uu.se/sv/nastageneration.html>

35 Energimyndigheten (2007). Tillgång på förnybar energi. Underlagsrapport till ET2007:21 Energi som miljömål, ER 2007:20

36 Linus Palmblad, Energimyndigheten. Personlig kommunikation.

37 Förnybart.nu (2010) Kostnad för ny elproduktion

38 Ibid.

39 Energimyndigheten (2009) Energiläget 2009 ET2009:28

3. Miljökonsekvenser och flaskhalsar

3.1 Miljökonsekvenser

Solcellernas huvudsakliga miljöpåverkan sker vid tillverkningen. Materialval och energiåtgång under produktionen står för de enskilt största delarna av solcellernas miljöpåverkan.

Materialval

Vid tillverkning av kiselceller används metaller och mineraler som aluminium, koppar och silver. De områden där solceller har stor påverkan jämfört med andra kraftslag är kväveoxider och kopparåtgång⁴⁰. Genom att reducera eller helt utesluta användningen av aluminiumramar skulle man kunna minska påverkan väsentligt enligt viss forskning⁴¹.

I tunnfilmssolceller av CIGS-typ finns ett tunt buffertskikt som vanligtvis innehåller kadmium (kadmiumsulfid, CdS). Forskning pågår bland annat vid Ångströmlaboratoriet i Uppsala för att utveckla solceller utan kadmium.^{42 43} Enligt Ångströmlaboratoriet är skiktet så tunt (~50 nm) att koncentrationen anses ofarlig om man exempelvis mal ner uttjanta CIGS-solceller, men kadmiumhanteringen kan bli ett problem i produktionsledet och man arbetar därför för att försöka ersätta CdS-skiktet med Cd-fria buffertskikt med bibehållen hög verkningsgrad.

Energiåtgång

För att göra konventionella kiselceller krävs mycket energi. Det hävdas ibland att det går åt mer energi för att producera solceller än vad de kan leverera under sin livstid, det vill säga att de skulle ha en negativ energibalans. Detta påstående stämde möjligen under solcellernas barndom på 1950-talet, men dagens kiselceller har en energiåterbetalningstid på tre till fem år och en livslängd på 25–30 år, även vid lägre solinstrålning, enligt flera vetenskapliga studier^{44 45 46}. I södra Europa är energiåterbetalningstiden ca 2 år för kiselceller^{47 48}. Det kan antas att de solceller som produceras idag genererar minst fyra till sex gånger så mycket, och uppemot tolv gånger så mycket i soliga regioner, energi som krävs i tillverkningen. Det förekommer ibland energiåterbetalningstider som är betydligt högre i debatten. Detta beror antingen på att uppgifterna är gamla eller på att man har jämfört siffror med olika enheter och missat att räkna om energiåtgången till primärenergi⁴⁹.

Växthusgasutsläpp

Växthusgasutsläppen från solceller är låga jämfört med fossilbaserad el, men ligger ofta något högre än för andra förnybara kraftslag. Siffror från 1990-talet och tidigare visar ofta på växthusgasutsläpp upp till 250 g CO₂ eq/kWh^{50 51}. Nyare

40 Vattenfall (2005) Livscykelanalys av Vattenfalls el i Sverige

41 Laleman, Albrecht, Dewulf (2010) Life Cycle Analysis to estimate the environmental impact of residential photovoltaic systems in regions with a low solar irradiation. Renewable and Sustainable Energy Reviews, In press. Doi:10.1016/j.rser.2010.09.025

42 Ångströmlaboratoriet (2010) <http://www.asc.angstrom.uu.se/sv/nastageneration.html>

43 Energimyndigheten (2010) Energifakta – www.energimyndigheten.se

44 Laleman, Albrecht, Dewulf (2010) Life Cycle Analysis to estimate the environmental impact of residential photovoltaic systems in regions with a low solar irradiation. Renewable and Sustainable Energy Reviews, In press. Doi:10.1016/j.rser.2010.09.025

45 Dincer F (2010) The analysis on photovoltaic electricity generation status, potential and policies of the leading countries in solar energy. Renewable and Sustainable Energy Reviews article in press. Doi:10.1016/j.rser.2010.09.026

46 Varun, Bhat, Prakash (2009) LCA of renewable energy for electricity generation systems - A review. Renewable and Sustainable Energy Review 13:1067-1073

47 Greenpeace & EPIA (2008) Solar Generation V

48 EUPV 2010, EU PhotoVoltaic Technology Platform, Photovoltaic Fact Sheets, www.eupvplatform.org

49 Laleman, Albrecht, Dewulf (2010) Life Cycle Analysis to estimate the environmental impact of residential photovoltaic systems in regions with a low solar irradiation. Renewable and Sustainable Energy Reviews, In press. Doi:10.1016/j.rser.2010.09.025

50 Raugei and Frankl (2009) Life cycle impacts and costs of photovoltaic system: Current state of the art and future outlooks. Energy 34:392-399

51 Varun, Bhat, Prakash (2009) LCA of renewable energy for electricity generation systems - A review. Renewable and Sustainable Energy Review 13:1067-1073

Tabell 2:
Växthusgasutsläpp för olika kraftslag, exempel från olika undersökningar

Kraftslag	GWP, g CO ₂ -ekvivalenter per kWh	Källa
Kärnkraft	66	(Fotnot 1) medelvärde
	20	(Fotnot 2) medelvärde
Solceller	32	(Fotnot 1)
	70	(Fotnot 2) medelvärde
	21-34	(Fotnot 3)
Vindkraft	9-10	(Fotnot 1)
	20	(Fotnot 2) medelvärde
Kolkondens	1000	(Fotnot 4)
	1080	(Fotnot 2)
Gaskombi	400	(Fotnot 4)
	530	(Fotnot 2)
Europeisk elmix	400	(Fotnot 5)
Nordisk elmix	70	(Fotnot 5)

Energimyndighetens värden verkar endast avse koldioxidutsläpp och alltså inte total växthusgaspåverkan.

Från vissa energislag, till exempel solceller, vindkraft och kärnkraft är växthusgasutsläppen indirekta och kommer till största delen från den energi som går åt vid tillverkning, utvinning av råvara och avfallshantering. Därför beror värdena på vilken miljövärdering man gör av den el och värme som går åt i produktionssystemet. Ibland används marginalet i beräkningar; vilket i Sverige har antagits vara kolkondens på kort sikt (det produktionsslag som kör igång om efterfrågan ökas på kort sikt i det europeiska systemet) och gaskombi på lång sikt (de produktionsslag som antas byggas i det europeiska systemet i fall efterfrågan ökar stabilt)⁶. I vissa beräkningar används även historisk elmix med olika geografisk avgränsning, till exempel nordisk eller europeisk elmix vilket oftast ger lägre värden på utsläppen. Vilket som är lämpligast val i olika tillämpningar kan diskuteras^{4,7} men det är viktigt att veta att valet påverkar växthusgasutsläppen betydligt.

1 Sovacool BK (2008) Valuing the greenhouse gas emissions from nuclear power: A critical survey. Energy Policy 36:2940-2953

2 Laleman, Albrecht, Dewulf (2010) Life Cycle Analysis to estimate the environmental impact of residential photovoltaic systems in regions with a low solar irradiation. Renewable and Sustainable Energy Reviews, In press. Doi:10.1016/j.rser.2010.09.025

3 Raugei and Frankl (2009) Life cycle impacts and costs of photovoltaic system: Current state of the art and future outlooks. Energy 34:392-399

4 Energimyndigheten (2008) Koldioxidvärdering av energianvändning Vad kan du göra för klimatet? Underlagsrapport

5 Gode, Byman, Persson & Trygg (2009) Miljövärdering av el ur systemperspektiv, Elforskrapport B1882

6 Energimyndigheten (2006) Miljövärdering av el, Marginalet och medelel. Underlagsrapport Statens Energimyndighet

7 Naturskyddsföreningen (2010) Räkna med Bra Miljöval, En handledning till miljövärdering av el.

forskning visar på siffror mellan ca 50 och 120 g CO₂eq/kWh för kristallina kiselceller (20, 23). Vissa forskare menar att utsläppen är ner mot 21–34 g/kWh beroende på teknik⁵², där tunnfilmsbaserade celler som CdTe ofta har något lägre utsläpp än kristallina celler. Laleman et al.⁵³ har gjort en jämförelse mellan utsläpp från flera olika vetenskapliga studier och fann att medelvärdet för växthusgasutsläppen från el producerad med kristallina kiselceller i regioner med låg solinstrålning var 70 g CO₂ eq/kWh. I regioner med högre instrålning kan man anta att utsläppen blir lägre eftersom produktionen ökar.

Det förekommer många olika siffror på växthusgasutsläppen även på konventionellt producerad el (se faktaruta). Till exempel varierar siffror på utsläppen från kärnkraftsel mellan 5 g CO₂eq/kWh och 100 g CO₂/kWh⁵⁴. Spridningen beror till stor del på vilka antaganden som gjorts vid beräkningarna. Faktorer som livslängd, egenskaper hos kraftverket, materialval och vilken energimix som används i produktionen har stor betydelse. För el från solceller och flera andra förnybara energikällor som vindkraft och vattenkraft kommer huvuddelen av växthusgasutsläppen från energiåtgången vid tillverkningen, som man räknar till stor del är baserad på fossila bränslen⁵⁵. Detta betyder att utsläppen skulle vara betydligt lägre i ett framtida energisystem baserat på förnybara energikällor! Utsläppen från fossila bränslen sker till stor del vid förbränningen och kan därför aldrig reduceras på annat sätt än genom CCS, avskiljning och lagring av koldioxid.

Lokala miljöeffekter

Etablering av en solcellsanläggning har potential att ge väldigt låga miljökonsekvenser, förutom estetisk påverkan, förutsatt att anläggningen placeras på ett bra sätt. Det finns anledning att vara vaksam vid placering av stora, fristående, anläggningar så att de inte påverkar känsliga ekosystem och skapar barriäreffekter.

En fördel är att solceller kan integreras i befintlig byggnation och alltså inte kräver någon egen yta eller ger upphov till några ytterligare lokala miljöeffekter. Enligt EPIA⁵⁶ kan installationer på tak bidra med upp till 40 procent av elförörningen i EU. Byggnadsintegration av solceller har även andra miljöfördelar såsom⁵⁷:

- Andra byggmaterial ersätts
- Solceller som integreras i klimatskalet kan nyttja den värme som alstras på baksidan av cellen exempelvis till förvärmning av tilluft
- Solceller utanför klimatskalet kan dubbelutnyttjas exempelvis vid solavskärmning, då solen hindras från att skapa övertemperaturer i byggnaden samtidigt som elenergi produceras
- Lokal elproduktion minskar överföringsförlusterna

Återvinning

Det är främst lamineringsskiktet och de elektriska kontaktorna som åldras vilket gör att stora delar av solcellerna kan återvinnas när de tjänat ut^{58,59}. Det finns en organisation som specialiserat sig på återvinning av solceller, PV Cycle.org.

52 Raugei and Frankl (2009) Life cycle impacts and costs of photovoltaic system: Current state of the art and future outlooks. Energy 34:392-399

53 Laleman, Albrecht, Dewulf (2010) Life Cycle Analysis to estimate the environmental impact of residential photovoltaic systems in regions with a low solar irradiation. Renewable and Sustainable Energy Reviews, In press. Doi:10.1016/j.rser.2010.09.025

54 Ptenakis and Kim (2007) Greenhouse gas emissions from solar electric- and nuclear power. Energy Policy 35:2549-2557

55 Laleman, Albrecht, Dewulf (2010) Life Cycle Analysis to estimate the environmental impact of residential photovoltaic systems in regions with a low solar irradiation. Renewable and Sustainable Energy Reviews, In press. Doi:10.1016/j.rser.2010.09.025

56 EPIA (2010) http://www.epia.org/fileadmin/EPIA_docs/public/100623_PR_BIPV_EN.pdf

57 Energimyndigheten (2009) – Solceller Informationsbroschyr

58 Linus Palmblad, Energimyndigheten. Personlig kommunikation.

59 PVcycle (2010). www.pvcycle.org

3.2 Flaskhalsar

Elnätet i Sverige är väl utvecklat och en begränsad mängd solcellsel skulle inte innebära några bekymmer i nuläget. Enligt energimyndigheten är det dock svårt att säga hur en storskalig utbyggnad av solceller i Sverige (mer än 10 procent av produktionen) skulle påverka energisystemet (se faktaruta). Upp till en viss nivå kan man klara sig utan lagring genom att utnyttja vattenkraften som reglerkraft, men vid en nivå över 10 TWh/år måste andra lagringsformer till⁶⁰.

Materialtillgång

Kisel är ett av de vanligaste ämnena på jorden och materialtillgången medför därför inga problem på lång sikt⁶¹. Enligt en studie av Greenpeace och EPIA (16) kan kiselutvinningen bli en tillfällig flaskhals eftersom det tar tid att starta upp ny produktionskapacitet. Kiselutvinning är dessutom energikrävande och solcellsindustrin konkurrerar med annan elektronikindustri om tillgångarna. Produktionskapaciteten för kisel i världen förväntas ligga mellan 140 000 ton och 250 000 ton 2012⁶². Kapaciteten för solcellsproduktion varierar dessutom med materialåtgången. Kiselbehovet kan gå ner från nuvarande 8 g/Wp till 6–7 g/Wp⁶³. Enligt EPIA⁶⁴ och flera forskare⁶⁵ behöver inte materialtillgången innebära några begränsningar medan andra hävdar att silvertillgången kan bli ett problem på medellång sikt om tillväxten blir stor⁶⁶.

Den potentiella produktionen av CIGS-solceller begränsas med dagens teknik av tillgången på indium. Enligt Ångströmlaboratoriet skulle det inte gå att med dagens teknik tillverka CIGS-solceller som täcker hela världens elbe-

hov eftersom de kända indiumtillgångarna räcker inte till. Forskning pågår dock för att utveckla CIGS-solceller med mindre materialåtgång⁶⁷.

Energilagring

Eftersom solen är en så kallad intermittent energikälla behöver energin kunna lagras för att tillgodose behovet även när solen inte lyser. Mycket forskning pågår för att lösa problematiken kring energilagring och många olika tekniker har förts fram som alternativ (se faktaruta). Flera av alternativen dras dock med miljöproblem och problem med materialtillgång vilket gör att det finns en risk att förnybara energislag kan leda till indirekta miljöeffekter.

Ett alternativ till energilagring är att styra förbrukningen så att den matchar produktionen. Detta är främst möjligt för elproduktionen då värmeförbrukningen är svårare att styra. Mycket forskning pågår kring smarta elnät, Smart Grids, som känner av tillgången och skickar prissignaler till kunderna för att styra efterfrågan, till exempel genom att köra tvättmaskinen eller värma huset då tillgången på el är hög. Smart Grids ska även klara av småskalig elproduktion genom smarta elmätare och nettoavräkning, så att brukarna både kan följa sin elanvändning i realtid och producera sin egen el och sälja överskottet till nätet⁶⁸. Idéer har även förts fram på att använda en framtida fordonsflotta av elbilar för att balansera elsystemet genom att kunna laddas när tillgången är hög och sedan föra tillbaks el till nätet när det uppstår brist. Detta kräver dock avancerad teknik. Enklare är att direkt påverka kunderna att reglera sin användning efter tillgången, men

60 Ångströmlaboratoriet (2010) <http://www.asc.angstrom.uu.se/sv/nastageneration.html>

61 Linus Palmblad, Energimyndigheten. Personlig kommunikation.

62 JRC (2010). PV Status Report 2010, JRC Scientific and Technical Reports. <http://www.jrc.ec.europa.eu>

63 Ibid.

64 EPIA (2009) Set for 2020 Solar Photovoltaic Electricity: a mainstream power source. <http://www.epia.org>

65 Feltrin and Freundlich (2008) Material considerations for terawatt level deployment of photovoltaics. *Renewable Energy* 33: 180-185

66 Lloyd and Forest (2010). The transition to renewables: can PV provide an answer to the peak oil and climate change challenges? *Energy Policy* 38: 7378-7394

67 Ångströmlaboratoriet (2010) <http://www.asc.angstrom.uu.se/sv/nastageneration.html>

68 Greenpeace and EREC (2010), *Renewables 24/7*, Report.

det krävs stora prisskillnader på el så det blir lönsamt till exempel att köra tvättmaskinen på natten.

Att bygga ut förbindelserna mellan regioner och länder så att elen kan flyttas dit den behövs är ytterligare ett alternativ till att lagra energin. Danskarna använder till exempel el från den svenska och norska vattenkraften för att balansera sin vindkraft (se faktaruta). Värme är svårare att transportera långa sträckor annat än i fasomvandlingsmaterial vilket begränsar överföringen.

Fakta: Elproduktionssystemet

El kan inte lagras i nätet utan måste tillföras i samma ögonblick som den används. Genom att olika typer av kraftslag kombineras i elproduktionssystemet balanseras tillgång och efterfrågan. I Sverige ansvarar Svenska Kraftnät för att det hela tiden är balans mellan produktion och förbrukning av el i hela landet.

Baskraft

Baskraft är kraftverk som levererar el jämnt under året. Kärnkraft, vattenkraft och kraftvärmeverk är basen i vårt elproduktionssystem i Sverige. Under senaste året har dock kärnkraften dragits med så stora driftsstörningar att dess roll som baskraft ifrågasatts⁶⁹. I Europa är det ofta kolkondenskraftverk som är baskraft och det förekommer att Sverige importerar kolkondensel vid hög förbrukning.

Reglerkraft

Reglerkraft kallas anläggningar vars produktion enkelt kan ändras efter förändringar i elanvändningen, till exempel vattenkraft.

Reservkraft

Dessutom behövs anläggningar för reservkraft, som kan sättas igång vid extrema elbehov, så kallad topplast, och vid störningar i elnät eller andra produktionsanläggningar. I Sverige utnyttjas oljeeldade kondenskraftverk under kortare perioder när elförbrukningen är hög. Även gasturbiner används som reserv, men den årliga drifttiden är mycket kort.

Intermittenta kraftslag

Intermittent, eller tillfällig, kraft kallas de kraftslag som varierar i produktion med tillgången på energikällan, till exempel sol och vindkraft. Om energilagringssmöjligheter saknas är dessa kraftslag beroende av reglerkraft för att balanseras i systemet. Fördelen med dessa kraftslag är att energin är gratis och man kan således spara på den begränsade energin i baskraften, exempelvis biobränsle eller vattenreservoarer, genom att använda intermittent kraft.

69 Energimyndigheten (2010) Kärnkraft nu och i framtiden ER 2010:21

Fakta: Olika typer av energilagring⁷⁰**Pumpkraftverk**

Vatten pumpas från en reservoar till en damm på högre nivå när det finns ett överskott. När el behövs strömmar vattnen ner igen genom en turbin. Detta är en etablerad teknik för storskalig lagring av el men innebär stora ingrepp i naturen med miljöproblem liknande dem för vattenkraft.

Akvifärer

En akvifär kan liknas vid en gigantisk termos i marken. På sommaren hämtas kallt vatten ur akvifären för att kyla byggnaderna och det varma vattnet pumpas sedan tillbaka i akvifären. På vintern används det varma vattnet för uppvärmning samtidigt som kallt vatten pumpas ner i akvifären. Akvifärer lagrar värme och kräver lämpliga markförhållanden. En stor anläggning finns på Arlanda flygplats.

Batterier

Flera olika typer av batterier används för energilagring. Litiumjon är en batterityp som slagit igenom för bärbara produkter och anses lovande även för storskalig lagring. Även flödesbatterier med flytande elektrolyter som lagras i tankar har föreslagits. Batterier lagrar el och har stor energitäthet, men kan drabbas av problem med tillgången på material och därmed förknippad miljöpåverkan.

Superkondensatorer

Genom en större inre yta för att hålla laddning klarar superkondensatorer att lagra 1000-tals gånger mer laddning än en vanlig kondensator. Superkondensatorer har längre livslängd än batterier men lägre energiinnehåll per viktenhet.

Vätgas

Vid elöverskott kan vätgas tillverkas genom elektrolys. Vätgasen lagras och kan sedan användas vid behov, antingen i en förbränningsmotor eller så kan vätgasen driva en bränslecell som genererar el. Stora mängder energi kan lagras med den här tekniken, men förlusterna är stora och det är svårt att lagra vätgas.

Tryckluft

Elen driver pumpar som pressar ner komprimerad luft i berglager. Luften används sedan för att driva en turbin. I världen finns ett fåtal storskaliga anläggningar som använder denna teknik. Tekniken medför förluster och kräver lämplig lagringsplats.

Svänghjul

Svänghjul lagrar energi i form av rörelseenergi hos skivor som snurrar i vakuum. De används i dag som backup till exempel vid elavbrott innan reservkraften hunnit komma igång. Svänghjul kan snabbt leverera hög effekt men har begränsad lagringskapacitet.

Is

Att lagra energi som is är aktuellt i varma länder med mycket luftkonditionering. Isen tillverkas på natten när belastningen på elnätet är låg. På dagen får den smältande isen kyla byggnaden. Tekniken testas bland annat i Kalifornien av företaget Ice Energy.

Saltsmälta

Solljus kan koncentreras för att hetta upp en saltsmälta till mer än 1000 grader. Den heta smältan lagras och när energin behövs används värmen för att driva en ånggenerator. En annan typ av saltlagring, som bygger på vätskeabsorption, används av det svenska företaget Climatewell som lagrar solvärme i saltet litiumklorid. Tekniken är effektiv men outvecklad och det är oklart vilka miljöeffekter och materialbegränsningar den medför.

70 Ny Teknik (2010) http://www.nyteknik.se/nyheter/energi_miljo/energi/article2500713.ece

4. Ekonomi och marknad

Solcellsmarknaden har expanderat kraftigt de senaste åren och växer, tillsammans med hela förnybartsektorn, snabbare än annan industri⁷¹. Den globala marknaden har växt med 40 procent per år det senaste decenniet och den installerade kapaciteten är över 22 GW⁷², varav 65 procent finns i Europa⁷³. Den installerade kapaciteten av solceller i EU ökade med 92,9 procent 2007–2008⁷⁴. Vinnova anser att solcellsindustrin har potential att bli en av världens största industrier⁷⁵. Redan idag finns över 300 företag som producerar solceller runt om i världen⁷⁶.

Enligt en EU-rapport har priset på solceller sjunkit med 50 procent de senaste två åren⁷⁷ på grund av solcellsmarknadens snabba tillväxt. Den samlade effekten i världen ökade med 50 procent 2009⁷⁸ varav hälften i Tyskland som är den ledande solcellsnation med en installerad effekt på 9,8 GW⁷⁹ tack vare kraftfulla stödssystem för förnybara energikällor.

Enligt den tyska branschföreningen BSW Solar sjönk priserna på solcellssystem med 26 procent från fjärde kvartalet 2008 till fjärde kvartalet 2009.⁸⁰ Under åren 2004–2006 hölls priserna uppe och till och med ökade något. Det berodde bland annat på den tyska inmatningslagen, som skapade stor efterfrågan på solcellsmoduler, vilket i sin tur ledde till brist på högvärdigt kisel för framställning av solceller. När sedan Spanien började ge stora subventioner till produktionen av solceller steg priserna ytterligare.

Att priserna på solceller sjönk så kraftigt under 2009 beror

på flera saker⁸¹. Förra året minskade den spanska staten på solstödet, vilket gjorde att efterfrågan på världsmarknaden minskade. Samtidigt hann solcellsindustrin i kapp med produktionen av solceller och solcellsmoduler. Kinesiska leverantörer konkurrerade i Europa med låga priser och finanskrisen gjorde att det fanns mindre kapital tillgängligt för investeringar, vilket gav ökat fokus på priset. System- och installationskostnader, som idag svarar för ungefär hälften av den totala systemkostnaden måste också minska för att solelen ska bli kommersiellt gångbar. Detta har även skett bland annat i Tyskland tack vare kraftiga subventioner.

4.1 Solceller som jobbskapare

Enligt EPIA (2010) har solcellsindustrin skapat 75 000 jobb i Europa de senaste åren vilket lett till att 130 000 personer var anställda direkt av solcellsindustrin och 60 000 indirekt 2008. Bara den tyska solcellsindustrin registrerade 57 000 arbeten, direkta och indirekta, 2008⁸². EU:s Photovoltaic technology platform beräknar att 190 000 jobb skapades inom solcellsindustrin i världen 2008. Det finns en stark tro på att solcellsindustrin kan skapa många jobb i framtiden. EPIA (2010) förutspår att ca 1,4 miljoner jobb kan skapas till 2020 i Europa. Greenpeace och EPIA bedömer potentialen till 10 miljoner jobb till 2030⁸³.

Viss kritik förekommer mot att beräkningarna är för

71 Jäger-Waldau (2007), Photovoltaics and renewable energies in Europe. Renewable and Sustainable Energy Reviews 11:1414-1437

72 EPIA (2010) Unlocking the sunbelt potential of photovoltaics

73 EURACTIVE (2009). <http://www.euractiv.com/en/energy/solar-power/article-186329>

74 Photovoltaic Barometer No 1 2009

75 Vinnova (2010) <http://www.vinnova.se>

76 JRC (2010). PV Status Report 2010, JRC Scientific and Technical Reports. <http://www.jrc.ec.europa.eu>

77 Ibid.

78 Ny Teknik (2010): http://www.nyteknik.se/nyheter/energi_miljo/solenergi/article2470455.ece

79 Ny Teknik (2010) http://www.nyteknik.se/nyheter/energi_miljo/solenergi/article750383.ece

80 Ibid.

81 Ibid.

82 Photovoltaic Barometer No 1 2009

83 Greenpeace & EPIA (2008) Solar Generation V

optimistiska⁸⁴ medan andra forskare hävdar att utvecklingen av en ny exportmarknad kan leda till nya jobb⁸⁵. Det är bland annat denna förväntan som fått Tyskland att satsa stort på solceller då man vill vara med och bygga upp industri och ligga långt fram i den tekniska utvecklingen för att kunna ta marknadsandelar.

4.2 Kostnader för solcellsel

Kostnaden för solcellsel är fortfarande högre än för konventionellt producerad el, om man exkluderar de indirekta miljökostnaderna, och det är idag ovanligt att nätanslutna solcellsinstallationer lönar sig utan stödsystem. När det gäller solcellers konkurrenskraft gentemot annan teknik är det också viktigt att se till de olika användningsområdena för solceller. Redan idag är dock många typer av icke-nätanslutna, så kallad "off-grid", solcellsinstallationer lönsamma. Byggnadsintegrerad småskalig produktion bör också jämföras med marknadspriset på el, och inte med produktionskostnaden för andra energislag. En husägare som installerar solceller jämför kostnaden för den egengenererade solelen med kostnaden för inköpt el.

I dag ligger kostnaden för el producerad med solceller på mellan ca 0,3–0,6 €/kWh för solcellsel i södra respektive norra Europa för bostadssektorn och för elsektorn ligger priserna mellan 0,2–0,4 €/kWh beroende på solinstrålning⁸⁶. Priserna kan jämföras med ett medelpris på el på 0,2 €/kWh i Europa^{87 88}.

Kostnaderna för förnybar elproduktion faller generellt i takt med att marknaden växer. Lärkurvan, det vill säga hur mycket kostnaderna för ny solel förväntas sjunka för varje fördubbling av den försålda volymen, ligger enligt IEA med en lärkurva på omkring 18 procent⁸⁹. En kraftfull utbyggnad av solel kommer med andra ord medföra snabbt fallande kostnader. Under perioden 2010–2020, räknar IEA med att marknaden för solceller ökar från omkring 6 GW per år till 34 GW per år. Ackumulerade installationer når därmed 200 GW år 2020, vilket dock är lägre än vad industrin räknar med.⁹⁰ De ökade volymerna förväntas mer än halvera såväl investerings- som produktionskostnad. EU:s teknikplattform för solceller, EUPV Platform, räknar med att priset kommer att sjunka med 5 procent per år för solcellssystem⁹¹. Priset på solceller har redan sjunkit dramatiskt de senaste åren.

Man brukar använda begreppet "grid parity" som ett mått på när solceller blir lönsamma för konsumenter jämfört med elpriset på nätet. Flera studier bedömer att solceller kommer att bli konkurrenskraftiga på marknaden ca 2020 i många regioner⁹². Greenpeace och EPIA bedömer att el producerad med solceller kan bli konkurrenskraftig med topplastel i Europa redan omkring 2015⁹³. Solceller beräknas därmed bli konkurrenskraftiga i länder med god solinstrålning och höga elpriser. I några fall kan detta ske redan innan 2015. I Italien bedöms solceller redan vara lönsamma idag i hushållssektorn redan idag tack vare höga elpriser, bra solinstrålning och möjligheten till nettoavräkning. Även

84 Frondel, Ritter, Schmidt & Vance (2010) Economic impacts from the promotion of renewable energy technologies: The German experience. Energy Policy 38: 4048–4056

85 Lehr, Nitsch, Kratzat, Lutz & Edler (2008). Renewable energy and employment in Germany. Energy Policy 36:108–117

86 Förnybart.nu (2010) Kostnad för ny elproduktion.

87 Ibid.

88 Rauei and Frankl (2009) Life cycle impacts and costs of photovoltaic system: Current state of the art and future outlooks. Energy 34:392–399

89 Förnybart.nu (2010) Kostnad för ny elproduktion.

90 Ibid.

91 EUPV 2010, EU PhotoVoltaic Technology Platform, Photovoltaic Fact Sheets, www.eupvplatform.org

92 Förnybart.nu (2010) Kostnad för ny elproduktion.

93 Greenpeace & EPIA (2008) Solar Generation V

Japan, Tyskland, Spanien och Kalifornien räknas till de områden där man snart kan nå ”grid parity”⁹⁴.

Konkurrenskraften för solceller är naturligtvis även beroende av vilka kostnader som antas för annan ny elproduktion, och här förekommer ofta olika siffror i debatten. En sammanställning av kostnader för ny elproduktion visar att kostnadsanalyserna skiljer sig kraftigt åt beroende på vem som gör bedömningen och vilka antaganden som görs⁹⁵. Resultaten beror till stor del, liksom för utsläppsberäkningar, på vilka antaganden man gör angående kalkylränta, investerings- och driftskostnad och så vidare.

4.3 Stödsystem

Solceller, och annan förnybar produktion, kritiserar ibland för att inte kunna ”stå på egna ben” utan stödsystem och certifikat. Två faktorer glöms ofta bort i den diskussionen. Det ena är att all ny teknik behöver stöd i början för att nå lönsamhet och man måste därför tänka i längre perspektiv på vad man vill uppnå. Det andra är att det idag finns många indirekta subventioner även till konventionella energislag. Bland dessa kan nämnas externa kostnader för miljöpåverkan som inte räknas in i elpriset. Ett annat exempel är de indirekta stöd som ges till kärnkraften, bland annat genom att den inte behöver ta fullt försäkringsansvar vid olyckor, genom avvecklingsstöd, stöd till forskning och utveckling samt genom att man inte utrett kostnaden för slutförvar av bränslet ordentligt⁹⁶. Även kolkraften är kraftigt subventio-

nerad runt om i världen, både indirekt genom satsningar på forskning och utveckling och direkt^{97 98 99}.

Dessutom ökar konkurrenskraften för förnybara energikällor när ett ökat pris på koldioxidutsläpp och andra miljöeffekter leder till ökade kostnader för fossilproducerad el. I sammanhanget är det viktigt att tänka på att de förnybara energislagen är de enda som på lång sikt kan minska i kostnad med ökad installerad effekt eftersom resurserna inte utarmas.

I Sverige har det inte funnits några direkta initiativ för att stödja en storskalig introduktion av solceller innan 2005. De indirekta miljöskatterna som koldioxidskatten och elcertifikat, är för låga för att ha någon direkt inverkan på mängden nätanslutna solcellssystem i Sverige¹⁰⁰. I dag finns ett investeringsstöd för solceller som uppgår till 60 procent av kostnaden för solceller och installation. Stödet har ett tak på 50 miljoner kronor per år, totalt, varför alla som söker inte kan få. Investeringsstödet har lett till ett ökat intresse för solcellsinstallationer i Sverige både bland företag och bland privatpersoner¹⁰¹. Eftersom investeringsstödet har begränsningar i livslängd och storlek så skapar det svängningar på marknaden, till nackdel för aktörerna¹⁰². Stödet försvinner efter 2011 enligt den senaste budgetpropositionen (hösten 2010), men det finns förslag på att förlänga stödet till och med 2012. Branschföreträdare anser dock att det vore bättre att införa ett fastprissystem, så kallade feed-in tariffer¹⁰³.

I flera länder, till exempel Tyskland, Spanien, Italien,

94 <http://techon.nikkeibp.co.jp/article/HONSHI/20100326/181377/?P=4>

95 Förnybart.nu (2010) Kostnad för ny elproduktion.

96 Brodén (2010) Subventioner och den svenska kärnkraften, C-uppsats, miljövetenskap, Karlstad Universitet.

97 Environmental Law Institute (2009), Estimating U.S. Government Subsidies to Energy Sources 2002-2008 http://www.elistore.org/Data/products/d19_07.pdf

98 Miljöaktuellt (2010) <http://miljoaktuellt.idg.se/2.1845/1.343194/spanien-far-subventionera-utkonkurrerat-kol>

99 Storchmann K (2005), The rise and fall of German hard coal subsidies. Energy Policy 33:1469-1492

100 Energimyndigheten (2010) Energifakta – www.energimyndigheten.se

101 IEA (2009) PVPS annual report, Sweden. Photovoltaic Technology Status and Prospects

102 Elforsk (2010) Sammanfattning av presentation vid SolEl-programmets årliga seminarium, 2010-11-10 http://www.solelprogrammet.se/PageFiles/453/Slutsatser_solelsem_101110.pdf?epslanguage=sv

103 Lars Hedström, Direct Energy. Personlig kommunikation.

Frankrike och Grekland, har feed-in tariffer, eller fastpris-system, lett till en ökad etablering av solceller¹⁰⁴. Feed-in tariffer innebär att elproducenterna får ett garantipris för varje kWh som matas in på nätet och på så sätt kan minska risken i sin investering. Feed-in tariffer har visat sig vara ett effektivt sätt att få in solceller på marknaden¹⁰⁵. I Sverige har vi ett elcertifikatsystem istället för feed-in tariffer. Detta garanterar en viss mängd förnybar el på nätet, men är ett ineffektivt stöd för småskalig teknik som till exempel solceller. Det är dessutom svårt för nyare tekniker som solceller att konkurrera med mer etablerad förnybar teknik som vindkraft och vattenkraft. Feed-in tariffer är sannolikt ett bättre och mer långsiktigt sätt att stödja introduktion av solceller, men kan bli svårt att implementera i Sverige eftersom det fungerar dåligt tillsammans med elcertifikatsystemet.

Ett sätt att stödja småskalig solelproduktion är nettodebitering. Den el som inte används i byggnaden för ögonblicket matas in på elnätet och kvittas sedan mot elanvändning som sker när solen inte lyser. Både elbranschen och solcellsbranschen är positiva till att nettodebitering införs. Utan nettodebitering kan bara en mindre del av de tillgängliga takytorna nyttjas för solceller, eftersom överskottselen får ett betydligt lägre värde om den först ska säljas tillbaka till elnätet och sedan köpas tillbaka när den behövs¹⁰⁶.

Det finns kritiska röster inom forskningen mot feed-in tariffer och andra kraftiga subventioner av solceller^{107 108}. Ett av huvudargumenten är att det blir hög kostnad per kilo koldioxid som sparas (så kallad "abatement cost", vilken en-

ligt Frondel et al.¹⁰⁹ ligger runt 716 € per ton CO₂). Detta beror på att solcellstekniker fortfarande är relativt dyra, men resultaten är starkt beroende av olika antaganden och kostnadsuppskattningar. Det har även argumenterats att man inte sparar någon koldioxid på att installera solceller i EU eftersom utsläppen begränsas av EU:s utsläppshandelssystem, ETS, där nivån på utsläppen från den handlande sektorn fixeras genom ett utsläppstak för varje handelsperiod.

Det är dock viktigt att hålla i minnet att det finns andra skäl till att introducera solceller än bara ren koldioxidbesparing, till exempel långsiktig försörjningstrygghet, andra miljöproblem och säkerhetsproblem med konventionell elproduktion. Dessutom är implementering av koldioxidsnål teknik en förutsättning för att kunna minska mängden utsläppsrätter totalt i EU:s handelssystem och därmed sänka taket för utsläppen inför kommande handelsperioder, vilket leder till en utsläppsminskningseffekt på lång tid. Ytterligare ett viktigt skäl till solcellsstöd i Europa är att priserna sjunker med ökad installerad kapacitet. Sänkta priser på solceller och annan förnybar teknik är en förutsättning för en hållbar utveckling i de stora delar av världen vars befolkning ännu saknar tillgång till el.

104 EPIA (2010) http://www.epia.org/fileadmin/EPIA_docs/public/100623_PR_BIPV_EN.pdf

105 Jäger-Waldau (2007), Photovoltaics and renewable energies in Europe. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 11:1414-1437

106 Elforsk (2010) Sammanfattning av presentation vid SolEl-programmets årliga seminarium, 2010-11-10

107 Frondel Ritter Schmidt (2008.) Germany's solar cell promotion: Dark clouds on the horizon. *Energy Policy* 36:4198-4204

108 Frondel, Ritter, Schmidt & Vance (2010) Economic impacts from the promotion of renewable energy technologies: The German experience. *Energy Policy* 38: 4048-4056

109 Ibid.

5. Framtid

När man diskuterar framtiden för solel måste flera faktorer tas i beaktande:

Kostnadsreduktion

Solcellskostnaden har minskat kraftigt de senaste åren, med en kostnadsminskning på ca 20 procent för varje dubbling av produktionen. Solcellsel uppskattas bli konkurrenskraftig i vissa områden mellan 2010 och 2020¹¹⁰. För att detta ska ske måste marknadsintroduktionen stödjas med subventioner under tillräckligt lång tid.

Ökning av effektiviteten

Teknikutvecklingen går fort och målet är att höja effektiviteten på kiselceller till 25 procent på medellång sikt (8). Detta ökar lönsamheten och minskar miljöpåverkan och materialåtgång per producerad kWh.

Byggnadsintegration

Ökad byggnadsintegration vid nybyggnation, men även i befintlig byggnation, öppnar upp för lägre kostnader och energiåtgång för installation. På detta sätt utnyttjar man även solcellernas förmåga att utnyttja ytor effektivare utan att konkurrera med annan verksamhet.

Lagring och smarta nät

För att en storskalig elproduktion med solceller ska vara möjlig måste man kunna utjämna skillnaden i efterfrågan och tillgång, då solen inte alltid lyser då man vill utnyttja energin. Detta kan ske på olika sätt:

1. Genom att styra efterfrågan genom så kallade smarta elnät, eller "smart grids" styr man användarsidan så att efterfrågan på el ökar när tillgången är hög. Intensiv forskning pågår på detta område och många lösningar finns, till exempel att styra uppladdning av elbilar, designa smarta hushållsapparater som exempelvis värmer vatten och köra igång disk, tvätt och frys när elproduktionen är hög. Man kan även tänka sig att styra vissa industriella processer efter tillgång på el.
2. Genom att styra med reglerkraft. Vissa kraftslag kan snabbt startas upp och stängas ner för att täcka upp bortfall av annan produktion. I Sverige har vi goda förutsättningar att introducera sol- och vindkraft redan idag tack vare våra stora mängder vattenkraft, som är en utmärkt kraftkälla att reglera produktionen med.
3. Genom energilagring. I dag finns begränsade möjligheter att lagra energi. El måste i princip produceras i samma sekund som den används för att få balans på nätet och värme kan endast lagras kortare perioder i de flesta hushåll och industrier. Mycket forskning pågår dock för att utveckla energilagringsskapacitet så att man kan "spara" el från intermittenta källor, som sol och vind, till senare tillfällen.

110 Rauei and Frankl (2009) Life cycle impacts and costs of photovoltaic system: Current state of the art and future outlooks. Energy 34:392-399

6. Slutsatser

Den teoretiska potentialen för solenergi – värme från solfångare och el från solceller – är i det närmaste oändlig. Miljökonsekvenserna av tillverkning och användning är små, och energiåterbetalningstiden understiger i de flesta fall 3–5 år. Liksom andra förnybara energislag är solet ytkrävande, men eftersom solceller kan utnyttja ytor som annars inte används till annat står inte utnyttjande av solenergi i konflikt mot andra intressen på samma sätt som andra energislag. Det som avgör utbyggnadstakten och den ekonomiska potentialen är därför teknisk utveckling, stödssystem för marknadsintroduktion och i vilken takt kapaciteten för elnät och energilagring byggs ut.

Ett viktigt skäl till solcellssatsningar i Europa är att priserna sjunker med ökad installerad kapacitet. Sänkta priser på solceller och annan förnybar teknik är en förutsättning för en hållbar utveckling i de stora delar av världen vars befolkning ännu saknar tillgång till el.

De faktorer som är viktiga att beakta för att undvika indirekta miljöeffekter av solcellsimplementering är:

- Materialanvändning. Det är viktigt både att försöka minimera andelen tungmetaller i tunnfilmssolceller och att försöka minska materialåtgången totalt i solcellsinstallationer.
- Lokala miljöeffekter och sociala aspekter vid utvinning och tillverkning av solceller. Det behövs mer forskning inom detta område eftersom det är svårt att hitta information om processerna.
- Miljöeffekter av ett framtida system för energilagring. Eftersom all energilagring har någon form av miljöpåverkan i form av bland annat resursåtgång eller lokala ingrepp i naturen är det önskvärt att utveckla bra överföringskapacitet och att balansera tillgång och efterfrågan i systemet med smarta elnät och tydliga prissignaler.

Naturskyddsföreningens krav

- Inför nettodebitering för småskalig elproduktion. Den som har en solcellsanläggning ska kunna räkna av sin elproduktion mot inköp från nätet. Detta kan ske genom att de som investerar i småskalig förnybar elproduktion från exempelvis solceller på villatak och husfasader ska undantas från kravet på timmätning och kunna kvitta sin elproduktion mot elanvändningen på årsbasis.
- Inför feed-in tariffer, eller så kallat fastprissystem, för solet i Sverige när det nuvarande investeringsstödet löper ut.
- Ett nationellt planeringsmål för solceller bör införas och resurser bör satsas på forskning och utveckling.
- Ett system med globala feed-in tariffer för förnybar energi som skapar förutsättningar för en hållbar elektrifiering av utvecklingsländerna bör införas. En fond finansierad av I-länderna garanterar ett högt pris per producerad kWh för investerare samtidigt som elkonsumenterna betalar ett lågt pris och får tillgång till el.

Att omvandla solens strålar till el är inte längre någon avlägsen framtidsteknik, den finns i högsta grad i dag och är redan lönsam i många applikationer. Den teoretiska potentialen för solceller är i den närmaste oändlig, några materialbegränsningar verkar inte finnas på medellång sikt och miljöpåverkan är mycket begränsad jämfört med andra energislag. Det som saknas är bara den politiska viljan att skapa incitament för investeringar så att tekniken kan bli konkurrenskraftig och implementeras i stor skala. Genom kraftfulla satsningar på solceller och andra förnybara energislag kan vi ta oss till framtiden redan idag!



Naturskyddsföreningen

Ge oss kraft
att förändra
Pg.90 1909-2

Naturskyddsföreningen
Box 4625, 116 91 Stockholm
Tel 08-702 65 00.

Naturskyddsföreningen är en ideell miljöorganisation med kraft att förändra. Vi sprider kunskap, kartlägger miljöhot, skapar lösningar samt påverkar politiker och myndigheter såväl nationellt som internationellt. Föreningen har ca 190 000 medlemmar och finns i lokalföreningar och länsförbund över hela landet.

Vi står bakom världens tuffaste miljömärkning
Bra Miljöval.

www.naturskyddsforeningen.se



Bra Miljöval