



# Jämförande provning av mindre nätanslutna solelsystem- En förstudie

Peter Kovacs, Martin Persson, Stefan Svensson,  
Sara Åström, Mohammad Khajehalijani

SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut



# Jämförande provning av mindre nätanslutna solelsystem- En förstudie

Peter Kovacs, Martin Persson, Stefan Svensson,  
Sara Åström, Mohammad Khajehalijani

# Innehållsförteckning

<b>Innehållsförteckning</b>	<b>3</b>
<b>Sammanfattning</b>	<b>6</b>
<b>1 Inledning</b>	<b>9</b>
1.1 Bakgrund	9
1.2 Syfte	9
1.3 Mål	10
1.4 Avgränsningar	10
1.5 Personal	10
<b>2 Kvalitetsproblem hos komponenter och system</b>	<b>11</b>
2.1 Solcellsmoduler	11
2.1.1 Bypass-diod/kopplingsdosa	12
2.1.2 Fram- och bakstycke	13
2.1.3 Inkapslande laminering	13
2.1.4 Kablar och ledare i moduler	13
2.1.5 Solceller	14
2.2 Växelriktare	14
2.2.1 Mjukvara och elektronikkomponenter	15
2.2.2 Dimensionering av växelriktare och moduler	15
2.2.3 Materialkvalité	16
2.3 BOS	16
2.3.1 Kablar och kontakter	16
2.3.2 Övrigt	17
2.4 Effekter av fel i system	17
2.5 Förslag till metoder för att upptäcka fel	17
<b>3 Marknadsundersökning</b>	<b>19</b>
3.1 Aktörer	19
3.2 Komponenter och system	19
3.2.1 Solcellsmoduler	20
3.2.2 Växelriktare och power optimizers	22
3.2.3 Monteringsutrustning	24
3.3 Mest sålda modeller, kompletta system och nycketfärdiga lösningar	25
3.4 Lagringsenheter	26
3.5 Övriga kommentarer	27
<b>4 Fördjupningsintervjuer om marknadsutveckling och utformning av test</b>	<b>29</b>
4.1 Aktörsinformation	29
4.2 Allmänt om den svenska solelmarknaden	29
4.3 Kommentarer på planerat upplägg	31
<b>5 Konsumentundersökning</b>	<b>33</b>
5.1 Allmänna frågor om tillgång till information	34
5.2 Privatpersoner som är ägare av nätanslutna solcellssystem	34
5.2.1 För- och nackdelar samt motiv för att investera	34
5.2.2 Information	35
5.2.3 Elcertifikat och investeringsstöd	35
5.2.4 Driftdata	36
5.2.5 Jämförande provning och certifiering	36

5.3	Privatpersoner som är inte äger, men är intresserade av nätanslutna solcellssystem	36
5.3.1	För- och nackdelar samt motiv för att investera	36
5.3.2	Information	39
5.3.3	Jämförande provning och certifiering	42
5.3.4	Övriga kommentarer	42
<b>6</b>	<b>Metodik för långtidsprovning av effektivitet hos solcellsmoduler</b>	<b>43</b>
6.1	Generellt	43
6.2	Solintrålningsmätning	43
6.3	Uteffekt-mätning av solcellsmodul	44
6.4	Maximal uteffekt från en solcellsmodul	45
6.5	MPP-trackerns funktion: Spänningen styrs genom att styra belastningen	45
6.6	Nödvändig upplösning	46
6.7	Förbättringar	46
6.8	Elektronik	46
<b>7</b>	<b>Metodik för provning av funktion och effektivitet hos växelriktare för solcellsmoduler</b>	<b>48</b>
7.1	Generell om växelriktartest	48
7.2	Solceller och växelriktare	48
7.3	Mätning av verkningsgrad	49
7.4	Kontroll av växelriktarens förmåga att ta ut maximal effekt	49
7.5	Test av speciella varianter av soleanläggningar	50
<b>8</b>	<b>Beräkning och verifiering av kompletta solcellssystem</b>	<b>51</b>
8.1	Energiutbyten enligt tidigare jämförande provning av solcellssystem	51
8.2	Energiutbytesberäkningar för system baserat på komponentmätningar	51
8.2.1	Modell och metod	52
8.2.2	Fasta randvillkor för beräkningarna	54
8.2.3	Klimatdata	54
8.2.4	Moduldata till beräkningarna	55
8.2.5	Växelriktardata till beräkningarna	56
8.3	Kravspecifikation för solesystemens effekt- och energidimensionering	56
8.3.1	Komponentkrav	57
8.3.1.1	Moduler	57
8.3.1.2	Växelriktare	57
8.3.2	Systemkrav	57
8.4	Kravspecifikation för solesystemens övriga egenskaper inklusive dokumentation	58
8.4.1	Komponentkrav	58
8.4.1.1	Moduler	58
8.4.1.2	Växelriktare	58
8.4.1.3	Kablage och kontakter	58
8.4.1.4	Montagesystem och takgenomföringar	59
8.4.2	Systemkrav	59
8.5	Jämförande provning respektive certifiering av system	59
<b>9</b>	<b>Slutsatser och rekommendationer</b>	<b>61</b>
9.1	Kvalitetsfrågor	61

9.2	Information till konsumenter	62
9.3	Jämförande provning	62
9.4	Certifiering	63
<b>10</b>	<b>Referenser</b>	<b>64</b>
	<b>Bilaga 1: Enkät till privatpersoner</b>	<b>I</b>
	<b>Bilaga 2: Enkät till aktörer på marknaden</b>	<b>VII</b>
	<b>Bilaga 3: Underlag för aktörsintervjuer</b>	<b>XII</b>
	<b>Bilaga 4: Rapportmall för fältundersökningar av solelsystem 2011</b>	<b>XIV</b>
	<b>Bilaga 5. PVsyst modell av 5 kW system</b>	<b>XVI</b>

# Sammanfattning

SP har av Energimyndigheten fått i uppdrag att genomföra en förstudie inför en jämförande provning av mindre nätanslutna solelsystem. Bakgrunden är att det finns ett behov av förbättrad neutral konsumentinformation kring solceller som en följd av en stark tillväxt på området. Det råder vidare en viss oklarhet kring kvalitetsfrågorna inom området vilket förstudien ska belysa.

Förstudien omfattar i korthet följande moment:

- En analys av lämplig metodik för provning av solcellsmoduler och växelriktare
- En sammanställning av produkter på den svenska marknaden (9 företag redovisade)
- Intervjuer med aktörer i Svenska solelföretag (7 intervjuer)
- En analys av vanliga feltyper i solcellsmoduler, växelriktare och solcellssystem, samt förslag till metoder för att upptäcka dem
- Ett förslag på rutin för systemverifiering genom jämförande provning av komponenter
- En enkät med privatpersoner som antingen äger en soleanläggning eller funderar på att investera i en anläggning (10 svar inkom)

Ett sammanfattande omdöme om kvalitén på de solelsystem som installeras i Sverige i dag är att den överlag är god. De brister som finns går i stor utsträckning att hänföra till själva installationerna, brister som i sin tur kan orsaka fel på komponenter och system, skador på byggnader eller säkerhetsrisker. Litteraturstudien i avsnitt 2 visar upp en omfattande karta över potentiella problem och kvalitetsbrister hos i första hand komponenter och system. Merparten av dessa betraktas dock som historia eftersom kvalitetssäkring med hjälp av testmetoder och standarder lett till att de flesta produkter på marknaden i dag är fria från dessa problem. Det konstateras dock att det fortfarande kan finnas anledning att granska etablerad teknik, t.ex. genom stickprovsmässig provning av komponenter. Det är en angelägen uppgift att belysa kopplingen mellan pris och kvalitet på olika sätt och en jämförande provning kan vara ett bra sätt att göra detta.

Konsumentenkäterna som redovisas i avsnitt 5 visar att det finns ett stort behov av information. Ett behov som inte tillgodoses i dag. En stor del av den information som efterlyses bör kunna tillgodoses genom en jämförande provning. Det gäller t.ex. information om teknik, energiutbyten och förväntade livslängder men också information om de regler som gäller för t.ex. olika ekonomiska incitament och om regler kring nätanslutning. Det bedöms vara av stort värde att kunna samla så mycket som möjligt av denna information på ett ställe.

I avsnitt 8.2.1 beskrivs principen för den metod som föreslås för att beräkna årsenergiutbytet för olika system baserat på deras komponentdata. I de därpå följande avsnitten redovisas i detalj vilket underlag dessa beräkningar kan baseras på och vilka krav som bör vara uppfyllda för att ett system ska anses vara väldimensionerat, säkert och av god kvalitet. En jämförande provning bör således inte bara omfatta en redovisning av mätdata utan också vilka olika krav som ställs på systemen och hur dessa har uppfyllts.

Sammanfattningsvis så visar analysen i avsnitt 8 att den föreslagna metoden bör vara väl genomförbar. Uppfyllandet av de allra flesta säkerhets- och hållbarhetskraven ska enligt vår bedömning kunna verifieras genom granskning av certifikat och rapporter från tidigare utförda provningar. Två områden där detta troligen inte gäller är krav på dimensionering och montering av takfästen och på installationsutförandet som helhet,

vilka pekas ut som potentiella problemområden av olika branschföreträdare. Här finns en uppgift för SP som inför en jämförande provning kan definiera lämpliga krav i väntan på de Internationella standarder som är under utarbetande. Någon form av fältbesiktning skulle även kunna ingå i en jämförande provning för att följa upp kvalitén hela vägen ut till färdig installation.

En certifiering av solelsystem har sedan en tid diskuterats på SP, bland annat i samband med den utredning om installatörcertifiering som utfördes under 2011. Eftersom en systemcertifiering har många gemensamma nämnare med en jämförande provning så diskuteras även möjligheterna för en sådan certifiering i denna förstudie trots att det inte ingått i det ursprungliga uppdraget.

Branschföreträdare och konsumenter har i avsnitten 4.3, 5.2.5 och 5.3.3 tillfrågats om hur de ser på att en jämförande provning genomförs. Branschen är i vissa fall skeptisk till en sådan men den övervägande uppfattningen är ändå positiv. Många efterlyser en koppling till besiktningar av färdiga anläggningar och vikten av att själva installationsmomentet belyses. Installatörcertifiering lyfts också fram som en viktigt aktivitet för att få hög kvalitet hela vägen ut till färdig installation. Användarna är överlag mycket positiva till att en jämförande provning genomförs och önskar att den information som tas fram, tillsammans med annan relevant information om ekonomiska incitament, regelverk m.m. presenteras på ett ställe för att förenkla för de som funderar på att investera i solel.





# 1 Inledning

I detta avsnitt beskrivs bakgrund, syfte och mål för förstudien samt de avgränsningar som definierats för denna.

## 1.1 Bakgrund

Genom det investeringsstöd till solesinstallationer som varit tillgängligt för vissa användare sedan 2005 och för i stort sett alla köpargrupper sedan 2009 har den svenska solemarknaden haft en jämn och stadigt ökande tillväxt de senaste åren. Med undantag av den jämförande provning som SP genomförde på uppdrag av Energimyndigheten 2009-2010 och ett par begränsade fältbesiktningar så förekommer ingen uppföljning eller kontroll av kvalitén på de produkter och tjänster som berättigar till stödet. Det enda kravet som kopplats till utbetalning av stödet är att anläggningsägaren/ stödmottagaren förbinder sig att redovisa anläggningens energiutbyte under de tre första åren.

Energimyndighetens jämförande provning under 2009-2010 omfattade åtta olika nätanslutna system med en nominell topp effekt på 1 kWp vardera. Systemen anslöts till SP Energitekniks inre elnät och jämförelsen som omfattande mätningar av bl.a. klimat och elproduktion pågick under drygt ett år. En uppföljning till denna provning har diskuterats och denna förstudie syftar bl.a. till att ge ett beslutsunderlag inför en sådan provning.

I motsats till de låsta systemkonfigurationer som testades i den förra jämförande provningen planerar vi nu att testa växelriktare och moduler separat för att sedan kunna beräkna systemutbyten baserat på dessa data. På så sätt medges en större flexibilitet genom att en leverantör kan redovisa flera olika system baserat på provning av endast en modul och en växelriktare följt av beräkningar. Dessutom finns det i princip ingen övre gräns för systemstorleken som i den förra provningen var låst till 1 kW. Vår bedömning är att det koncept som förstudien nu riktar in sig på d.v.s. redovisning av systemprestanda baserat på provningar av de två grundkomponenterna solcellsmodul och växelriktare betydligt bättre motsvarar den mycket dynamiska solemarknadens behov av flexibilitet.

## 1.2 Syfte

Förstudien omfattar en marknadsöversikt, intervjuer med branschföreträdare, en enkätundersökning med ägare och potentiella köpare av solesystem samt en analys av potentiella kvalitetsbrister i komponenter och system och hur man kan komma tillrätta med dessa genom t.ex. provningar och beräkningar. Provning och beräkning ska dessutom analyseras eftersom det är tänkt att de ska ligga till grund för energiutbytesberäkningar för kompletta system.

Syftet är att beskriva den svenska marknaden för soles, dels ur ett kvalitetsperspektiv och dels ur ett konsumentinformationsperspektiv. Med hjälp av detta underlag ökar förutsättningarna för att en jämförande provning av komponenter och system blir ändmålsenlig och når ett bra slutresultat. Provningen skall därmed kunna svara mot konsumenternas behov av opartisk information, om möjligt avslöja potentiella brister i produkterna, i deras dokumentation och i deras installation och drift. Samtidigt ska den av huvuddelen av branschen uppfattas som relevant och måttligt betungande.

## 1.3 Mål

Det huvudsakliga målet med förstudien är att ta fram ett beslutsunderlag för fortsatta konsumentorienterade aktiviteter inom solelområdet. Förstudien ska resultera i en marknadsöversikt som kompletterar den årliga redovisning som görs inom IEA PVPS, främst genom att identifiera utbudet av produkter i Sverige, Norge, Danmark och Finland. Intervjuer och enkäter med marknadsföreträdare och slutanvändare ska dels generera idéer om hur en jämförande test och marknadsanalys ska läggas upp för att ge maximal nytta men även bidra till att klarlägga potentiella kvalitetsproblem hos solelprodukter och system. Den senare uppgiften kommer också att kompletteras av en litteraturgenomgång och beräkningar. Detta ska resultera i förslag på hur provning samt analys och presentation av data ska läggas upp för att motverka kvalitetsproblem på den svenska marknaden. Följande deluppgifter, inklusive rapportering av dem, skall utföras inom ramen för projektet:

- Analysera och definiera lämplig metodik för långtidsprovning av solcellsmoduler
- Analysera och definiera lämplig metodik för provning av växelriktare
- Identifiera produkter på den svenska, norska, danska och finska marknaden genom att göra en marknadsöversikt med hjälp av en enkät (Målet omdefinierades senare till att endast omfatta den svenska marknaden på grund av svag respons från övriga länder)
- Intervjua minst fem aktörer i Svenska solelföretag om "Optimalt upplägg av test och info för att främja marknadsutvecklingen"
- Identifiera och analysera vanliga feltyper i solcellsmoduler, växelriktare och solcellssystem, samt ge förslag till metod för att upptäcka dem
- Ta fram ett förslag på rutin för systemverifiering genom jämförande provning av komponenter
- Genomför enkät/ intervjuer med 6-8 privatpersoner som antingen äger en soleanläggning eller funderar på att investera i en

## 1.4 Avgränsningar

En lämplig avgränsning för systemstorlek kan vara upp till 43 kW topp effekt. Detta är den av nettodebiteringsutredningen föreslagna maximala anläggningseffekten för att en så kallad mikroproducent ska ha rätt att utnyttja ett skatteavdrag som kompensation för (sol)el som denne matar in på nätet. En genomsnittlig topp effekt hos en villaägare bedöms att hamna i intervallet 3-5 kW, men eftersom utredningen föreslår att även företag ska få utnyttja skatterabatten kan betydligt större anläggningar komma i fråga. Det kan därför vara av intresse att också inrymma större anläggningar i upplägget, i synnerhet som det sannolikt inte innebär några merkostnader i samband med en jämförande provning.

## 1.5 Personal

Kontaktperson

Energimyndigheten: Emma Olsson, 016-544 2000, [emma.olsson@energimyndigheten.se](mailto:emma.olsson@energimyndigheten.se)

Kontaktperson SP: Peter Kovacs, 010-516 56 62, [peter.kovacs@sp.se](mailto:peter.kovacs@sp.se)

Övrig Personal SP: Förstudien genomförs av 3-4 SP-medarbetare från avdelningarna för Mätteknik och Energiteknik under ledning av Peter Kovács

## 2 Kvalitetsproblem hos komponenter och system

Underlaget till denna analys utgörs av tre olika huvudkällor:

- En litteraturstudie
- Enkäter till ett tiotal svenska solelföretag som levererar och installerar system
- Intervjuer med ett antal företrädare för svenska solelföretag

En solcellsanläggning kan kategoriseras i två delar; själva solcellsmodulerna och vad man brukar kalla Balance of System (BOS) som inkluderar alla övriga komponenter såsom, multikontakter, kablar, kopplingslådor, DC-brytare, växelriktare och AC-brytare. I viss litteratur definieras växelriktaren inte som en del av BOS. Statistiskt sett beror fel i ett solcellssystem i majoriteten av fallen på fel i växelriktaren, därefter kommer övriga delar av BOS och till sist solcellsmodulen [1, 2]. Dagens högkvalitativa solcellsanläggningar är otroligt elastiska och hållbara och har inga rörliga delar. Det finns flera anläggningar världen över som togs i drift redan på 70- och 80-talet som är i drift än idag. Trots detta kan fel naturligtvis uppstå och några av de vanligaste är:

- Lösa eller nötta anslutningar
- Växelriktarproblem
- Blockering av panelerna så som t.ex. skuggning
- Fel som uppkommer på grund av dåliga installationer
- Sprickor i cellerna

### 2.1 Solcellsmoduler

En solcellsmodul är uppbyggd av ett antal solceller som är serie- och parallellkopplade. Detta görs för att uppnå användbar spänning och ström. Från solcellens ovansida och undersida finns ledare kopplade som transporterar strömmen som genereras i solcellerna vidare. På baksidan av solcellsmodulen är ledarna från solcellerna samlade i en kopplingsdosa. I kopplingsdosan sitter i regel också minst en bypass-diod monterad. Bypass-diodens uppgift är att vid de tillfällen som alla solceller i solcellsmodulen inte leder ström istället leda strömmen förbi den icke-ledande solcellen så att den skyddas från att förstöras till följd av backspänning [3, 4]. Det sägs ofta att bypass-dioden även hjälper till att minska förlusterna vid skuggning men detta är felaktigt och bypass-dioderna kan faktiskt tväremot vad många tror bidra till relativt stora förluster [11].

De sammankopplade solcellerna är inkapslade mellan två materialskikt. På ovansidan sitter (oftast) ett glasskikt och på undersidan ett bakstycke av exempelvis plast. Inkapslingen består av ett skyddande skikt (oftast tillverkat av plasten etylenvinylacetat, förkortas EVA) som har till uppgift att skydda solcellerna. Det hela är monterat i en skyddande ram som ofta är gjord av aluminium, se Figur 1 [3, 5]. Från intervjuerna med branschaktörerna framkom det att problem med aluminiumramar som lossar på grund av is och snöbelastning förekommer både i Sverige och i övriga Europa. Vidare påtalade många att det finns problem med infästningar av moduler, främst genom att de monteras felaktigt vilket i sin tur leder till att de deformeras och att underliggande tak kan skadas vid höga laster. Infästningsanordningar ingår idag inte i IEC-certifieringen av moduler. När det gäller infästningar och installationen beror problemen alltså delvis på kvalitetsproblem hos modulerna men framförallt på dålig kunskap hos installatörerna.



Figur 1 Bild på solcellsmoduler med aluminiumram

En solcell genererar bara ström då den är belyst. Om solcellen inte är belyst fungerar den istället som ett motstånd. Detta kan ske vid exempelvis nedsmutsning eller skuggning av solcellen. Beroende på omfattningen av skuggningen eller nedsmutsningen leder vissa av solcellerna i en solcellsmodul ström och andra inte [3]. Skuggade celler kan inte producera samma mängd energi som icke - skuggade celler. Eftersom alla celler i solcellsmodulen är anslutna i serie skapar skillnader i effekt skillnader i spänning. Om man försöker att driva hög ström genom en skuggad cell kan dess spänning bli negativ vilket resulterar i att cellen förbrukar ström istället för att producera ström. Den effekt som förbrukas av den skuggade cellen gör att cellen för att värms upp och så småningom kan bränna. I dessa fall blir spänningen hos strängen negativ och ström passerar genom bypass-dioden i stället för genom strängen med solceller. Den exakta punkten vid vilken solcellsmodulen blir en strömförbrukare istället för producent skiljer mellan olika typer av celler och dioder, men vanligtvis är en skillnad på 20 % mellan det ljus som träffar ytan av olika celler i en delsträng tillräckligt för att aktivera bypass-dioden kopplad till strängen. [11]

Från enkätundersökningen framkom det att ett vanligt förekommande fel är att installatören installerar modulerna på ett sätt så att deras energiproduktion blir lägre än vad den skulle kunna bli. Utöver skuggningseffekter är det bland annat även viktigt att tänka på lutningsvinkel mot horisontalplanet samt att rätt antal moduler kopplas i serie. Rätt antal moduler ska dessutom kombineras med rätt växelriktare för att uppnå bästa prestanda. För mer information om hur moduler och växelriktare ska passas ihop se avsnitt 2.2.2 nedan. Från enkätundersökningen framkommer även flera uppgifter om bristande kvalitet på modulerna i stort. Dessa problem har dock minskat under de senaste fem åren enligt vissa aktörer.

### 2.1.1 Bypass-diod/kopplingsdosa

Följande potentiella fel är förknippade med bypass-dioden:

- Om bypass-dioden är defekt eller feldimensionerad kan skador uppstå genom att tröskeln för när dioden börjar leda strömmen är för hög. Detta kan ske vid exempelvis ojämn nedsmutsning. Om endast en liten del av en solcell är nedsmutsad är strömmen för liten för att bypass-dioden skall börja leda. Strömmen från de omgivande solcellerna tvingar sig då igenom den nedsmutsade delen av solcellen, som fungerar som ett motstånd och värms upp. En så kallad hot-spot bildas. I längden kan det innebära försämrat utbyte och funktionsfel hos solcellen [5].

- Om det är bristande anslutning mellan kablage och bypass-dioden kan hög övergångsresistans leda till överhettning och medföra en brandrisk [5]. Dessa problem bekräftas även av branschaktörerna i intervjun.
- Otäta kopplingsdosor som leder till att fukt ansamlas i kopplingsdosan [2]. Dessa problem bekräftas även av branschaktörerna i intervjun. En svårighet med detta fel är att det kan ta flera år innan det uppenbaras.

## 2.1.2 Fram- och bakstycke

Bakstycket på solcellsmodulen skall skydda inkapslingen och ledarna från yttre påverkan som exempelvis vind, fukt och stötar [3].

All form av åverkan på fram- och bakstycke kan leda till sprickor och brott som gör att fukt når solcellerna och ledarna. Fukten gör att korrosion kan uppstå och det påverkar i längden energiutbytet och kan leda till driftstopp. Fukten kan också medföra elektrisk fara då isolationen försämras [5, 6]. Moduler med låg isolationsgrad har förekommit som svar i enkätundersökningen. Dålig isolering kan orsaka att solpaneler genomgår så kallat dielektriskt sammanbrott. Svaga modulkoncept (t.ex. celler som är placerade för nära modulramen) samt väsentliga brister (till exempel låg kvalitet på självhäftande laminat), är bara några av de möjliga orsakerna till otillräcklig isolering [13].

Följande potentiella fel är förknippade med fram- och bakstycke:

- Sprickor, brott, krackelering, delaminering [7]
- Nedsmutsning (endast framstycke) [8]

## 2.1.3 Inkapslande laminering

Inkapslingen av solcellerna och ledarna skall skydda mot fukt och UV-ljus [3].

Följande potentiella fel är förknippade med den inkapslande lamineringen:

- Inkapslingen skiftar med tiden färg till en mer gulare/brunare ton till följd av låg kvalitet hos exempelvis EVA eller felaktigt materialval. Missfärgningen gör att solcellsmodulen värms upp mer och att EVAn kan bli bubblig. Värmen leder i längden till ökad nedbrytning i solcellen och utbytet sjunker [5].
- Om inkapslingen släpper kan det leda till brott på ledare, korrosion av ledare eller att en mindre del av solcellen är belyst. Det i sin tur medför sämre utbyte [5, 7].

## 2.1.4 Kablar och ledare i moduler

Följande potentiella fel är förknippade med den kablar och ledare i moduler:

- Bristande kontakt mellan ledare, kontakter och kopplingsdosa medför högre övergångsresistans. Den ökade resistansen kan leda till att värme utvecklas och komponenternas hållbarhet försämras. Bristande kontakt kan även leda till brand. Detta stämmer även väl överens med svaren ifrån enkätundersökningen.
- Bristande kvalitet i lödda ledare på och mellan solceller kan leda till brott. Ett brott gör att ingen ström kan levereras från den cellsträng där brottet finns [5].

## 2.1.5 Solceller

Följande potentiella fel är förknippade med solcellerna:

- Olika typer av sprickor (både synliga och icke synliga) i en solcell gör att hela solcellen inte levererar ström. Sprickorna kan exempelvis uppkomma till följd av bristande materialkvalitet och hantering och leder till försämrat utbyte [8].
- Lägre verkningsgrad till följd av användning av kisel med låg renhet [6]. Trots att solcellsmodulen är certifierad kan problem uppstå eftersom tillverkaren kan ha kommit över en tillfällig omgång med solceller gjorda av kisel med låg renhet som sedan använts för att tillverka sedan tidigare certifierade solcellsmoduler [9]

## 2.2 Växelriktare

De flesta anläggningar som uppförs i den byggda miljön i Sverige idag är nätanslutna. För att kunna koppla anläggningen till elnätet behöver man konvertera likströmmen (DC) från solcellerna till växelström (AC) med rätt frekvens och spänning. Vid vissa tillämpningar som laddning av batterier eller för vissa off-grid system krävs ingen växelriktare. Ett sådant exempel är ett projekt på Gotland där energin är tänkt att direkt användas till vätgasframställning från vatten. Eftersom allt fler anläggningar är nätanslutna har växelriktaren blivit en mycket viktig komponent i dagens solcellsystem.

Växelriktaren utför uppgiften att ”hacka upp” DC-spänningen med en frekvens som styrs från nätet. Innan strömmen matas vidare filtreras den för att minimera övertoner och på så sätt producera en så ren sinus-form som möjligt. I många växelriktare sitter det en transformator på utgången. Denna hjälper till med filtreringen och ger också ett galvaniskt oberoende mellan nätets AC-spänning och solcellernas DC-spänning. För att nå ytterligare några procent högre verkningsgrad görs vissa växelriktare transformatorfria vilket medför behov av extra åtgärder för att säkerställa att problem på DC sidan inte fortplantas till AC sidan/ nätet. Vidare kan vissa typer av amorfa celler inte kombineras med de flesta transformatorlösa växelriktare på grund av korrosionsrisk i det ledande ytskiktet [14]. Växelriktaren skall placeras skyddat och bör lämpligen monteras lättåtkomligt och om möjligt nära solcellsmodulerna för att undvika långa kabeldragningar på DC-sidan. Växelriktarna har vanligtvis en display som visar effekt och ackumulerad energi och genom att regelbundet läsa av effekten får man en bra kontroll att anläggningen fungerar tillfredsställande. [12]

Litteraturstudier har visat att på systemnivå så dominerar växelriktares underhållskostnader framför modulers och övriga BOS komponenters. Till exempel visade en studie vid Tucson Electric Power att 69 % av alla oplanerade underhållskostnader för PV-systemdrift tillskrivs växelriktare. Resultatet visar dock att denna siffra ändras med åldern på de studerade systemen. [6] Detta stämmer även med svaren ifrån enkätundersökningen bland installatörer och försäljare där flera rapporterat om problem med växelriktare. Vissa har rapporterat att fel är mer vanligt förekommande bland så kallade mikroväxelriktare.

Från intervjuerna med branschaktörerna så framgår det även att vissa tycker att kvaliteten på växelriktarna har blivit betydligt bättre idag än den var för tio år sedan. De befarar dock en ökad risk för kvalitetsproblem med fler kinesiska växelriktare på marknaden.

Följande potentiella fel är förknippade med växelriktarna och behöver förbättras:

- Fel på elektrolytkondensatorer (Vanlig orsak till att växelriktare ”ger upp” inom 15 år. Påverkar dess förmåga att hålla spänningen ut vilket i sin tur leder till att den kopplar ifrån) [6]
- Fel på fläktar [6]
- Växelriktare kopplar ifrån [6]
- Växelriktarna detektering av ljusbågar/ kortslutnings- eller isolationsfel behöver förbättras [6]

### 2.2.1 Mjukvara och elektronikkomponenter

För att maximera uteffekten har växelriktarna en funktion som anpassar sig efter solcellernas momentana effekt. Denna funktion kallas maximum power point tracker (MPPT). Genom att styra DC-spänningen söker växelriktaren efter den ström (punkt på systemets IV-kurva) som ger den högsta effekten. Trackern liksom resten av växelriktaren består av en mängd olika delkomponenter vilkas hållbarhet är avgörande för hela växelriktarens funktion och livslängd. Mjukvaran hos växelriktare, mikroväxelriktare och mpp-trackers behöver förbättras för att öka utnyttjandegraden och verkningsgraden på systemet. [6] Från enkätundersökningen framkom fall där ingen uppföljning efter larm lett till att t.ex. utlösta åskskydd inte återställts. Detta är fel som enkelt skulle kunna avhjälpas med en smartare mjukvara och regelbundna kontroller.

### 2.2.2 Dimensionering av växelriktare och moduler

Från enkätundersökningen framgår det att det kan vara viktigt att trimma in systemet efter en tid, beroende på variationer i elnätet. I ett svagt nät kan i praktiken variationerna vara större i nätet än de som åstadkoms av solesystemet och om de förra blir alltför stora kan det leda till att växelriktaren och soleanläggningen kopplas bort från nätet. De i växelriktaren förinställda gränsvärdena för frekvens och spänning är ibland inte anpassade efter svenska förhållanden. Detta bör kontrolleras på varje ny typ av växelriktare som tas in i Sverige eftersom felaktiga inställningar antingen kan ge upphov till dålig elkvalité som matas in på nätet eller till att anläggningen skiljs bort från nätet och då inte kan producera någon el.

Solelprogrammet rekommenderar att följande designregler ska följas vid dimensionering av växelriktare och moduler:

1. Summan av modulernas toppeffekt kan mycket väl överstiga växelriktarens märkeffekt med mellan 15 och 30 %. Vid vissa installationer, t.ex. mot fasader eller horisontella ytor blir aldrig instrålningen högre än  $850 \text{ W/m}^2$ . De högsta instrålningsnivåerna är också ofta associerade med höga celltemperaturer och därmed något minskad uteffekt. Många växelriktare är dessutom konstruerade för att klara viss överbelastning under kortare tid på så sätt att de begränsar in-effekten vid eventuell risk för överhettning. Kan man alltså anta att den högsta möjliga DC-effekten endast kan genereras under ett fåtal timmar om året och man då måste begränsa in-effekten något så blir den totala förlusten försumbar. Vid överdimensionering av moduleffekt i förhållande till växelriktarens effekt utnyttjas växelriktarens verkningsgradskurva bättre och installationskostnaden kan reduceras om man t.ex. kan välja tre istället för fyra växelriktare.
2. Maximala antalet seriekopplade moduler bestäms av växelriktarens övre inspänningsgräns,  $V_{\text{max}}$ , och modulens maximalt möjliga högsta spänning. Denna fås som  $V_{\text{oc}}$  vid  $-10^\circ\text{C}$  och  $1000 \text{ W/m}^2$ . För kiselceller kan man ansätta  $V_{\text{max}} > N \cdot V_{\text{oc}} (25^\circ\text{C}) \cdot 1,2$  där  $N$  är maximala antalet seriekopplade moduler och  $V_{\text{oc}} (25^\circ\text{C})$  fås från datablad för modulen och  $V_{\text{max}}$  från datablad för

växelriktaren. Siffran 1,2 kommer från ökningen av  $V_{oc}$  vid  $-10^{\circ}\text{C}$ . I detta sammanhang kan man notera att flera växelriktare har konstruerats så att man har ett  $V_{max}$  för driftförhållanden och ett högre  $V_{max}$  som är aktuellt när växelriktaren inte är inkopplad till nätet och modulerna ligger vid  $V_{oc}$  och därför inte producerar någon ström.

3. Lägsta antalet seriekopplade moduler bestäms av växelriktarens nedre inspänningsgräns,  $V_{min}$ , och den lägsta tänkbara arbetsspänningen från modulerna. Denna fås som  $V_{mp}$  vid  $65^{\circ}\text{C}$  och  $1000\text{ W/m}^2$ . För kiselceller ansätts då  $V_{min} < N \cdot V_{mp}(25^{\circ}\text{C})/1,2$ . Där  $V_{mp}(25^{\circ}\text{C})$  och  $V_{min}$  fås från datablad och  $N$  anger lägsta antalet moduler i serie. Siffran 1,2 kommer från minskningen av  $V_{mp}$  vid  $+65^{\circ}\text{C}$ . I detta sammanhang kan man notera att om skuggning förekommer så sjunker arbetsspänningen med enheter om cirka 15 volt för varje skuggad modul under förutsättning att dess bypass-diod leder förbi strömmen. Slutsatsen av skuggproblematiken vid val av antalet moduler i varje seriesträng är att man ska lägga sig så nära den övre spänningsgränsen som det kan tillåtas.

Om inte 1, 2 och 3 kan uppfyllas samtidigt för de valda komponenterna får man dimensionera om. Detta kan t.ex. innebära att man går från 16 moduler i serie till två parallellkopplade strängar med 8 i serie i varje. Man kan också bli tvingad att använda en växelriktare med andra elektriska parametrar. [12]

### 2.2.3 Materialkvalité

Som nämnts ovan så är fel på fläktar och elektrolytkondensatorer vanliga problem som beror på materialkvalitet.

## 2.3 BOS

Balance of System (BOS) som alltså inkluderar allt förutom solcellsmodulerna så som, multikontakter, kablar, kopplingslådor, DC-brytare, växelriktare och AC-brytare. I viss litteratur definieras växelriktaren inte som en del av BOS.

### 2.3.1 Kablar och kontakter

Det kan uppstå fel i de kablar som kopplar samman solcellsmodulerna med växelriktaren och elnätet, exempel på sådana fel är:

- Bristfällig anslutning av kablar kan leda till ökad övergångsresistans och värmeutveckling
- Feldimensionering av kablar
- Tillverkningsfel kan leda till bristningar, sprickor etc. som i sin tur ökar risken för korrosion
- Användning av fel typ av kablar kan leda till nedbrytning av kablarna p.g.a. UV-strålning [4].
- Undermålig kabeldragning, där man borrar genom takpannor och tätar med silikon
- Hon- och hankontakter som kopplas ihop skall vara av samma fabrikat. Det finns en slags standard för kontakter (MC4) men att två kontakter uppfyller denna är enligt uppgift ingen garanti för ett fuktätt förband med lång livslängd



## 2.3.2 Övrigt

Från intervjun med branschaktörerna delgavs åsikter om att det är viktigt med kunniga installatörer, t.ex. så bör en installatör veta om att modulernas kortsida bör vara installerad emot taknocken för att minska snölasten på infästningarna. Även antalet fästningspunkter i taket bör vara reglerat för att säkerställa kvalitet och hög säkerhet i de installationer som görs. Det finns EN-standarder som beskriver hur fästen ska beräknas men här brister tydligen kunskaperna hos många installatörer/ leverantörer. Användarna vill inte perforera taket och föredrar därför fästen som sätts runt läkt. Om inte läkten förstärkts kan den röra sig, alternativt kan fästena böja ut alltför mycket om de är för få eller felaktigt fördelade vilket kan leda till att pannor knäcks. Detta löstes ibland med fler fästen än vad rekommendationen anger. Grundregeln bör dock vara att fästena antingen görs fast i takstolarna eller i en förstärkt läkt.

Förutom fel i komponenter kan fel på grund av yttre omständigheter uppstå:

- Installatören har inte följt givna anvisningar
- Montören har inte följt givna anvisningar
- Behörig elektriker som enbart godkänner den färdiga anläggningen och ansluter den till nätet har inte kontrollerat hela anläggningen
- Bristfälliga anvisningar för installation och/eller montering [6]
- För dålig lastbärande förmåga hos underliggande tak
- Jordningsfel [10]
- Sabotage
- Extrema väder
- Blixtnedslag
- Skador på grund av djur [4].
- Överspänningsskydd för växelriktare både från modulsidan och från nätsidan som löser ut

## 2.4 Effekter av fel i system

När ett fel uppkommer i en solcellsanläggning leder det generellt till att:

- Energiutbytet minskar eller uteblir helt.
- Materialnedbrytningen i komponenter ökar.
- Risken för elektrisk fara ökar.
- Risken för brand ökar [4].

## 2.5 Förslag till metoder för att upptäcka fel

De två vanligaste standarder som solcellsmoduler testas enligt och certifieras för är IEC 61215, 61646 och IEC 61730. IEC 61215 fastställer krav på utformning, kvalifikationer och typgodkännande av markbundna kristallina solcellsmoduler lämpade för långvarig

drift i allmänhet i utomhusklimat, enligt definitionen i IEC 60721-2-1. IEC 61646 ställer motsvarande krav för tunnfilmssolceller. Ändamålet med denna testsekvens är att bestämma de elektriska och termiska egenskaperna hos modulen och för att visa, inom rimliga begränsningar i kostnad och tid, att modulen är i stånd att motstå långvarig exponering i klimat som beskrivs i tillämpningsområdet. IEC 61730 beskriver de grundläggande konstruktionskrav för solcellsmoduler för att ge säker elektrisk och mekanisk drift under sin förväntade livstid. Specifika delar i standarden finns för att bedöma och förebygga elektriska stötar, brandfara och personsador på grund av mekaniska och miljömässiga påfrestningar.

Följande tester anser vi speciellt viktiga för att säkerställa en solcellsmoduls prestanda och säkerhet och bör därför ingå i en jämförande provning

- Tunnare ledare kan leda till spruckna celler vilket kan leda till minskad elektrisk kontakt och "hot spots". Degradering och ökad resistans hos moduler kan upptäckas med hjälp av mätningar i "flasher" Vid mätningar i "flasher" ges solcellsmodulens I-V kurva. Från I-V kurvan kan degradering och ökad resistans utläsas om rätt kunskap finns hos utföraren [10]. Spruckna celler kan även upptäckas med hjälp av s.k. "electroluminescence imaging". [6]
- Undersöka funktionen hos solcellerna i solcellsmodulen genom att använda IR-kamera. Solcellerna måste vara belysta för att testet skall ge resultat. Avvikande temperaturer indikerar att något är fel [10].
- Inkapslingens funktion kan kontrolleras dels genom visuell inspektion men även genom åverkan som skall likna hårda yttre förhållanden mer anpassade till skandinaviskt klimat kombinerat med exponering för UV och temperaturcyklning [6].
- I tillägg till testerna i IEC-standarderna ovan bör provning och certifiering av infästningsanordningar för moduler finnas med. Detta gäller både vind och snölast i vinkel samt vinkelrät mot modulens horisontalplan för att simulera en lutande monterad modul med snö på samt en vinkelrät last på en liggande modul. Här är det viktigt att testa modul och infästning som en enhet för att simulera ett verkligt fall. Här är det även viktigt att titta på hur modulerna ska fästas i taket. Även antalet fastsättningspunkter i taket bör vara reglerat för att säkerställa kvalitet och hög säkerhet i de installationer som görs. Det finns EN-standarder som beskriver hur fästen ska beräknas men här brister tydligen kunskaperna hos många installatörer/ leverantörer. Dessa "Eurocodes" standarder bör studeras och användas vid testning av laster på moduler och infästningar, se även avsnitt 8.4.1.4. Användarna vill inte perforera taket och föredrar därför fästen som sätts runt läkt. Om inte läkten förstärkts kan den röra sig, alternativt kan fästena böja ut alltför mycket om de är för få eller felaktigt fördelade vilket kan leda till att pannor knäcks. Detta löstes ibland med fler fästen än vad rekommendationen anger. Grundregeln bör dock vara att fästena antingen görs fast i takstolarna eller i en förstärkt läkt. Utökade provning av infästningar är inte enbart viktigt för att kontrollera säkerhet vid vind och snölast utan även för att kontrollera säkerhet vid brand i byggnad med solcellsmoduler på taket. Moduler som faller från tak till följd av brand kan vara en fara både för allmänhet och för räddningstjänst.

## 3 Marknadsundersökning

Inom ramen för IEA PVPS programmet sammanställs varje år nationella rapporter för medlemsländerna där utvecklingen inom solelområdet bland annat beskrivs i termer av industrins produktionsvolym, marknadsutveckling och en aktörsöversikt som omfattar såväl tillverkning som forskning, leverantörer, installatörer m.fl. Undersökningen som redovisas i detta avsnitt är tänkt som ett komplement till PVPS rapporten [15]. Syftet är att ge en bild av utbudet av produkter på den svenska marknaden, av hur leverantörerna redovisar provningar, vilka garantier som erbjuds och i vilken utsträckning man erbjuder kompletta paketslösningar och nyckelfärdiga leveranser.

Målsättningen för denna undersökning var ursprungligen att beskriva utbudet även på den norska, danska och finska marknaden, men responsen på de enkäter som skickats ut var så svag att det bestämdes att begränsa undersökningen till Sverige.

### 3.1 Aktörer

Aktörerna i detta sammanhang är företag som säljer och i många fall även installerar solkomponenter och system. E-postadresser har hämtats in via PVPS sammanställningen och Svensk solenergis medlemsregister och totalt har enkäter skickats ut till drygt 100 olika svenska företag. Lika många företag har e-postats i Danmark, i Finland har åtta företag E-postats och i Norge 14 företag. Från svenska företag har 11 svar kommit in varav 9 var någorlunda komplett besvarade. Inga svar har kommit in från något av de övriga länderna. Av de företag som besvarat enkäten finns endast ett par av de mer väletablerade företagen med. Utbudet av produkter från väletablerade företag som inte besvarat enkäten finns oftast väl beskrivet på företagets hemsidor, se t.ex. [15] för en förteckning över merparten av aktörer. Slutsatserna som dras från enkätsvaren i det följande bör ses i skenet av den låga svarsfrekvensen och vi har därför särskilt kommenterat vissa slutsatser som vi vet inte är representativa för marknaden som helhet.

### 3.2 Komponenter och system

De komponenter som efterfrågas i enkäten är solcellsmoduler, konventionella växelriktare och mikroväxelriktare, monteringsutrustning och ellagringsenheter. Respondenterna har haft möjlighet att ange valfritt antal produkter, men har som regel angett mellan en och fyra olika typer av moduler och lika många växelriktare. I fallet moduler kan man utgå från att de flesta i praktiken har ett betydligt större utbud men inte ansett det meningsfullt att ange alla varianter eftersom vi vet att de allra flesta tillverkare erbjuder ett stort spann av storlekar, färger m.m.

Under rubriken ”Mest sålda modeller, kompletta system och nyckelfärdiga lösningar” har vi ställt frågor om vilka moduler respektive växelriktare som säljer mest och om man har någon vanligt förekommande kombination av moduler och växelriktare som man erbjuder som en paketslösning. Här frågar vi också om man erbjuder nyckelfärdiga lösningar eller endast levererar produkterna.

### 3.2.1 Solcellsmoduler

Av svaren gällande solcellsmoduler kan man konstatera att:

- Kinesiska moduler är helt dominerande men det finns företag som enbart säljer tyska (eller polska) produkter
- Ingen erbjuder moduler tillverkade i Norden (Men vi vet att sådana finns att tillgå)
- Polykristallint kisel överväger men många erbjuder även moduler baserade på monokristallint kisel
- Ingen av de som svarat erbjuder tunnfilmsmoduler (Men vi vet att olika typer av tunnfilmsmoduler finns att tillgå)
- Modulerna ligger på mellan 200 och 300 Wp och har en verkningsgrad på 15 och 17 % (Men vi vet att det finns både större och mindre moduler och moduler av kristallint kisel med verkningsgrader på upp emot 20 % på den svenska marknaden)
- En tioårig produktgaranti har tillkommit hos flertalet leverantörer sedan den jämförande provningen 2010. Enligt uppgift är denna i vissa fall uppbackad av en försäkring som träder i kraft om tillverkaren i fråga skulle gå i konkurs
- I stort sett samtliga moduler är testade enligt de två viktigaste standarderna på området IEC 61215 alt. 61646 samt IEC 61730-2 och uppfyller konstruktionskraven i IEC 61730-1
- Två produktcertifieringar nämns, TUV respektive Kiwa. Någon har angett en rad standarder och en ”CE” men det är tveksamt om detta rör sig om certifieringar.

Tabell 1

Företag nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Årtal som företaget etablerades	2010	2009	2011	2011	2010	2011	2008	2007	2007
Antal redovisade modultyper	1	3	4	3	1	4	4	1	1
Tillverkare och ursprungsland:	ET Solar, Kina	SolarWorld AG Tyskland	PPAM.se Sweden AB Kina	JA Solar	Xdisc -Polen	Suntech, LDK, Simax, CNPV	Trina Solar Kina, Solar World, Phono Solar Kina	Schueco	Et- solar Kina
Typbeteckning:	Olika	Sunmodule+ Poly, Sunmodule+ Mono Black, Sunmodule Protect	PPAM Onyxium Q 300 W	JAP6-245, JAP6-255, JAM6 BK 255	XSOL-240P-WS	STP250, LDK250D, SM660-255, CNPV250	SW250MONO, SW250POLY, PS250P-20	MPE 245 PS 02	ETP660255WW
Celltyp:	Poly och mono	Poly och Mono	Quasi-mono, Poly, Mono	POLY, Mono	monokristallin	-	Mono, Poly	Poly	Polykristallina
Toppeffekt vid STC [Wp]	200-255	245-270	300	245-255	240	-	245-270	245W	255Wp
Moduleffektivitet [%]:	15,0%	15,5%-16,1	15 %-16	14,98%-15,6	16,5%	-	15,9%-17	16,0%	15,7%

Företag nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>Ev. integrerad microinverter, optimer eller liknande:</i>	-	Nej		NEJ	nej	n	NEJ	Nej	Nej
<i>Ev. garanti förutom "25 års effektgaranti":</i>	Olika	86,87% effekt efter 25 år.	10 års produktgaranti	NEJ	10 år	Övrig info se bif datablad	10 years product workmanship warranty	10 år	10 år
<i>CE-märkning: Ja/ Nej</i>	Ja	Ja	Ja	JA	ja	-	JA	ja	Ja
<i>Testad enligt EN(IEC) 61215 alt. 61646: Ja/ Nej</i>	Ja	Ja	Ja	JA	ja	-	JA	ja	Ja
<i>Konstruktionskrav enligt EN (IEC) 61730-1 Photovoltaic (PV) module safety qualification – Part 1: Requirements for construction: Ja/ Nej</i>	Ja	Ja	Ja	JA	ja	-	JA	ja	JA
<i>Testad enligt Part 2: Requirements for testing: Ja/ Nej</i>	Ja	Ja	Ja	VET EJ	ja	-	JA	ja	-
<i>Eventuell certifiering, t.ex. TÜV. <u>Ange vilken.</u></i>	-	TÜV Power Controlled, TÜV Factory Inspection, Certifierad som motståndskraftig mot salt enligt IEC 61701:1995	TuV OEM	JA	CE	-	IEC 61701 IEC 60068-2-52,  PID EN61701 EN60068-2-60 IEC60068-2-68 DIN4102-1 ENSIO11925-2 DINVENV1187-1 DINEN13501-5 Ökotest MCS010-1.5MCS005-2.3  IEC60068-2-68 AECTP300, mthode313, procedure2 UL ETL	KIwa Quality	-
<i>Lager/beställningsvara:</i>	Ja/Ja	Beställning	Lager (beställning)	LAGER	lager	Best (Lager)	Lager	lager	Lagervara

### 3.2.2 Växelriktare och power optimizers

Av svaren gällande växelriktare och power optimizers kan man konstatera att:

- Samtliga växelriktare utom en är Europeiska (Det finns även produkter från Asien på marknaden och inom de kommande två åren förväntas hård konkurrens från nya kinesiska aktörer på samma sätt som varit fallet med PV moduler)
- Tre olika typer av mikroväxelriktare finns med bland produkterna
- Effekter i intervallet 1,6-20 kW, en- och trefas med en eller flera MPP-trackers erbjuds (Det finns i praktiken ingen begränsning uppåt i storlek och mikroväxelriktare bör rimligen, även om det inte angetts här, ha en lägre effektkapacitet än 1,6 kW)
- Fem år är fortfarande, liksom vid de jämförande provningarna 2010, ”standardgaranti” för växelriktare, men några erbjuder som det ser ut tio år som grundgaranti
- Samtliga produkter anges vara CE-märkta och de flesta är testade/ uppfyller kraven i de tre vanligaste standarderna för växelriktare
- På samma sätt som för moduler, men än mer uttalat, saknas relevanta uppgifter om certifiering av växelriktarna

Tabell 2

Företag nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>Antal redovisade växelriktartyper</b>	Flera	Flera	4	4		4	4	1	1
<i>Ange om det gäller en konventionell växelriktare (1), en micro inverter (2) eller en (modulintegrerad) power optimizer (3)</i>	1	1	-	1	-	1, 1, 1, 2	1, 2, 1, 1	Konventionell	1
<b>Tillverkare och ursprungsland:</b>	Fronius och SMA	SMA, Tyskland Kostal, Tyskland	SMA Tyskland Danfoss Danmark/Kina Fronius	Fronius symo 3,0-3, Österrike Fronius ig plus 150v-3, Österrike Steca 8000+, tyskland Solar edge 10k separata optimeringsboxar, Israel	Diehl	SMA Tyskland	Power-One Italien	EMS Tyskland	SMA Tyskland
<b>Typbeteckning:</b>	Olika	Alla Sunny Boy, Sunny Tripower Alla Kostal Piko	STP 5-20000TL, SMC 6-11000TL 12.5 K TLX IG 35 Plus V-1	Fronius symo 3,0-3 Fronius ig plus 150V-3 Steca 8000+ SE10K	Platinum 2100s	SB1300-2100TL, STP5000-9000TL, STP10000-17000TL	PVI-3.0-TL-OUTD	EMS 3000	STP 10000TL

Företag nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
						MAC250			
<b>Typ: Enfas/ trefas</b>	Olika	Både och	Trefas Enfas, Trefas med power balancer Trefas Enfas	3-FAS	Enfas	1, 3, 3, 1	Enfas	Enfas	Trefas
<b>Typ: Enkel/ multisträng</b>	Olika	Multi	Multi 2 MPPT Multi 1 MPPT Multi 3MPPT Multi 1 MPPT	ENKEL Multi Multi Multi	Multi	Multi, Multi, Multi, Enkel	Multisträng	Enkel	Multi
<b>Nominell effekt [W]</b>	Olika	1600-17000 3200-10100	5 -20 000 6-11 000 12500 3500	3000WATT 12000 Watt 8000 Watt 10000 Watt	1,9kw	-	3000	3000	100000
<b>Omfattning av den garanti som ingår i grundpriset:</b>	Olika	5 år	5 år	5År 5 År 5 År 10 År	10år	5 år produktgaranti	10 ÅR	5 år	5 år
<b>CE-märkning Ja/ Nej</b>	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja		Ja	Ja	Ja
<b>Testad enligt någon av nedanstående standarder? Ange: Ja/Nej</b>		-	-	-		All övrig info, se bif datablad	-	-	-
<b>EN 50178 Electronic equipment for use in power installations</b>	Ja	-		Ja	Ja	-	Ja	Ja	Ja
<b>EN 62109-1 Omformare för solcellsanläggningar - Säkerhet - Del 1: Allmänna fordringar</b>	Ja	-	Ja	Ja	Ja	-	Ja	Ja	Ja
<b>EN 62109-2 Omformare för solcellsanläggningar - Säkerhet - Del 2: Särskilda fordringar på växelriktare</b>	Ja	-	Ja	Ja	Ja	-	Ja	Ja	Nej

Företag nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>IEC 62548 Photovoltaic (PV) arrays - Design requirements</i>	-	-	-	Ja	Ja	-	Ingen uppgift	Ja	Nej
<i>EN 61727 Characteristics of the utility interface</i>	-	-	-	Vet ej	Ja	-	Ja	Ja	Nej
<i>Någon annan standard?</i>	61000-3-2, 61000-3-11, 61000-3-12, 61000-6-2, 61000-6-3, 62233:2008	-	-	Vet ej	-	-	EN6100-6-1 EN61000-6-3 EN61000-3-2 EN61000-3-3 EN50438 EN62311	Nej	Ja
<i>Eventuell certifiering, t.ex. TÜV (ange vilken)</i>	-	-	-	-	CE	-	ISO 14001 IEC 61215 IEC 61730 IEC 61730-1 IEC 61730-2 G83/1 G59/2-1 IEC62116	?	Ja
<i>Lager/beställningsvara:</i>	Ja/ja	Beställning		Lager	Lager	Best	Lager	Lager	Ja

### 3.2.3 Monteringsutrustning

Från intervjuerna med branschaktörer som redovisas i avsnitt 4 framkom att monteringsutrustningar som takfästen liksom takgenomföringar ganska ofta var föremål för slarv och/ eller okunskap kring hur de ska dimensioneras och monteras. I skenet av detta skulle det ha varit intressant med fler frågor kring dessa komponenter. Som det nu är får vi nöja oss med att konstatera att alla har någon form av färdig lösning och att de flesta tycks kunna hantera alla typer av tak- och markmontage. Endast en aktör nämner fasadmontage som en möjlighet, men här finns det med säkerhet ytterligare ett antal aktörer i Sverige som kan hantera komplexa fasadmontage.



Tabell 3

Företag nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>1. Vad erbjuder ni för slags monteringslösningar? (T.ex. en standardlösning för utanpåliggande montering på tak, på mark, integrerat i tak eller liknande.)</b>	Utanpåliggande tak och mark	Kundanpassade lösningar för utanpåliggande montering på tak, på mark, integrerat i tak etc	Alla olika tak, ovanpå tak upplutat och fristående på mark.	Flera olika lösningar beroende på taktyp eller markinstallatörens.	Inkluderar komplett takfäste för olika typer av tak och takpannor. Man kan välja 4 olika sorter för att det skall passa.	Utanpåliggande montering på alla taktyper, markställningar i metall och trä	Vi erbjuder både standardlösningar för takmontage, integrerade lösningar samt markmontage	Allihop	Std lösningar för tak, samt även mark och fasadinstallationer.

### 3.3 Mest sålda modeller, kompletta system och nyckelfärdiga lösningar

Av dessa svar kan man konstatera att:

- I många fall står en modul typ och en växelriktartyp för minst 50 % av försäljningen
- Varaktigheten på både moduler och växelriktare i sortimentet hos var aktör är allt ifrån en månad till fyra år vilket inte ger någon vägledning om hur ofta produktportföljen ändras hos en viss aktör
- Standardiserade paketlösningar verkar inte vara särskilt vanliga, men i den mån de finns ligger de i intervallet 3-5 kWp
- Nästan alla som svarat erbjuder nyckelfärdiga lösningar

Tabell 4

Företag nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>1. Vilken modul är den mest sålda och hur stor andel av er totala modulförsäljning står den för?</b>	240 W, ET Solar	SolarWorld Sunmodule+ Poly. 80%	PPAM Onyxium Q 280-310 W, PPAM Paladium 280-300 W.	JAP6-255 60%	En modul säljs i olika stora paket	LDK250D står för ca 50% av försäljning	Trina Solar 255	Schueco 100%	ET solar p 660 Ca 70%
<b>2. Hur länge har den funnits i ert utbud?</b>	1 år	4 år	Sedan start 2011.	1ÅR	1 månad	1år	2013 våren	4 år	ca 2år

Företag nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>3. Vilken växelriktare är den mest sålda och hur stor andel av er totala försäljning står den för?</b>	Fronius IG Plus 60 86 %	SMA Sunny Tripower. 70%	SMA Sunny Tripower 8000TL och SunnyMiniCentr al 6-11000TLRP	FRONIUS IG PLUS SERIEN 60%	Vi har precis startat försäljning	STP5000 står för ca 50% av försäljning	Power One och SMA	ems 100%	SMA 60%
<b>4. Hur länge har den funnits i ert utbud?</b>	1 år	3 år	Tripower 8000TI sedan 2012. MiniCentral äldre, säljs endast med nyckelfärdig lösning.	2 ÅR		11 mån	2013 våren	4 år	ca 3år
<b>5. Vilken kombination av moduler och växelriktare är den mest sålda (ex: 3 st moduler och 1 st växelriktare)? <u>Ange typbeteckning för respektive komponent.</u></b>	24 moduler, 1 växelriktare	Nej, det var en konstig fråga. Det är vanligast med trefas- installationer. Och det är ungefär lika vanligt att det är en växelriktare som att det är flera växelriktare. Antalet moduler är aldrig samma.	24-34 st PPAM Onyxium Q/Paladium tillsammans med STP8000TL.	22st 255Wp moduler till 1st Fronius ig plus 55v-3		12st moduler (LDK250D) samt 1st växelriktare (STP5000)	Varierande, går inte att ge ett svar på detta	12 st Schueco i st ems 3000	Mycket stora variationer
<b>2. Vad erbjuder ni för slags installationslösningar? T.ex. ”Enbart komponenter, Kompletta system eller Nyckelfärdiga system”</b>	System	Nyckelfärdiga system	Nyckelfärdiga system	Flera olika lösningar beroende på kund.	Komplett system Vi kommer även att snart kunna erbjuda montering.	Allt från enstaka komponenter till nyckelfärdiga system inkl elbehörighetskrävan de arbete och driftsättning, support, tillbehör	Vi erbjuder både komponenter, kompletta system, paketlösningar och nyckelfärdigt (inkl.installatio n)	Nyckelfärdiga	Allt från enbart materialsatser till nyckelfärdiga anläggningar

### 3.4 Lagringsenheter

Lagringsenheter för el subventioneras i viss utsträckning i Tyskland där man nu på olika sätt försöker att öka mikroproducenternas egen användning av solel. Tydligt finns även i Sverige ett visst intresse för sådana lösningar.

Tabell 5

Företag nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Erbjuder ni lagringsenheter för elenergi som är till för att användas i en <u>nätansluten</u> anläggning? (OBS inte lagringsenheter som är till för stand-alone system)	Nej	SolarWorld SunPac är en batterilösning för nätanslutna solcellssystem. Vi försökte sälja det till EON i deras projekt i Västra Hamnen ("Hållbarheten"), men de tyckte det var för dyrt och ville hellre göra en egen lösning (jag tror de håller på med det.) Vi har kundförfrågningar men vi har inte gjort ett ärligt försök igen, eftersom vi tror att nätbolagen skulle bli förskräckta, och då finns det ingen lönsamhet för oss att försöka trycka igenom ett sånt system, vi skulle få lägga eoner av tid på diskussion med nätbolag. (Det var det som hade varit så bra om EON hade köpt lösningen, då hade vi inte haft några nätbolagsproblem.)	Ja, men inte sålt. Erbjuder SENECS IES HOME G2	Nej	Nej	Ja	-	Nej	Nej

### 3.5 Övriga kommentarer

Svaren kommenteras vart och ett i anslutning till respektive svar nedan.

Tabell 6

Företag nr.	Kommentar
1	<p>Om ni får in svar om solcellsmoduler från ZN Shine Solar eller ET Solar, kolla gärna upp deras påstådda certifieringar. Nu ser jag att ZN Shine Solar har lagt upp certifikat på sin hemsida, det hade de inte sist jag kollade. ET Solar har ett IEC61215 certifikat utfärdat av TÜV Rheinland för en av sina modeller, M572 på hemsidan. Men inte för någon av de andra modellerna. En annan sak: för mig är det skillnad om det står "Testad enligt IEC61215" (som jag ser ni har skrivit), eller om det står "Certifierad enligt IEC61215." Är den certifierad, då har den klarat testet. Det kan man inte vara säker på när man bara säger testad enligt.</p> <p><b>SP:</b> Om modulen är testad enligt IEC 61215 skall detta framgå av märkning på modulen och leverantören ska även kunna redovisa en testrapport. Det är mindre troligt att en sådan rapport skulle visa att modulen <i>inte</i> klarat något av testerna, men visst kan det förekomma. Vår uppfattning av innebörden av en certifiering är att testerna som ligger till grund för den är utförda av ett ackrediterat labb och att en tredje part (ett certifieringsorgan) säkerställer att den produkt som produceras löpande motsvarar den som ursprungligen testades. Vår uppfattning är att "certifiering" och "provning" ofta blandas samman när man talar om "IEC-certifiering" som egentligen är provning enligt IEC standarder.</p>
2	Bifogar också ett produktblad med lista över övriga standarder för växelriktare ,

5	<p>Marknaden är inte mogen och min erfarenhet är att alla solcellsanläggningar är unika med dess förutsättningar. Det är stor variation på storlek på system därav lite svårt att avgöra vilken/vilka produkter som säljs som mest. Eftersom anläggningen optimeras m.a.p. förutsättningarna använder vi alla varianter av växelriktare från Tyska SMA enligt bif datablad. Jag använder solceller från den tillverkaren som är bäst för tillfället eftersom jag importerar själv. Priserna varierar mycket och är därför även här svårt att avgöra vilka moduler som är vår storsäljare.</p> <p><b>SP:</b> Detta stämmer med vad flera aktörer påpekat vilket innebär att en eventuell certifiering måste vara flexibel och, i den mån system skall certifieras, måste det gå fort att få en certifiering på plats om det skall vara intressant för leverantörerna.</p>
8	<p>Där vi upplever att det finns hinder för solcellsteknikens utbredning i Sverige just nu är: Leverantörer har inte dokumentation på svenska, vilket är ett krav för bl a CE-märkning. Leverantörerna har i vissa fall svårt att tillgodose de svenska särkraven för säkerhetsinställningar mot elnätet. Handläggningen och kraven från de enskilda nätbolagen är spretiga. En nationell enighet om vad som ska gälla efterlyses.</p> <p><b>SP:</b> Flera av dessa kommentarer återkommer i aktörsintervjuer och i enkäter till privatpersoner</p>
10	<p>Hej Peter!  Jag fyller inte i dokumentet men kan ge lite tips!  Photon lab. Testar paneler varje år. Där får du oberoende info om paneler och inverters.  Vi har sålt paneler från Swemodule, Yingli utan några som helst problem. Inverters från SMA, powerstoc, Involar.  Det branschen sett utomlands är att vissa paneler tappar effekt, kiselns flagnar, backsheetet spricker, kortslutning pga dåliga lödningar därav slutar många med billiga Kina paneler och tittar på kvalitet istället det vi inte gör i Sverige. Här är priset viktigast.</p> <p><b>SP:</b> Testerna som Photon genomför är omfattande vilket även gäller den påföljande redovisningen av resultat som troligen är väl avancerad för den genomsnittlige privatperson som funderar på att investera i en anläggning. Ett par av de intervjuade aktörerna har också lyft denna möjlighet som ett alternativ till att SP ska testa produkterna vilket diskuteras i avsnitt 9</p>

## 4 Fördjupningsintervjuer om marknadsutveckling och utformning av test

Syftet med den här delen av förstudien har främst varit att få en återkoppling från branschen med synpunkter på vårt tänkta upplägg kring en jämförande provning och möjligheterna att etablera någon form av systemcertifiering. Ett annat syfte har varit att få in mer information om kvalitetsproblem i branschen, i tillägg till den litteraturstudie som genomförts. Den senare delen visade sig ge en hel del ny information som inte framkommit av de rapporter vi funnit. Dessa erfarenheter och funderingar kring kvalitetsfrågorna redovisas tillsammans med resultaten från litteraturstudien i avsnitt 2. Följande branschaktörer har intervjuats:

- Branschföreningen Svensk Solenergi (Jan Olof Dalenbäck)
- Schueco (Olleper Hemlin)
- Solentek (Klaus Lorenz)
- Egen Solochvind (Claus Michaelsen)
- Heliosolutions (Martin Hallerdt)
- Energibanken (Mats Andersson)
- Aktiv sol (Bengt Nyberg)

Redovisningen följer upplägget i enkäten som använts som underlag för intervjuerna. Enkäten återfinns i [Bilaga 3](#).

### 4.1 Aktörsinformation

Tabell 7

Aktör	Aktiviteter	Tid i branschen	Antal anställda	Geografisk täckning
1	Totalentreprenör Säljer och installerar solel och solvärme. Främst mindre system	Fem år	Egen + inhyrda vid behov	Skåne ( Danmark)
2	Konsult. Främst större system	Mer än tio år	Egen + samarbete i nätverk	Hela landet
3	Fram till 2012 aktivt som tillverkare, konsult, leverantör	Cirka tio år	Ensam Sverigerepresentant för solenergidelen i ett stort företag	Sverige, Finland, (Norge)
4	Tillverkare, importör, leverantör av nyckelfärdiga anläggningar. Små till stora system.	Mer än tio år	En säljare samt några montörer...samarbeten efter behov	Sverige, Finland
5	Importör, leverantör, rådgivning, (installationer)	Två år	Fem-sex personer	Främst Mellansverige
6	Importör, leverantör, konsult, installatör	Mindre än ett år	Ensam i samarbete med behörig elektriker	Delar av Skåne
7	Importör, leverantör, konsult, installatör, prestandauppföljning	Tre år	Sex pers: Säljare, projektör, installatörer	Småland (resten av Sverige)

### 4.2 Allmänt om den svenska solelmarknaden

Det har inte ställts några konkreta frågor om marknaden utöver frågorna som berör kvalitetsproblem därför kan någon samlad bild av hur man ser på läget i Solsverige inte ges. Den allmänna uppfattningen verkar dock vara att branschen är sund och få aktörer har haft något att rapportera om oseriösa aktörer eller utbredda brister beträffande kvalitet eller kompetens. Här följer några spridda kommentarer beträffande läget på den svenska marknaden (Kvalitetsproblemen avhandlas som sagt separat i avsnitt 2):

- Kunskap hos nätägarna om krav på CE-märkning och andra krav är för dålig i samband med anslutningsanmälan. Som installatör kan man få olika besked från olika nätägare vilket skapar merarbete
- Importörer/ tillverkare har svårt att jobba med återförsäljare på grund av pressade priser och låga marginaler. Detta gör att importörer ofta måste arbeta direkt mot kund. Det är en rörig bransch, svårt att veta hur man ska jobba, t.ex. var/ när man bör gå direkt mot kund och när man ska gå via återförsäljare
- Vi förväntar oss att försäkringsärenden snart kommer att börja diskuteras. Är förvånad att försäkringsbolag varit så pass förstående hittills (Kan t.ex. gälla åsknedslag i elektronik eller läckande tak)
- Fullkomligt idiotisk prispress på den svenska marknaden som inte kan mäta sig med t.ex. den tyska där jättevolymer motiverar pressade priser
- Exempel på tveksam marknadsföring: Herr X på företaget Y har en modul som han tagit fram egna datablad på. Skulle gärna se en opartisk verifiering av dessa data.
- Svenska marknaden drivs av offentlig upphandling där lägsta pris gäller → All offentlig upphandling resulterar i moduler från Asien. Detta främjar effektivitet men inte kvalitet. ”Marknaden borde vara mer marknadsdriven.”
- Regler för totalentreprenader-ABT 06 fungerar oftast som vägledning i större projekt. ”Konsulterna negligerar punkter som är avgörande för kostnader, t.ex. inställetid, säkerhetsaspekter och andra krav. Det är i princip vedertaget att arbeta på detta sätt och den som struntar i vissa krav kan ge lägre pris i offerterna.”
- ”Jag har inte mött någon energirådgivare som jag bedömt kunnat ge relevanta svar på frågor från potentiella solelkunder.”
- Jag bedömer att så gott som alla kvalificerade modultillverkare har resurser för att hålla hög kvalitet. Har synat 10-12 leverantörer av vilka de flesta levererar flash certifikat. Eventuellt kan vi framöver få se problem med växelriktare där det kommit en uppsjö från Kina senaste 2-3 åren. Dessa saknar referenser bakåt i tiden. Prisras på växelriktare är att vänta.
- ”Förvånande att Elsäkerhetsverket inte har tydligare regler. Jag har sett många exempel på brister p.g.a. detta. På elfackmässan i Göteborg redovisades andra, ej dokumenterade installationsvägledningar om jordning t.ex. med jordspett eller eventuellt icke jordade vilket går stick i stäv med gällande föreskrifter.”

### 4.3 Kommentarer på planerat upplägg

Intervjun med branschaktörerna innehöll tre frågor om hur SP och Energimyndigheten kan verka för en positiv marknadsutveckling, generellt (fråga 1), genom att etablera en "testsite" för moduler och växelriktare/ genomföra en jämförande provning (fråga 2) och genom att SP tar fram en certifiering av solelsystem (fråga 3). Svaren från de olika aktörerna presenteras nedan i anslutning till respektive fråga.

1. SP genomförde 2010 på Energimyndighetens uppdrag en jämförande provning av 8 nätanslutna solelsystem. Hur kan Energimyndigheten och SP på bästa sätt framgent bidra till att öka konsument/ beställarintresset och till att produkter och system av låg kvalitet inte ger solelen dåligt rykte?

Tabell 8

Aktör	Kommentar
1	Viktigt med utbildade, ev. certifierade installatörer
2	Installatörskompetens är viktigt! Säljaren av systemet ska utbildas för att i sin tur kunna vägleda sina installatörer
3	Bra att frågorna lyfts. Att en opartisk aktör kommer in gynnar seriösa aktörer
4	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Klara anvisningar o regler som finns tillgängliga även för allmänheten, vad bör man tänka på.</li> <li>- Solelprogrammets bra, men alltför omfattande.</li> <li>- Slutkunden borde kunna ha möjlighet att ge feedback till någon efter färdig anläggning, som ett krav för utbetalning av stöd.</li> <li>- Certifiering av installatörer. Endast godkända installatörer (leverantörer till slutkund). I första hand teoretiska kunskapskrav.</li> </ul>
5	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Krav på hållfasthetsberäkningar?</li> <li>- Hur ska branschen kunna skilja på bra o dålig kvalitet?</li> <li>- Vi förlitar oss på en tysk leverantör</li> <li>- En kinesisk firma lämnar 12 års produktgaranti med intyg från försäkringsbolag som tar över om tillverkaren går i konkurs</li> <li>- "Alla går ut med 10 års produktgaranti på moduler o 5 år på VXR som kan ökas mot merkostnad"</li> </ul>
6	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ett "offentligt forum" där användare kunde dela med sig av sina erfarenheter skulle vara bra</li> <li>- En förteckning över moduler med prestanda o priser</li> </ul>
7	<p>Installatörscertifiering (Finns alldeles för mycket slarviga installationer...jordning förbises, slarviga montage av takgenomföringar och takfästen)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Harmoniserade installations/ elsäkerhetsföreskrifter</li> <li>- Fältbesiktning av befintliga installationer</li> </ul>

2. SP söker stöd från Energimyndigheten för att sätta upp en ”testsite” för solcellsmoduler och växelriktare. En kombination av korta tester och långtidsexponering av moduler samt beräkningar av systemutbyten baserat på dessa data är tänkt att ge ett omfattande underlag för konsument/ beställarinformation till förhållandevis låg kostnad. Kommentarer?

Tabell 9

Aktör	Kommentar
1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bra om SP kan testa moduler.</li> <li>- Viktigt att verifiera prestanda vid låg instrålning.</li> </ul>
2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tror inte att en jämförande provning kommer att ge annat än att bekräfta katalogdata.</li> <li>- Kanske vore det mer lönt att göra stickprov på anläggningar i fält.</li> <li>- Stora entreprenörer som vi har förtroende för jobbar med betrodda leverantörer</li> </ul>
3	
4	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Klokt. Koppla in mekanik (infästningar) och systemplanering, takgenomföringar.</li> <li>- Mycket små skillnader mellan moduler o VXR ur kapacitetssynpunkt. Kina har två kvalitetsnivåer: En för Europa, en för hemmamarkanden. Nästan all import till Tyskland har hög kvalité.</li> </ul>
5	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Skeptisk till att testa ”redan testade moduler”. Om det är så att vi lever i det blå så vill vi dock veta det.</li> <li>- Föreslår att SP kollar med tyska kollegor om deras erfarenheter</li> <li>- Tror inte på att SP beräknar utbyten för systempaket därför att marknaden är så dynamisk och leverantörer byter moduler som andra byter skjorta</li> <li>- Tycker att alla leverantörer skulle enkelt kunna lämna bra uppgifter om utbyten som inte skiljer så mycket</li> <li>- Strängdimensionering och skillnader mellan centrala och microinverters hur delskuggning fungerar osv är svårt.</li> </ul>
6	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bra att testa olika produkter</li> </ul>
7	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tveksam till att testa ”redan testade produkter” men ser samtidigt ett behov att sortera bort produkter som marknadsförs av ”lycksökare”. Är dock tveksam till om detta är rätt lösning.</li> </ul>

3. Om SP tog fram ett system för kvalitetscertifiering/ märkning av system, exempelvis en P-märkning, baserat på dessa data: Vad ser ni för för- och nackdelar med ett sådant system?

Tabell 10

Aktör	Kommentar
-------	-----------



1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Om moduler ska certifieras så ska det vara enligt existerande IEC standarder.</li> <li>- Franska erfarenheter av systemcertifiering var att det var ett alldeles för tungt system. Får inte bli för tungt för mindre företag, varken ekonomiskt eller administrativt.</li> <li>- Viktigt med ett system där en certifiering går att få till på relativt kort tid eftersom utbudet på marknaden ändras så snabbt.</li> </ul>
2	-
3	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Leverantör mot leverantör kanske kan slå snett. Kanske renare att köra det på en generell nivå?</li> <li>- Vem ska vara med som "Leverantör"? Installatör eller systemleverantör? Vem ska ta kostnaderna?</li> <li>- Kontakta tyska institut. Uppfinn inte hjulet på nytt.</li> <li>- SP ska inte upplevas som en myndighetsutövare. Pålagor på små företag kan bli väldigt jobbiga.</li> <li>- Nya modulserier kommer fort, marknaden vill ha varor. SP kanske inte kan svara på dessa behov. Info kan finnas på annat håll: Kan SP köpa data från T.ex. Tyskland och förädla dem till systemdata?</li> </ul>
4	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mest fördelar om certifieringen är vettigt upplagd.</li> <li>- Gärna med SP test av fästen. Kunde delas upp på två. Mest problematiskt på villasystem och då alltid sluttande tak.</li> <li>- Plantaxsmekanik har utvecklats enormt sista åren</li> <li>- Finns ett typgodkännande för montageutrustning i Tyskland. Schletters produkter ser inte så mycket annorlunda ut jämfört med ett klenare</li> </ul>
5	Balanserat skeptisk
6	-
7	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bra med tydliga riktlinjer för hur en anläggning ska se ut. Bra för branschen och för kunden. Dagens kunder är väldigt dåligt informerade.</li> <li>- Har sökt men inte funnit några exempel på systemcertifiering</li> <li>- Ser bara fördelar men tror att det blir svårt att få till en bra certifiering.</li> </ul>

## 5 Konsumentundersökning

Med hjälp av en enkät som distribuerats via E-post till ett stort antal privatpersoner har vi försökt bilda oss en uppfattning om hur dessa ser på behov av och tillgång till information om soletekniken. Kontaktuppgifter har hämtats från Svensk Solenergi som har en service där de förmedlar intresseanmälningar från privatpersoner till sina medlemsföretag. Totalt har 30 personer som lämnade in en intresseanmälan under hösten 2011 och lika många som lämnat in en anmälan under 2013 kontaktats. Ur den första gruppen förväntade vi oss hitta ett antal intressenter som skaffat soles, medan den senare i första hand antogs innehålla potentiella köpare. Av de totalt 60 utskicken har vi trots ett par påminnelser inte fått in mer än två svar från ägare till solesystem och åtta svar från potentiella köpare. Svaren återges i samma ordningsföljd på respondenterna för varje fråga med en tom rad innan varje nytt svar.

## 5.1 Allmänna frågor om tillgång till information

Dessa frågor har ställts till både de som investerat och de som funderar på att göra det. Två slutsatser som kan dras av dessa svar är att här finns behov av bättre och eventuellt också mer information samt att framförallt informationen om möjlig elproduktion verkar vara svårtillgänglig.

Tabell 11

Nr.	Fråga	Svar (Samtliga)
1	I vilken utsträckning tycker du att det finns information om vad en solcellsanläggning kostar? (Mycket dålig 1- Mycket bra 5/Vet ej)	3,5,4,4,2,2,2,4,2,2 Medlevärde=3,0
2	I vilken utsträckning tycker du att det finns information om livslängden på en solcellsanläggning? (Mycket dålig 1- Mycket bra 5/Vet ej)	3,5,4,4,2,2,2,2,3,2 Medlevärde=2,9
3	Hur tycker du att utbudet på information om elproduktionen hos en solcellsanläggning i Sverige är? (Mycket dålig 1- Mycket bra 5/Vet ej)	3,3,3,4,2,2,1,3,2,2 Medlevärde=2,5

## 5.2 Privatpersoner som är ägare av nätanslutna solcellssystem

Frågorna till ägare av system skiljer sig bara på ett par punkter från de som ställdes till potentiella köpare, men vi har ändå valt att dela upp svaren från de två grupperna. Eftersom endast två svar från anläggningsägare kommit in är det inte meningsfullt att försöka dra några slutsatser utan dessa resultat får tala för sig själva.

### 5.2.1 För- och nackdelar samt motiv för att investera

Tabell 12

Nr.	Fråga	Svar (Ägare)
4	Vilka fördelar ser du med din nätanslutna solcellsanläggning?	Ser att det fungerar och att det ger en lönsamhet och att det känns bra att man gör något för miljön.  Kan skicka ut överskottet till nätet.
5	Vilka nackdelar ser du med din nätanslutna solcellsanläggning?	Svårt att få bidrag nått som känns som en måste för att bygga en anläggning. Även svårt att veta hur man får bäst lönsamhet till vilka som man ska sälja elen till.  Att man inte kan kvitta överskott sommartid till. Underskott under hösten. Bättre kvittningssystem.

Nr.	Fråga	Svar (Ägare)
6	Av vilken/vilka anledningar investerade du i en solcellsanläggning? Stryk under den främsta.	Intresse Miljötänk Lönsamhet <u>Miljövänligt</u> , underhållsfritt, ljudlöst.

## 5.2.2 Information

Tabell 13

Nr.	Fråga	Svar (Ägare)
7	Vilken information var intressant för dig innan investeringen?	Att veta om man får något bidrag om man är placerad i en kö hur lång tid kan det ta innan man får något besked.  Kostnad, uppnådd effekt och livslängd.
8	Vilken information var avgörande för dig innan investeringen?	Att jag fått bidrag.  Bidraget till investeringen.
9	Hur/Från vem fick du tag i den informationen som du behövde innan investeringen?	Läst runt på nätet och fått hjälp av en Sol el's installatör.  Från min son. Han investerade i en anläggning året innan och han var nöjd med resultatet.
10	Var någon information svår att få tag på? Om JA, vilken?	Svårt att veta vilken utrustning som nät leverantören har godkänt att få ansluta till nätet.  Information om tillförlitlighet och förväntad livslängd.
11	Var det någon information som du saknade? Om JA, vilken?	Det finns många oseriösa som säljer ej godkända produkter så man saknar nån typ av certifiering av vilka produkter som är godkända att få ansluta till svenska elnätet.  Se svar nr. 10

## 5.2.3 Elcertifikat och investeringsstöd

Här kan konstateras att anläggningsägare nr 2 som söker elcertifikat sannolikt kommer att bli besviken eftersom elcertifikat kostar mer än det ger tillbaka om man inte har minst cirka 10 kW installerad topeffekt.

Tabell 14

Nr.	Fråga	Svar (Ägare)
12	Har du ansökt/fått beviljat elcertifikat för din solcellsanläggning?	Nej Ja
13	Har du ansökt/fått beviljat statligt stöd för din solcellsanläggning?	Ja Ja

## 5.2.4 Driftdata

Tabell 15

Nr.	Fråga	Svar (Ägare)
14	Hur stor är anläggningen (installerad topp effekt, kWp)?	2.24kw 3500 kwh/år
15	Hur övervakar du driften i din anläggning?	Fjärr Elmätare Kollar mätaren minst en gång per vecka
16	Levererar anläggningen i de nivåer som utlovats?	Ja  Jag har bara haft anläggningen i drift drygt ett år. Under första året leverades 4200 kWh/år vilket är plus 20 %. Jag är mer än nöjd.
17	Har du haft några problem med din installation? Om JA, vilka?	Nej , det tog bara tid hos EON att få anläggningen godkänd.  Nej inte hittills.

## 5.2.5 Jämförande provning och certifiering

Tabell 16

Nr.	Fråga	Svar (Ägare)
18	I vilken mån hade ett opartiskt jämförande test mellan olika solcellssystem med avseende på kvalitet och prestanda hjälpt dig i beslutsprocessen inför din investering? (Inget alls 1- Mycket 5/Vet ej)	5, 5
19	I vilken mån hade en oberoende kvalitetsmärkning hjälpt dig i beslutsprocessen inför din investering i ett solcellssystem? (Inget alls 1- Mycket 5/Vet ej)	5, 5

## 5.3 Privatpersoner som är inte äger, men är intresserade av nätanslutna solcellssystem

### 5.3.1 För- och nackdelar samt motiv för att investera

Möjligheten att kunna leverera ut ett överskott mot viss ersättning värderas av många. Som negativt framhålls en oro för framtida pålagor från staten eller nätägare. Skälen till att investera i solel är främst miljö, ett upplevt oberoende och långsiktigt säkrade priser.

Tabell 17

Nr.	Fråga	Svar (Potentiella köpare)
-----	-------	---------------------------

Nr.	Fråga	Svar (Potentiella köpare)
20	<p>Vilka fördelar ser du med en nätansluten solcellsanläggning?</p>	<p>Nätet som ellagring är för nuvarande tekniskt enklare och ekonomiskt mer tilltalande än icke nätanslutna lösningar för enskilda hushåll.</p> <p>Kunna sälja överproduktion på sommaren så man kan ha stor anläggning när sin förbrukning</p> <p>Möjligt att få en viss intäkt från den produktion som vi själva inte kan nyttja. Snabbt byte mellan köpt och egenproducerad el (när den egna inte räcker till).</p> <p>Sälja tillbaks överskottsel och därmed effektivare RoI (Return on Investment)</p> <p>Man kan minska den totala elförbr. Kanske blir det billigare med el för vår familj också</p> <p>Jag kan producera till användare när jag själv inte behöver. Tillgången är större än min egen.</p> <p>Miljövänlighet, lägre långsiktig elkostnad, ökat ickeberoende av elbolag</p> <p>Balans mellan produktion och förbrukning</p>
21	<p>Vilka nackdelar ser du med en nätansluten solcellsanläggning?</p>	<p>Osäker om vilka restriktioner, tekniska och ekonomiska, som nätägare och myndigheter kan ställa på en mikroproducent av el om antalet producenter ökar.</p> <p>Inga</p> <p>Beroendet av nätägaren. Att man vid strömavbrott inte kan använda sin egen el, eftersom solcellerna "stängs ner". För dåliga villkor vid försäljningen av överskottsel.</p> <p>Eventuell årligt admin avgift.</p> <p>Ovisst hur längden är modern eller håller Dyrt?</p> <p>Pris, om det nu ska vara någon.</p> <p>Investeringskostnad, begränsad livslängd</p> <p>Inga</p>

Nr.	Fråga	Svar (Potentiella köpare)
22	<p>Av vilken/vilka anledningar är du intresserad av att investera i en solcellsanläggning? Stryk under den främsta.</p>	<p><i>Minska miljöbelastningen för elproduktion. Minska beroendet av elprissvängningar genom att en större del elenergi kan vara egenproducerad. En säker investering, även om avkastningen är låg, eftersom el är energi med stora alternativa användningar</i></p> <p><i>För miljön. Få billigare el. Producera sin egen el.</i></p> <p><i>Minska beroendet av inköpt el, så att vi lättare kan beräkna vad elkostnaderna kommer att bli även i fortsättningen, oavsett politiska beslut som fattas. Bidra till ett mera hållbart utnyttjande av jordens resurser, även om det blir i liten skala.</i></p> <p><i>Nyfiken på ny teknik när den är nog mogen. Besparing för hushållet. Oberoende.</i></p> <p><i>Önskan att vara oberoende, helt eller delvis</i> <i>Samhällsbesparing Minska elbolagens inflytande(om det går)</i></p> <p><i>Jag vill vara en del av produktionen. Ser mitt tak som en tillgång och yta för bra och billig produktion som är miljövänlig.</i></p> <p><i>Se fråga 20</i></p> <p><i>Alternativ elproduktion behövs som alternativ till Oligopolet mellan Fortum/Vattenfall/EON.</i></p>

## 5.3.2 Information

Genomgående svar avseende information är att man efterlyser fasta, långsiktiga villkor från staten, snabbare handläggning om stöd och väldefinierade krav från nätägare för att man ska vilja satsa. Mer information om potentiella energiutbyten, teknik, ekonomi, tillgängliga leverantörer efterlyses också av många.

Tabell 18

Nr.	Fråga	Svar (Potentiella köpare)
23	<p>Vilken information skulle vara intressant för dig innan en investering?</p>	<p>Långsiktiga ekonomiska villkor för mikroproduktion av el som är politiskt betingade.</p> <p>Jämförelse mellan olika fabrikat och skillnad mellan olika typer av paneler och övrig utrustning</p> <p>Hur man kommer att hantera frågan med småskaliga elproducenter i framtiden.</p> <p>Referensanläggningar i närområdet med liknande förutsättningar. Statistik på soltimmar, vinklar etc. som Lunds kommun gjort bl.a.</p> <p>ALLT</p> <p>Att det finns bestämmelser som verkligen kan följas. Långsiktig planering. Som jag ser det tar det tid att tjäna på produktion. Vad kan jag tjäna, är det lönt? Det vill jag ha reda på.</p> <p>All information givetvis. Framför allt den gällande min egen fastighets förutsättningar.</p> <p>Bra rådgivning om placering, soltimmar och ekonomi.</p>
24	<p>Vilken information skulle vara avgörande för dig innan en investering?</p>	<p>Hur kommande riksdagsbeslut kommer att utformas och vilka ekonomiska konsekvenser detta kan få för egenproduktion av el.</p> <p>Kunna få fram en bra produkt till ett bra pris och även få besked direkt om man får bidrag</p> <p>De ekonomiska villkoren, så att man kan räkna in investeringen på åtminstone 10 år. Därmed hade det varit bra med korta väntetider för besked om stöd beviljas.</p> <p>Stabila spelregler, en morot i form av hyfsad RoI jämfört med andra saker att lägga pengarna på =&gt; 3-4% ROI minst.</p> <p>Kostnaden Om vi kan utnyttja överskottet till vår fördel</p> <p>Att det verkligen gör nytta, både för mig och miljön. DVS mina efterkommande.</p> <p>Kostnad i förhållande till effekt, jämfört med nuvarande</p>

Nr.	Fråga	Svar (Potentiella köpare)
		<p><i>förhållande</i></p> <p><i>Ekonomi</i></p>
25	<p><i>Saknar du någon information som du inte vet hur du ska få tag på idag? Om JA, vilken?</i></p>	<p><i>En sammanställning av nuvarande villkor som näthandlare och nätägare kan erbjuda eller ställer på mikroelproducenter samt de skatte- och elhandelsregler som gäller vid olika val producent/nätägare.</i></p> <p><i>Skillnaden på paneler. Det är ett väldigt letande på många olika websidor för att hitta den information man söker</i></p> <p><i>Ja, information om för- och nackdelarna med att göra investeringen som privatperson alternativt företag, när man har kombinerat verksamhet och boende.</i></p> <p><i>Nej</i></p> <p><i>Vilka möjliga leverantörer finns det? Krävs det form av certifiering av leverantören?</i></p> <p><i>Ja. Vad får jag i ersättning om 5år för min produktion. Vilka exakta bidrag finns. Varför ändras det hela tiden.</i></p> <p><i>Nej</i></p> <p><i>Bra rådgivning</i></p>



Nr.	Fråga	Svar (Potentiella köpare)
26	Hur får du tag på den information du har idag?	<p>Mestadels genom att söka på nätet.</p> <p>Har sökt på internet och med kontakt med olika leverantörer. Har sökt energirådgivaren i Kungsbacka men ej fått tag i personen, både via telefon och mail</p> <p>Via nätet, bekanta med solcellsanläggningar, samt företag som säljer solceller.</p> <p>Ja</p> <p>Internet</p> <p>Webben. Känns inte som att man kan lita på leverantörer. Dom vill bara tjäna pengar direkt. Om jag gör en långsiktig planering kan väl dom vara med på det.</p> <p>Läser hemsidor och pratar med leverantörer</p> <p>Internet</p>
27	Vilken/vilka anledningar hindrar dig från att investera i en solcellsanläggning idag	<p>Svaret sammanfaller med svaret på fråga 23.</p> <p>Ingen, har bestämt mig. Bidraget hade varit bra att få reda på innan.</p> <p>Vi håller på att besluta oss om vi ska göra investeringen som privatpersoner eller som företag, och ska därefter välja en offert (leverantör).</p> <p>RoI inte tillräckligt bra ännu, men jag följer utvecklingen. Gäller för installation på snedtak i rakt öster eller rakt väster.</p> <p>Saknar tillräcklig information Vår ålder Kostnaden</p> <p>Investeringskostnaden samt att det inte finns den typ av tak solceller som jag vill ha.</p> <p>Har ännu ej tagit reda på om min fastighet lämpar sig för solel.</p> <p>Osäker på utfallet av investeringen och att man inte kan nätansluta den. Osäkerhet om bidrag, svårt med offerter och lång handläggningstid för bidrag.</p>

### 5.3.3 Jämförande provning och certifiering

Ett starkt stöd för jämförande test och för certifiering kan konstateras av såväl potentiella köpare som anläggningsägare där de senare båda angav ”5” på båda frågorna. Man kan möjligen tolka det faktum att var och en besvarat båda frågorna med samma poäng som att man inte förstår skillnaden mellan jämförande provning och certifiering.

Tabell 19

Nr.	Fråga	Svar (Potentiella köpare)
28	<i>I vilken mån skulle ett opartiskt jämförande test mellan olika solcellssystem med avseende på kvalitet och prestanda hjälpa dig i beslutsprocessen inför en investering? (Inget alls 1- Mycket 5/Vet ej)</i>	4, 5, 4, 3, 5, 4, 5, 3  Medel=4,1
29	<i>I vilken mån skulle en oberoende kvalitetsmärkning hjälpa dig i beslutsprocessen inför investering i ett solcellssystem? (Inget alls 1- Mycket 5/Vet ej)</i>	4, 5, 4, 3, 5, 4, 5, 3  Medel=4,1

### 5.3.4 Övriga kommentarer

Tabell 20

<p><i>Positivt att enkäter av detta slag skickas ut. Ser fram emot sammanställning av resultatet</i></p> <p><i>Det hade varit väldigt bra om man t.ex. på energimyndigheten eller liknande hade kunnat få fram eller via den få fram all önskvärd information. Har nog lagt ner 40 timmar framför datorn för att leta fram informationen jag har idag. Jag har fått offert från minst 15 företag, kunna gå in och jämföra dessa hade varit bra. Det har varit väldigt stor skillnad på pris mellan dessa, en anläggning på 10,5 KW, pris från 180000:- till 260000:-, inkl. montering</i></p> <p><i>Jag följer med spänning utvecklingen, men det är mycket som skall på plats för att fatta beslut. Har redan investerat i Vindel via O2 (60% av elbehovet) och det är ju ett annat sätt att komma åt färre mellanhänder och miljövänligt el utan att ha problem med återförsäljningen ut på elnätet som privat person eller installationskostnader i hemmet på eventuellt mindre optimal plats. Kanske något att fundera på att sälja andelar i mer optimal Solelinstallation för flera privatpersoner på motsvarande sätt.</i></p> <p><i>Som en del av min ide om en framtid som producent. Eftersom jag bor i ett 70-tals hus, där jag har direkt el och behöver byta tak. Är min tanke att jag inte ska först lägga ett nytt som jag sen ska täcka med solceller. Har hört runt bland olika leverantörer som inte riktigt förstår mig. Jag undrar också vad jag får betalt/ kW och vad jag får betala när jag köper tillbaka. Vilka bidrag finns och vad innebär det. Känns mer som att ju mer bidrag det kommer mer ska leverantörerna tjäna. Dom har väl samma kostnader i alla fall. Jag har hållt koll på priserna ett tag nu så det känns väldigt fel. Eftersom jag kan upplåta min tak yta mot söder för produktion (och många med mig) så tror jag på en ganska enkel installation. Varför inte utnyttja denna ”gratis yta”?</i></p>
--

## 6 Metodik för långtidsprovning av effektivitet hos solcellsmoduler

### 6.1 Generellt

Långtidstest av en ensam solcellsmodul som inte är ansluten till en växelriktare innebär att man:

- 1) Kontinuerligt mäter global solinstrålning med en givare som sitter i samma plan som modulen.
- 2) Belastar modulen så att maximal effekt tas ut i varje ögonblick oavsett solintensitet.
- 3) Kontinuerligt mäter den elektriska effekten ut från modulen.

Genom att jämföra instrålad energi med elektrisk energi få man ett mått på solcellsmodulens effektivitet. Genom mätning över längre tid kan man kontrollera solcellsmodulens uppträdande vid olika solintensitet. Vill man ha möjlighet att studera modulernas effektivitet med avseende på dels direkt, dels diffus instrålning så måste man mäta minst en av dessa komponenter i tillägg till den globala instrålningen. Om man dessutom loggar temperatur och andra klimatdata kan man också undersöka dessa beroenden. Det är vanligt att man mäter modultemperaturen för att verifiera temperaturberoendet i modulens elproduktion.

Till skillnad mot när man mäter på ett komplett system med växelriktare måste man här vid mätningarna själv försäkra sig om att solcellsmodulen hela tiden ligger i arbetspunkten för maximal effekt. Detta görs med hjälp av en så kallad Maximum power point tracker (MPP tracker). Detta är en ny viktig komponent i den planerade testuppställningen. Nedan beskrivs hela systemet för mätningar på separata solcellsmoduler och speciellt MPP-trackern. Den metod som kommer att användas brukar kallas "hill-climbing" och "perturb-and-observe".

### 6.2 Solinstrålningsmätning

Solintensiteten mäts med en pyranometer. Den bör loggas kontinuerlig t ex med hjälp av en Agilent 34972 mångkanalig logger.



Figur 2 Exempel på Pyranometer

Mätosäkerheten hos en klass 1 pyranometer är i storleksordningen 3 %. Loggens mätosäkerhet bör alltså vara bättre än 1 % för att inte addera onödigt till osäkerheten.

Loggens inspänningsområde skall matcha pyranometerns utspänning. För att mätningen ska vara rättvis får ingen risk finnas för partiell skuggning. Pyranometern och samtliga solcellsmoduler monteras så att deras monteringsplan alla är parallella. Orientering rakt emot söder och 45 graders lutning mot horisontalplanet är praxis på SP. (Vissa skugg effekter kan inte undvikas vid soluppgång och solnedgång). Kompletterande mätning av diffus instrålning kan göras med en pyranometer placerad i samma plan men försedd med en skuggring, se Figur 3. Mätning av direktinstrålning kan göras med en solföljande pyr heliometer, se Figur 4.



Figur 3 Pyranometer med skuggring



Figur 4 Pyrheliometer med automatisk solföljning

### 6.3 Uteffektmätning av solcellsmodul

Mätning av den elektriska uteffekten sker genom att kontinuerlig mäta spänning och ström från modulen. Noggrann mätning av strömmen görs enklast genom att mäta spänningen över ett precisionsmotstånd som kopplas i serie med strömmen, en s.k. strömshunt. Dess värde och placering får inte vara så stort att den påverkar kretsen. Det väljs så att utspänningen alltid är mindre än 100 mV. Den nominella strömmen kan variera men ligger oftast mellan 1 och 10 A. Olika shuntresistorer kan väljas för att anpassa resistans till strömmen så att osäkerheten blir betydligt bättre än 1 % om loggern Agilent 34972 används med sitt 100 mV AC område.

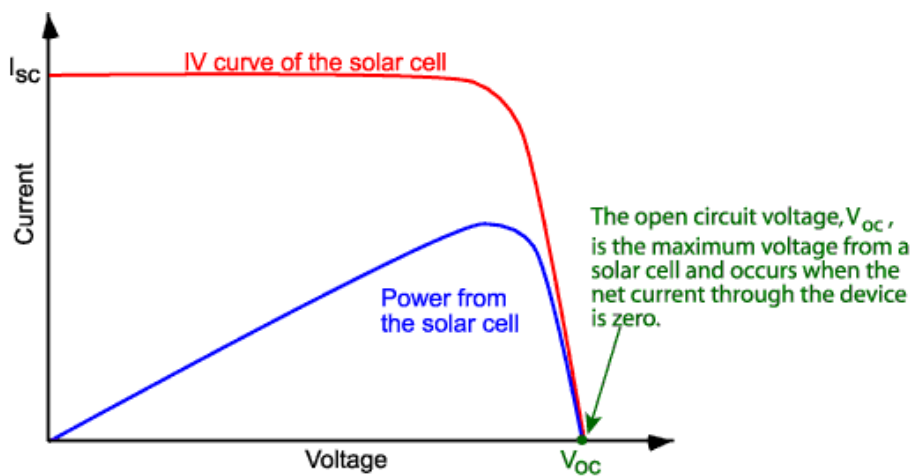


Figur 5 Front-och bak-panel för loggern Agilent 34972

Den nominella utspänningen från solcellsmoduler varierar på motsvarande sätt som strömmen men uppskattas ligga kring 35-50 V. Denna spänning kan mätas direkt av loggern med användande av 100V-området, med en osäkerhet som är betydligt bättre än 1 %, förmodligen bättre än 0.1 %.

## 6.4 Maximal uteffekt från en solcellsmodul

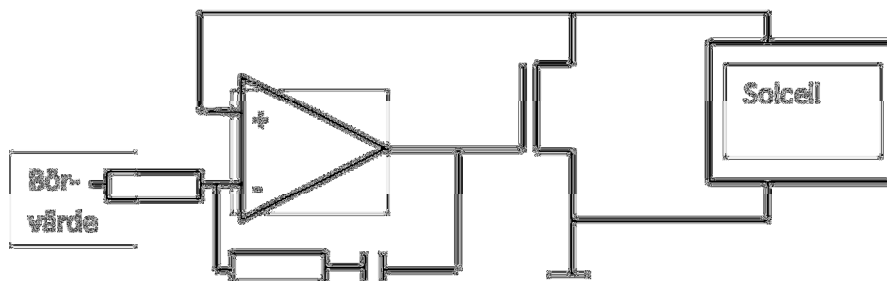
En typisk spänning/strömkurva från en solcell vid full sol ser ut som på bilden nedan. Det innebär att maximal uteffekt för solcellen är runt 85 % av maximala utspänning,  $V_{oc}$ . När solintensiteten minskar, minskar strömmen ungefärligen proportionellt, oavsett spänning. Det innebär att även när strömmen och därmed effekten minskar radikalt så ändras punkten för maximal uteffekt inte så drastiskt, normalt mindre än  $\pm 10\%$ . Men när temperaturen ändras, ändras den maximala spänningen  $V_{oc}$ . Vid stora temperatursvängningar kan  $V_{oc}$  ändras relativt mycket.



Figur 6 Typiskt effektdiagram (blått) för en solcellsmodul

## 6.5 MPP-trackerns funktion: Spänningen styrs genom att styra belastningen

En lämplig teknik för att styra effektuttaget är att styra spänningen snarare än strömmen. Utspänningen kan lämpligen styras via en återkopplad spänning-till-ström förstärkare. I nedanstående krets ökas belastningen av solcellsmodulen automatiskt tills spänningen över den sjunkit till rätt värde.



Figur 7 Principschema för styrning av spänning hos solcell

Genom att ändra börvärdet till ovanstående krets kan en godtycklig modulspänning ställas in, så länge den är mindre än maximala utspänningen  $V_{oc}$  hos solcellsmodulen. Genom mätning av uteffekten hos solcellsmodulen och en lämplig regleringsmekanism kan

effekten kontinuerlig regleras upp till den aktuella maximala effekten oavsett solinstrålning, temperatur och andra parametrar. En typisk sådan relativt enkel "hill-climbing", "perturb-and-observe"-metod finns beskriven i "A Maximum Power Point Tracker for Long-Term Logging of PV Module Performance", Uwe Zimmermann and Marika Edoff, IEEE Journal of Photovoltaics, vol. 2, no. 1, January 2012. Denna metod kommer att användas, med visa förbättringar.

## 6.6 Nödvändig upplösning

Vi vill ställa in maximal effekt inom  $\pm 0,5\%$  eller bättre. Eftersom effektmaximat är relativt flackt räcker det att spänningen regleras inom ca  $2\%$ . Upplösningen, steget i spänning, bör vara något bättre än så varför  $0,5\%$  är en rimlig upplösning. Alltför många steg kommer att göra regleringen långsam, se nedan.

## 6.7 Förbättringar

I artikeln ovan beskrivs ett system som ändrar utspänningen ett steg i taget, efter att ha gjort ett ändringsförsök och mätt skillnaden i uteffekt. Det betyder att för varje steg krävs minst två mätningar. Ibland behöver man variera spänningen relativt snabbt, t ex vid uppstart eller vid en plötslig regnskur. Då måste man ha relativt få och långa steg eller göra ett mycket stort antal mätningar varje sekund. För att kunna öka både snabbhet och noggrannhet i spänningsinställning, kan det behövas en uppsnabbningsmetod, t ex genom att om den mätta effektdifferensen är stor vid flera mätningar i rad så ökas antalet steg i varje reglering.

En annan förbättring gäller mätmetoden. Enligt beskrivningen av metoden mäts effekten först vid "nuvarande spänning" och sedan vid "ändrad spänning". Om dessa alltid mäts efter varandra och i samma ordning innebär det att ett förlopp där solintensiteten ändras kommer att misstolkas som att man hamnat vid sidan av toppen och det kommer att innebära att algoritmen reglerar iväg spänningen från effektmaximat vid solintensitetsförändringar. Två möjliga ändringar kommer att utvärderas:

- a) att man alltid gör tre mätningar, så att man upprepar den första mätningen efter den andra mätningen och låter det första värdet bli medelvärde av mätning 1 och 3. Alla linjära förändringar kommer att korrigeras fullt ut med denna metod.
- b) att ändra ordning på mätningarna varannan gång. Denna metod korrigerar för alla typer av förändringar av solintensitet men innebär förmodligen ett något större brus eller snarare jitter på utspänningen och uteffekten.

## 6.8 Elektronik

Kretsen för att ställa in spänning måste konstrueras från grunden. Förutom normal elektronikkonstruktion måste också konstruktionen göras så att upp till  $350\text{ W}$  kan kylas bort. Det betyder antagligen att man antingen får ha yttre kylflänsar eller en lösning med fläktar.

Mätning av effekt sker genom separat mätning av spänning och ström. Oavsett exakt konstruktionslösning behövs differentiella instrumentförstärkargångar för att undvika onödiga offsetspänningar och common-mode-störningar. Då är det lämpligt att mäta strömmen via strömshunt, t ex  $5$ ,  $10$  eller  $20\text{ A}$  till  $50\text{ mA}$ . Spänningen som är  $35 - 50\text{ V}$  delas lämpligen ned till  $<10\text{ V}$  med en resistiv delare.

En möjlig lösning för mätning och styrning är en mikroprocessorslösning med två AD-omvandlare (kanaler) för effektmätning och en DA-omvandlare för spänningsstyrning per solcellsmodul. För att skydda elektroniken mot väder behövs en inneslutning, "låda". En optimal lösning är att ha styrningen för 3-4 solcellsmoduler i en låda. Då kan samma processor styra ett flertal solcellsmoduler eller man kan bygga en separat styrning för varje modul beroende på vad som är optimalt ur kostnadssynpunkt.

En första uppskattning ger vid handen att separata styrningar med egenkonstruerad elektronik inte skulle kosta mer än att den är minst likvärdig ur kostnadssynpunkt jämfört med en mer byggblocksbetonad PLC-lösning. Eftersom det är en fördel att ha en separat styrenhet per modul så är den lösningen förmodligen att föredra. PLC-lösningen kommer ändå att finnas med som reservlösning i projektet.

## 7 Metodik för provning av funktion och effektivitet hos växelriktare för solcellsmoduler

### 7.1 Generell om växelriktartest

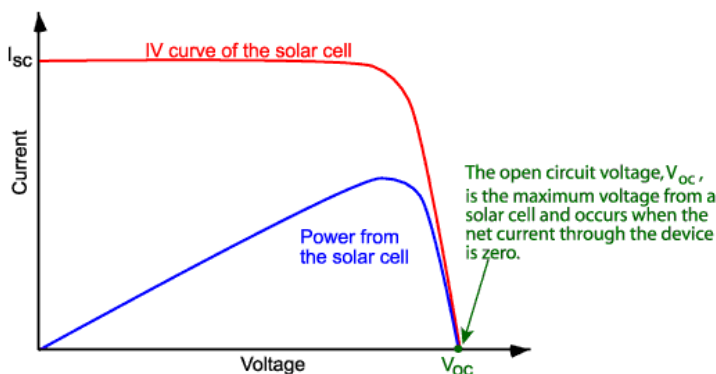
Test av enbart en växelriktare utan inkopplade solcellsmoduler innebär att man måste simulera en uppsättning solcellsmoduler. Test som kan vara intressanta är:

- Test av växelriktarens effektivitet/verkningsgrad vid olika lastnivåer/solintensiteter då den är ansluten till ett ”fält” av moduler
- Test av förmåga att styra last mot maximum effekt när
  - Solintensiteten varierar
  - Temperatur varierar
  - Vid skuggning
- Förmåga att hantera olika moduler(enligt växelriktarens specificerade förmåga) till exempel spänningsmässigt och temperaturmässigt

Genom att jämföra verklig energi före och efter växelriktaren kan man få ett mått på dess effektivitet. Genom att simulera variationer av solintensitet och temperatur kan man testa växelriktarens flexibilitet. Genom att simulera skuggning kan man testa om växelriktaren får problem vid skuggning. Genom att simulera olika  $V_{oc}$  och temperaturkoefficienter och så kallad ”fill factor” kan man testa växelriktarens förmåga att styra olika typer av solcellsmoduler.

### 7.2 Solceller och växelriktare

En solcellsmodul har en spänning/ström-karaktäristik som typiskt ser ut enligt figuren nedan. Solcellerna har också ett ganska stort temperaturberoende.



Figur 8 Figur. Spänning/strömkurva att simulera vid växelriktartest

Solcellsanläggningar får vara maximalt på 43 kW, d.v.s. 230 V och 63 A trefasigt, om de ska falla under de svenska mikroproduktionsreglerna. Så stora anläggningar är ännu så länge rätt ovanliga. Stora anläggningar ligger på ganska stora spänningar i DC-ledet för



att hålla nere strömmen. Av flera anledningar ligger de dock (vanligtvis) under 1000 V. Då krävs det en ström på minst 1 A för varje kW som ska kunna produceras. En testanläggning för växelriktare måste innehålla en solcellsmodulsimulator. Denna måste kunna anpassas i både ström och spänning. Ett sätt att modulera testanläggningen är att ha en hög spänningsnivå, 600 V eller 1000 V på enskilda simulatorer som man sedan parallellkopplar. En passande storlek på simulatorerna kan då vara till exempel 1000 V och 15 A, vilket ger en effekt på upp till 15 kW per enhet.

Simulatorn skall kunna ställa in typiska parametrar för solcellsmoduler såsom  $U_{oc}$ ,  $I_{sc}$  samt lutning på ström respektive spänningsflanken (till exempel genom s.k. fill factor), se figur. Detta kan göras genom att ställa in dessa parametrar eller genom att ange punkter på kurvan med tillräckligt stor upplösning. Om skugg effekter skall kunna simuleras måste ström-spänningskurvan ges i punktform. Dessutom skall olika temperaturer kunna simuleras.

För att hantera olika typer av växelriktare måste simulatorn ha hög bandbredd. Den ska alltså kunna svara på transienta förlopp på ett sätt som väl liknar en solcellsmodul. Vi har granskat olika fabrikat och lösningar och har som huvudkandidat en kommersiell produkt, Chroma 62150H-1000S, med maximal utspänning på 1000 V och maximal utström på 15 A, d.v.s. max 15 kW. Simulatorn kan parallellkopplas för högre uteffekter. Alternativt undersöks möjligheten att bygga en egensimulator via program som Simulink och lämpliga förstärkare. Fördelen med en sådan lösning är att den kan bli mer flexibel, men den innebär ett betydligt större verifieringsarbete än ett kommersiellt system.

### 7.3 Mätning av verkningsgrad

Växelriktarens verkningsgrad beräknas som

$$\eta = (P_{in} - P_{ut}) / P_{in}$$

Växelriktarens effektivitet förväntas vara beroende på inspänning och ström, där speciellt strömmen varierar kraftigt med solinstrålningen. Därför skall verkningsgraden mätas upp vid en rad olika nivåer. Växelriktarens verkningsgrad antas ligga på över 90 procent i sitt optimala arbetsområde. En mätosäkerhet på 1 % i effekt skulle då motsvara över 10 % osäkerhet för verkningsgraden. Detta är inte acceptabelt och effektmätning måste kunna ske med ca 0.1 % osäkerhet eller bättre.

Spänning och ström från simulatorn mäts genom direkt mätning av (lik)spänning samt genom att leda (lik)strömmen genom ett precisionsmotstånd och mäta spänningen. Effekten beräknas därefter för varje litet tidsintervall genom att multiplicera spänning med ström. Effekten från växelriktare mäts med en trefasig precisionswattmeter och loggas med liknande tidsintervaller som likströmseffekten. Likspänning kan mätas med precisionsmultimetrar av typ Agilent 34411A eller motsvarande. Växelströmseffekten kan mätas med Norma 6100D eller motsvarande.

### 7.4 Kontroll av växelriktarens förmåga att ta ut maximal effekt

Växelriktarna måste ha en inbyggd MPP tracker eller motsvarande funktion för att styra mot maximum effektuttag. Denna kan vara flexibel d.v.s. gjord för att klara av en mängd olika paneler med olika maxeffekt och olika  $U_{oc}$ , eller kan möjligen vara konstruerad/inställd för den specifika panel som den levereras med. Testningen får ske

något olika beroende på funktionen. Kontrollen sker genom att med hjälp modulsimulatorens simulera modulernas uteffekt vid olika temperaturer och solinstrålningar och kontrollera växelriktarens förmåga att ta ut maximal effekt. Om växelriktaren är specificerad att kunna hantera olika typer av solpaneler med olika  $U_{oc}$  och temperaturberoenden, testas denna förmåga.

Förmågan att ta ut maximal effekt har stor påverkan på den totala verkningsgraden för soleanläggningen och därför bör den ligga mycket nära 100 % för godkänd funktion. Denna förmåga går inte att mäta på konventionellt sätt eftersom den verkliga möjliga maxeffekten inte kan mätas samtidigt med den av växelriktaren uttagna effekten. Den uttagna effekten får istället jämföras med simulatorens inställda maxeffekt eller med en i förväg uppmätt maxeffekt.

## **7.5 Test av speciella varianter av soleanläggningar**

”Mikroväxelriktare” är en typ av växelriktare som kopplas direkt till var enskild modul. Syftet med detta är främst att motverka problem med partiell skuggning och så kallad mismatch mellan moduler men det finns även andra fördelar med detta. Varje modul blir på detta sätt en minianläggning.

”Power optimizers” kallas DC/DC-omvandlare som sätts mellan moduler och växelriktare, också dessa främst för att ta hand om partiell skuggning. Här behandlas modul och power optimizer precis som en modul, med något undantag.

I den mån modul och växelriktare eller optimizer är isärkopplingsbara testas dessa på precis samma sätt som vanliga växelriktare. Provnings av en modul med optimizer kan ske endast om funktionen hos ”modul + power optimizer” är helt lik den hos en vanlig modul. Den kommer troligen inte reagera lika snabbt på belastningsändringar som en normal modul, varför snabbheten hos test-anläggningens MPP-tracker kan behöva minskas ganska mycket.

## 8 Beräkning och verifiering av kompletta solcellssystem

Tillvägagångssättet för att hantera kravställande, provning och verifiering kommer sannolikt att skilja sig åt beroende på vilket av följande två slutliga syften vi planerar för:

- En jämförande provning som SP utför på uppdrag av Energimyndigheten
- En certifiering av solesystem utarbetad och genomförd av SP

I de följande avsnitten 8.1 till och med 8.4 presenteras metodiken för energiutbytesberäkningar och verifiering av systemaspekter i generella termer. I avsnitt 8.5 diskuteras skillnader och samordningsmöjligheter mellan dessa två alternativ. Eftersom branschen ser övervägande positivt på en systemcertifiering under förutsättning att den inte blir alltför kostsam och rigid så är vår förhoppning att en jämförande provning ska kunna fungera som en inledning till en systemcertifiering.

### 8.1 Energiutbyten enligt tidigare jämförande provning av solcellssystem

I den jämförande provning av åtta nätanslutna solesystem som genomfördes av SP 2009-2010 mättes energiutbytet från varje system med hög tidsupplösning under ett års tid. Mätningarna redovisades dels direkt och dels i form av ett energiutbyte för ett normalår. Det senare baserades på en systemverkningsgrad eller performance ratio (PR) som beräknats utifrån mätdata för vart och ett av systemen.

Årsutbytet beräknades med följande formel:

$$E_{\text{år}} = PR * G / 1000 * P_{\text{mpp}}$$

där:

$E_{\text{år}}$	årsutbyte [kWh]
PR	performance ratio [-]
G	solinstrålning mot uppställningsplanet [kWh/m <sup>2</sup> ]
$P_{\text{mpp}}$	installerad topp effekt vid STC [W]

Och där skalfaktorn 1000 har enheten [W/m<sup>2</sup>] och korrigerar för att  $P_{\text{mpp}}$  är uppmätt vid 1000 W/m<sup>2</sup>.

G är den totala instrålningen per ytenhet under ett år och här användes värdet 1156 kWh/m<sup>2</sup> som är framräknat med Meteororm 6.0 i enlighet med Boverkets föreskrifter och allmänna råd BFS 2009:2. Värdet är ett medelvärde för Sverige mot en sydvänd yta i 45 graders lutning.

### 8.2 Energiutbytesberäkningar för system baserat på komponentmätningar

Till skillnad från den testuppställning som redovisas ovan planeras nu ett annorlunda upplägg. Detta baseras på provning av komponenterna solcellsmodul och växelriktare var för sig enligt procedurerna beskrivna i avsnitt 6 och 7 samt beräkning av energiutbyten

med hjälp av en systemmodell och ett simuleringsprogram. Skälen till att välja en modifierad testuppställning är flera:

- Marknaden för solesprodukter är mycket dynamisk, vilket bland annat bekräftats av våra aktörsintervjuer. Detta innebär att testresultat snabbt kan bli inaktuella då aktörer försvinner från marknaden eller byter komponenter i de system de levererar
- Provning av kompletta system måste av utrymmes- och kostnadsskäl inskränkas till ett (litet) system per leverantör. Erfarenhetsmässigt så erbjuder varje leverantör många olika storlekar på system och storlekarna kan komma att variera beroende på politiska utspel, ekonomiska incitament m.m.
- Ett komponentbaserat upplägg ger i stället möjlighet till en flexibilitet där ett flertal olika systemstorlekar kan beräknas och redovisas baserat på mätningar av endast en modul och en växelriktare
- Utbytesberäkningar med hjälp av ett väletablerat simuleringsprogram ger dessutom möjlighet att studera inverkan av olika typer av påverkan på systemen såsom felaktig dimensionering, skuggning etc.

I det följande redovisas hur sådana beräkningar är tänkta att genomföras och hur ett system för att verifiera och eventuellt certifiera olika systemlösningar skulle kunna se ut. Vår bedömning är att vi med detta upplägg ska kunna verifiera och redovisa system i storlekar från 1 till 43 kW baserade på alla på marknaden förekommande växelriktare och modultyper.

## 8.2.1 Modell och metod

Simuleringsprogrammet PVsyst (<http://www.pvsyst.com>) erbjuder i princip obegränsade möjligheter att beräkna energiutbytet från olika typer och storlekar på solesystem. Bland olika möjligheter i programmet kan nämnas:

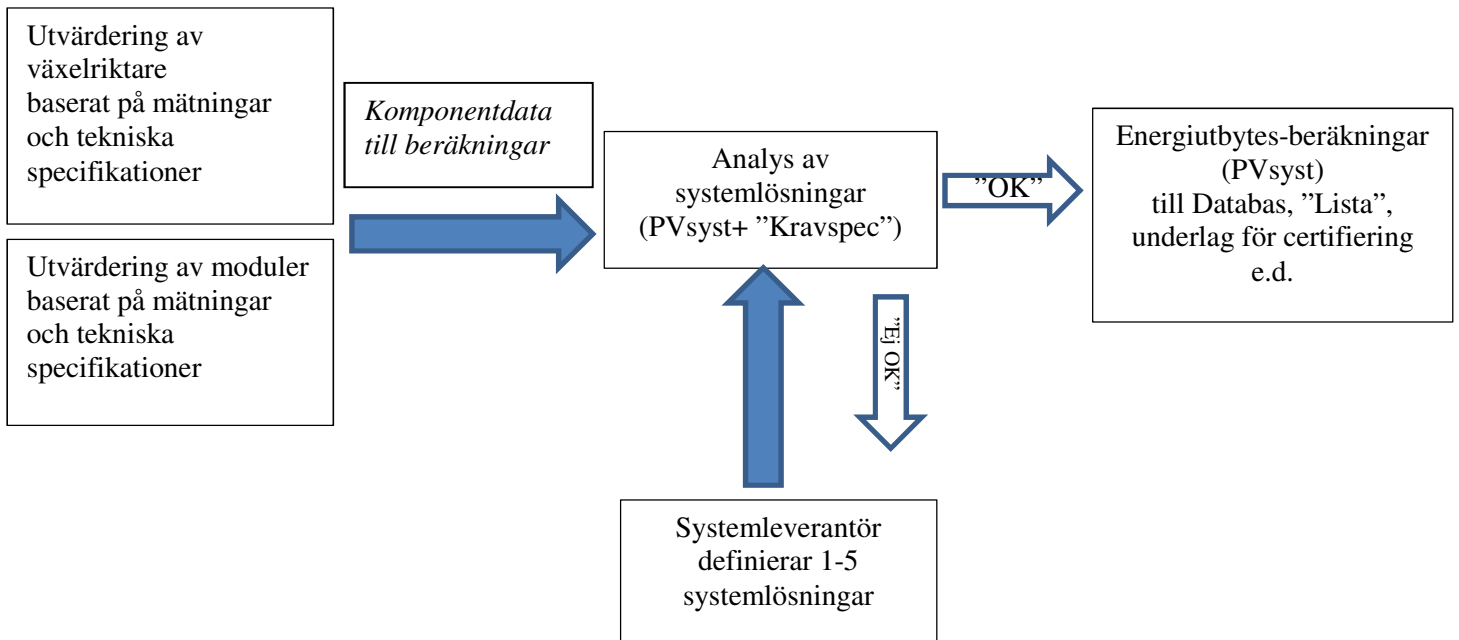
- Verktyg för systemdesign och dimensionering
- Modellering och analys av när- och fjärrskuggning
- Omfattande databaser för moduler och växelriktare
- Omfattande resultatredovisning från simuleringar med bl.a.:
  - Elektrisk effekt och energi, klimatdata m.m.
  - Valfri tidsupplösning från timmar till årsvärden
  - Ekonomisk analys
  - Parameterstudier och känslighetsanalys
  - Detaljerad beskrivning av systemförluster

En grundmodell av ett 5 kWp enfas solesystem har definierats i PVsyst, se [bilaga 5](#). Denna modell kan med relativt små justeringar anpassas till att representera andra systemkonfigurationer (komponenter) och/ eller andra systemstorlekar genom att ändra indata för enskilda komponenter i programmet. Varianter som kan beräknas med mindre modifieringar av programmet är t.ex.

- Storlek på system: Från 2 till cirka 40 kW
- Enfas/ trefas
- En eller flera växelriktare och växelriktare med en eller flera MPP trackers

- Mikroväxelriktare
- Olika modultyper

Ett antal randvillkor har vidare definierats för beräkningarna och dessa förutsätts vara oförändrade oavsett vilken typ av system som beräknas. En kravspecifikation för en ”godkänd” systemdimensionering har definierats, se 8.3 och 8.4, och denna används för att analysera och verifiera systemlösningarna. Endast lösningar som uppfyller kraven går vidare till energiutbytesberäkningar och publicering om det gäller systemcertifiering. Figuren nedan illustrerar det tänkta upplägget, från komponenttester till redovisning av systemutbyten på årsbasis under standardiserade förhållanden.



Figur 9 Principskiss över proceduren för energiutbytesberäkningar

Energiutbytet från ett givet system bestäms, förutom av systemets egna egenskaper, även av omgivande förutsättningar såsom modulernas orientering, skuggning m.m. För de aktuella beräkningarna har därför dessa förutsättningar så långt som möjligt definierats enligt följande. En genomgående princip har varit att definiera "realistiska och gynnsamma förhållanden". Så har t.ex. modulernas lutning valts till 45 grader vilket motsvarar i stort sett optimal lutning för ett system i Sverige.

1. Modulernas lutning: 45 grader mot horisontalplanet
2. Modulernas azimut: 0° d.v.s. rakt i söder
3. Markreflektion/ Albedo= 0,2 vilket är standardvärdet för årsberäkningar i solenergिसammanhang
4. Systemet antas vara nätanslutet utan någon form av lagringsmöjlighet
5. Systemet antas ha "oändligt stor last" d.v.s. behovet antas i varje tidsögonblick överstiga systemets elproduktion
6. Modulerna antas vara oskuggade under hela året
7. Modulerna antas vara monterade utanpåliggande på ett tak
8. Invertern antas monterad inomhus vid rumstemperatur

Eventuellt kunde det vara intressant att sätta upp en modell för montage på plant tak där vi även får med viss skuggning. Detta skulle ge leverantörerna möjlighet att demonstrera sin förmåga till en lite mer avancerad dimensionering. Randvillkoret kunde då vara en fast tak area och effekt, fast effekt och modulavstånd eller annan kombination av låsta parametrar.

### 8.2.3 Klimatdata

Solinstrålningen i Sverige varierar grovt sett med  $\pm 10\%$  kring ett medelvärde för ett normalår. Dessutom varierar instrålningen för normalåret med ungefär lika mycket beroende på var i Sverige anläggningen är placerad. Till detta kommer variationer i omgivningstemperatur som framförallt kan påverka maximal uteffekt och högsta respektive lägsta utspänning från modulerna.

Beräkningen av energiutbyten är i första hand tänkt att fungera som en ”rating” som ger konsumenter möjlighet att jämföra flera olika systemlösningar på samma villkor. Det absoluta utbytet skall vara representativt för det aktuella systemet placerat i Sverige. Att försöka ta hänsyn till rådande lokala eller regionala klimatvariationer anser vi dock vara mindre intressant och kanske till och med kontraproduktivt eftersom en alltför stor mängd utdata bara försvårar en jämförelse mellan olika system. Detta kan naturligtvis diskuteras, men vi föreslår i nuläget att energiutbytet endast redovisas för en plats och ett referensår, representativt för Stockholm under perioden 1996-2005. Samma klimatdata används i det av SP utvecklade Excelprogrammet Scenocalc

([www.sp.se/sv/index/services/solar/ScenoCalc/Sidor/default.aspx](http://www.sp.se/sv/index/services/solar/ScenoCalc/Sidor/default.aspx)) för beräkning av energiutbytet för solfångare i den Europeiska produktcertifieringen Solar Keymark. Årlig global instrålning mot modulernas plan för dessa klimatdata är 1166 kWh/m<sup>2</sup> varav 483 kWh/m<sup>2</sup> utgörs av diffus instrålning. Om det skulle visa sig önskvärt med data för fler orter i Sverige kan beräkningarna enkelt kompletteras med ytterligare klimatdata.

## 8.2.4 Moduldata till beräkningarna

Som tidigare nämnts så innehåller programvaran PVsyst en omfattande databas för moduler och växelriktare. I denna återfinns en stor del av de på marknaden förekommande produkterna, om än inte alla. Sedan 2008 baseras denna databas på tillverkarnas egna data. Det finns även möjlighet att importera moduldata från tidskriften Photon's databas alternativt att definiera moduler baserade på data från SPs egna mätningar. I fallet egna mätningar kommer det i princip att handla om att modulens IU-kurva bestäms genom mätningar i flasher, ur vilken följande modellparametrar kan härledas: Modulens kortslutningsström  $I_{sc}$ , dess obelastade spänning  $V_{oc}$ , ström och spänning i punkten för maximal uteffekt  $I_{mpp}$  och  $V_{mpp}$  samt nominell uteffekt vid STC,  $P_{mpp}$ .

Utöver dessa parametrar innehåller PVsyst-modellen av en PV modul (I manualen refererad till som ”Shockley's enkla en-diod modell”) ett flertal andra parametrar vilka inte kommer att bestämmas i SPs mätningar. I stället får man här förlita sig på ”karakteristiska värden” för modultypen i fråga. Detta innebär att man i det fall modulen redan finns i databasen kommer att använda befintliga värden på dessa andra parametrar. Om modulen inte finns i databasen väljs en modul av samma typ som den som mätts upp av SP, med så likartade värden som möjligt på de viktigare parametrarna och därefter kan befintliga parametervärden för denna modul kompletteras med de av SP uppmätta värdena.

En fråga som behöver diskuteras ingående är följande: När skall data från den ena eller den andra källan användas i beräkningarna av systemutbyten? Ett datablad som saknar varje form av tredjepartsintygande bör rimligen kontrolleras genom kompletterande mätningar i SPs flasher. Samtidigt är det svårt att motivera att varje modultyp som skall ingå i en systemutbytesberäkning för certifiering först måste testas av SP. I synnerhet om:

1. En modul redan har ”alla tillämpliga stämplat” såsom t.ex. IEC 61215 och IEC 61730 och
2. Dessa testrapporter med stor sannolikhet kan antas vara representativa även för de moduler av motsvarande fabrikat och typ som säljs i Sverige.

Det antyds till och från i branschen att det förekommer att villkor 1) är uppfyllt, men att villkor 2) inte är det d.v.s. att det säljs moduler som är av en annan kvalitet än de som en

gång testats och som legat till grund för märkningar och certifikat. Enda sättet att få reda på hur det verkligen ligger till är antagligen att låta testa ett representativt urval av moduler på den svenska marknaden. Från de intervjuer med branschföreträdare som genomförts i denna studie kan man förenklat sammanfatta läget på följande sätt:

- Väl etablerade företag som importerar, säljer och/ eller installerar solesystem har alltid de rapporter och certifikat som förväntas och med mycket stor sannolikhet är dessa representativa för produkterna som säljs i Sverige.
- Hos små nystartade företag med begränsad erfarenhet av tekniken finns oftast rapporter och certifikat på plats, men sannolikheten att de inte ska vara representativa för de produkter som säljs i Sverige är betydligt större än i det förra fallet.

Om ett urval av produkter skall göras inför verifierande/ jämförande provning bör man således se till att den senare kategorin företag är väl representerad.

En annan aspekt på detta är att det oftast råder ett starkt samband mellan pris och kvalitet och att moduler med ”oäkta” märkningar oftast också betingar ett lägre pris. Att i den mån det är möjligt synliggöra detta förhållande bör vara angeläget för att stödja en positiv marknadsutveckling i Sverige.

### 8.2.5 Växelriktardata till beräkningarna

På liknande sätt som för moduler så finns karaktäristiska data för växelriktare tillgängliga i olika databaser. De kan även bestämmas genom tester på SP, se avsnitt 7. De parametrar som bestäms vid provning på SP är verkningsgrad i sex punkter över hela arbetsområdet samt max. och min. DC-spänning på ingången. Effektivitet hos MPP trackern finns inte med som en parameter i PVsyst's växelriktarmodell.

Vad gäller standarder och certifieringar för växelriktare är bilden mer oklar än för solcellsmoduler. Ett antal nya internationella standarder har kommit de senaste åren men ingen av dem verkar ännu ha blivit etablerad som allennärådande för växelriktare på samma sätt som de i avsnitt 8.2.4 nämnda har blivit för moduler.

- *EN 62109-1 Omformare för solcellsanläggningar - Säkerhet - Del 1: Allmänna fordringar (2010)*
- *EN 62109-2 Omformare för solcellsanläggningar - Säkerhet - Del 2: Särskilda fordringar på växelriktare (2012)*
- *EN 62116 Solcellsanläggningar –Provning av anordningar för förhindrande av ödrift (2011)*
- *IEC 62548 Photovoltaic (PV) arrays - Design requirements (2013)*

Enkätsvaren från leverantörerna anger ibland att deras växelriktare är testade enligt EN 62109, ibland inte. Om SP ska etablera en certifiering av solesystem skall kraven enligt dessa standarder rimligen vara uppfyllda för de i systemen ingående växelriktarna.

## 8.3 Kravspecifikation för solesystemens effekt- och energidimensionering

För att en soleanläggning skall leverera kraft i nivå med sin optimala potential och fortsätta att göra det under lång tid, d.v.s. minst 15 år och kanske till och med mer än 30 år, så måste vissa grundläggande krav vara uppfyllda. Dessa gäller dels ingående



komponenter och dels de kompletta systemlösningarna. Här följer en sammanställning av de viktigaste standarderna, krav och testmetoder för komponenter och system med avseende på elektriska parametrar. Avsnitt 8.4 redovisar standarder och krav kopplade till hållbarhet, livslängd och säkerhet på komponenter och system.

Vissa, men inte alla av dessa krav kan verifieras genom tester i labb eller genom granskning av systemdokumentation som installationsanvisningar, testrapporter m.m. Ytterligare några krav kan inte verifieras annat än genom besiktningar av installerade anläggningar. Vi gör i det följande ingen uppdelning mellan dessa olika krav.

Under 2011 besiktigade SP ett 50-tal soleanläggningar och den rapportmall som användes i detta projekt (PX12932-A Dnr 17-2011-000904), se [bilaga 4](#), kan vidareutvecklas om det skulle vara aktuellt att genomföra fältbesiktningar som en del av en jämförande provning eller som en del av en systemcertifiering.

## 8.3.1 Komponentkrav

### 8.3.1.1 Moduler

- CE-märkning med referens till de EU-direktiv som gäller för denna typ av utrustning, nämligen lågspänningsdirektivet, LVD, 2006/95/EG och EMC-direktivet 2004/108/EG
- Modulernas tekniska data bestämda av ackrediterat testlabb enligt IEC 61215 (Kristallint kisel) eller IEC 61646 (Tunnsfilm)
- Protokoll från flashermätningar för samtliga moduler

### 8.3.1.2 Växelriktare

- CE-märkning som redovisar överensstämmelse med lågspänningsdirektivet, LVD, 2006/95/EG och EMC-direktivet 2004/108/EG
- Växelriktares tekniska data bestämda av ackrediterat testlabb enligt tillämplig standard, t.ex. EN 62109-1 Omformare för solcellsanläggningar - Säkerhet - Del 1: Allmänna fordringar och EN 62109-2 Del 2: Särskilda fordringar på växelriktare.

## 8.3.2 Systemkrav

Följande krav återfinns inte i någon standard utan föreslås här som lämpliga gränser för att man vid granskning av en systemdokumentation ska kunna avgöra om systemet i fråga är fackmannamässigt dimensionerat. Ett system som inte uppfyller dessa krav bedöms inte kunna ge en optimal energiproduktion. SP kommer, om det blir aktuellt att tillämpa denna kravspecifikation, att stämma av kraven med en erfaren systemdesigner eftersom det inte varit möjligt att göra det inom ramen för pågående förstudie.

- Växelriktaren får överdimensioneras med max 10 % i förhållande till de anslutna modulernas PMPP.
- Växelriktaren får inte underdimensioneras mer än att tiden med effektbegränsning aktiv uppgår till max 10 timmar per år (Stockholmsklimat, se avsnitt 8.2.3)

- Max systemspänning VOC på växelriktarens DC ingång får inte överskridas vid en modultemp på -10 °C
- Min systemspänning VOC på växelriktarens DC ingång får inte överskridas vid en modultemp på +65 °C
- Modulernas maximal kortslutningsström  $I_{sc}$  får inte överstiga växelriktarens maximalt tillåtna värde
- Växelriktarens inställda gränsvärden för tillåtna variationer i spänning (AC) och frekvens ska vara i överensstämmelse med kraven för det svenska kraftnätet

## **8.4 Kravspecifikation för solelsystemens övriga egenskaper inklusive dokumentation**

### **8.4.1 Komponentkrav**

#### **8.4.1.1 Moduler**

- CE-märkning med referens till de EU-direktiv som gäller för denna typ av utrustning, nämligen lågspänningsdirektivet, LVD, 2006/95/EG och EMC-direktivet 2004/108/EG
- Moduler testade och verifierade av ackrediterat labb med avseende på elsäkerhet, brandsäkerhet, hållbarhet och livslängd enligt IEC 61215 (Kristallint kisel) eller IEC 61646 (Tunnsfilm) samt enligt IEC 61730

#### **8.4.1.2 Växelriktare**

- CE-märkning som redovisar överensstämmelse med lågspänningsdirektivet, LVD, 2006/95/EG och EMC-direktivet 2004/108/EG
- Växelriktare testade enligt tillämpliga säkerhetsstandarder (brand, el) t.ex. EN 62109-1 Omformare för solcellsanläggningar - Säkerhet - Del 1: Allmänna fordringar, EN 62109-2 Del 2: Särskilda fordringar på växelriktare eller SS-EN 50178 (nu ersatt av de två tidigare) samt EN 62116 Solcellsanläggningar – Provning av anordningar för förhindrande av ödrift
- Växelriktare monterade utomhus ska vara godkända för detta
- *Transformatorlösa växelriktare kan inte användas med alla tillgängliga typer av solceller*

#### **8.4.1.3 Kablage och kontakter**

- Dubbelisolerade UV-beständiga DC-kablar med minst 30 % överkapacitet i förhållande till systemets effekt vid STC
- MC4 kontakter ska användas och två kontakter i en koppling ska alltid vara av samma fabrikat
- Alla kablar drages och klamras enligt god teknisk praxis

#### 8.4.1.4 Montagesystem och takgenomföringar

- För montagesystem såsom stativ, takfästen, plåtinklädningar m.m. pågår f.n. ett samarbete inom den Europeiska standardiseringen CEN. Detta arbete samlar deltagare från flera olika teknikområden i den tekniska kommittén ”CEN/TC 128: Roof covering products for discontinuous laying and products for wall cladding”. Arbetsgrupp 3: ”Renewable energy systems for roofs” arbetar med att sammanfatta hur Eurokoderna EN 1991 skall tillämpas inom detta område och ett tekniskt vägledande dokument förväntas under 2014 eller 2015. I väntan på denna kommer SPs experter på lastbärande anordningar och Eurokoder att ta fram en kravspecifikation för takfästen och montagestativ.
- Takgenomföringar är liksom takfästen ett potentiellt problemområde som pekats ut av branschföreträdare. Vi har i dagsläget inte kunnat identifiera någon tillämpbar standard eller guide som kan användas för att ställa krav på dessa och planerar därför att på samma sätt som för takfästen utarbeta en kravspecifikation.

#### 8.4.2 Systemkrav

- Installationsanvisningar skall finnas tillgängliga på svenska och i allt väsentligt uppfylla kraven i SS EN 62446 ”Nätanslutna solcellsanläggningar – Minimifordringar på dokumentation, kontroll och provning för idrifttagning”
- Systemdesign skall i allt väsentligt uppfylla kraven i IEC TS 62548 Photovoltaic (PV) arrays - Design requirements eller IEC 61727 Characteristic of utility interface

### 8.5 Jämförande provning respektive certifiering av system

Syftet med denna förstudie har främst varit att kartlägga den svenska marknaden inför en eventuell jämförande provning av mindre nätanslutna solesystem. Eftersom SP är av den uppfattningen att ett väl utfört certifieringssystem för den här typen av anläggningar skulle kunna vara av stor nytta på den svenska marknaden har vi samtidigt i vissa delar undersökt förutsättningarna för ett sådant system. Ett annat starkt skäl till att göra detta i samma förstudie är att det bör finnas goda förutsättningar att dra nytta av resultaten från en jämförande provning om man bestämmer sig för att gå vidare med en certifiering. Företag och produkter som medverkar i provningen skulle då kunna ha stora delar av underlaget för en certifiering klart i och med detta och i bästa fall endast behöva bidra med en begränsad egeninsats för att slutföra en certifiering.

Olika krav på komponenter, system och aktörer kommer rimligtvis att gälla i de två fallen, men samtidigt kan man tänka sig att en jämförande provning delvis utformas som en slags ”generalrepetition” inför att en certifiering sjösätts.

I fallet prestandaprovning av moduler kommer möjligheterna och önskemålen antagligen att se olika ut i de två fallen enligt tidigare diskussion i avsnitt 8.2.4. Det bör vara ok att testa samtliga moduler som tas ut för en jämförande provning i SPs flasher. Däremot är detta kanske inte aktuellt vid en certifiering där vi i större utsträckning måste vara beredda på att acceptera tester o certifieringar av produkter utförda av andra institut.

För fallet jämförande provning är modulprovning på SP av tidigare provade och certifierade moduler en potentiellt känslig fråga som behöver diskuteras grundligt innan vi slår fast ett program.

För fallet systemcertifiering är en fråga som behöver diskuteras ingående vem eller vad som skall certifieras: Komponenterna, systemen, leverantörerna eller installatörerna eller flera av dessa tillsammans.

## 9 Slutsatser och rekommendationer

Förstudiens syfte har varit att beskriva den svenska marknaden för solel, dels ur ett kvalitetsperspektiv och dels ur ett konsumentinformationsperspektiv för att på så sätt öka förutsättningarna för att en jämförande provning av komponenter och system ska bli ändamålsenlig och nå ett bra slutresultat.

Provningsen bör därmed:

- Kunna svara mot konsumenternas behov av opartisk information. Detta gäller främst information om teknik, förväntade energiutbyten och livslängder, om vilka tillförlitliga leverantörer som finns att tillgå och vilka ekonomiska incitament som finns i form av elcertifikat, bidrag och ersättning för inmatad överskottsel
- Om möjligt avslöja potentiella brister i produkterna, i deras dokumentation och i deras installation och drift
- Helst av huvuddelen av branschen uppfattas som relevant och måttligt betungande.

Ett ytterligare syfte har varit att undersöka förutsättningarna för någon form av certifiering inom området. Eftersom en certifiering av installatörer av solelsystem redan är initierad genom Boverkets och Energimyndighetens arbete handlar det här om en certifiering av komponenter eller system. En sådan kommer dock på ett eller annat sätt att behöva kopplas till en bestämd aktör om man ska kunna säkerställa en kvalitet som sträcker sig ut till det färdiginstallerade systemet. En mer utförlig beskrivning av ett sådant certifieringssystem följer i avsnitt **Fel! Hittar inte referenskälla.** nedan.

### 9.1 Kvalitetsfrågor

Ett sammanfattande omdöme om kvalitén på de solelsystem som installeras i Sverige i dag är att den överlag är god. De brister som finns går i stor utsträckning att hänföra till själva installationerna, brister som i sin tur kan orsaka fel på komponenter och system, skador på byggnader eller säkerhetsrisker. Fel och brister i installationerna beror i sin tur dels på okunskap hos installatörerna, men sannolikt också på att ”snålheten bedrar visheten” genom att kunderna ibland inte vill betala för fullgod kvalitet i t.ex. takgenomföringar eller för ett gediget takmontage.

Litteraturstudien i avsnitt 2 visar upp en omfattande karta över potentiella problem och kvalitetsbrister hos i första hand komponenter och system. Flera av de studier vi refererar till har legat till grund för arbetet med att ta fram testmetoder och standarder vilket lett till att de flesta produkter på marknaden i dag är fria från dessa problem. Samtidigt pågår alltså en intensiv utveckling av nya tekniker och produktionsmetoder vilket gör att testmetoderna också behöver vidareutvecklas. Diskussionen om mindre tillförlitliga märkningar i avsnitt 8.2.4 visar vidare att det fortfarande finns anledning att granska etablerad teknik, t.ex. genom stickprovsmässig provning av komponenter.

På samma sätt som för installationsarbetet kan man utgå ifrån att svenska konsumenterna ofta ser till pris framför kvalitet vilket troligen leder till att en del moduler och växelriktare av sämre kvalitet installeras. I dagsläget gäller det sannolikt främst moduler eftersom marknaden för växelriktare fortfarande domineras av ett fåtal stora Europeiska tillverkare.

Enligt en del signaler från branschen är det dock bara en tidsfråga innan vi kommer att se samma prispress från Asien och Kina på växelriktare som på moduler varför det finns anledning att även titta närmare på denna komponent.

Vi bedömer att det är en angelägen uppgift att belysa kopplingen mellan pris och kvalitet på olika sätt och ser att en jämförande provning kan vara ett bra sätt att göra detta.

## 9.2 Information till konsumenter

Enkäterna som redovisas i avsnitt 5 visar att det finns ett stort behov av information som inte tillgodoses i dag. En stor del av den information som efterlyses bör kunna tillgodoses genom en jämförande provning. En certifiering av system skulle på liknande sätt kunna tillfredsställa detta behov. I anslutning till provning och/ eller certifiering behövs uppenbarligen också en lättillgänglig information om de regler som gäller för t.ex. olika ekonomiska incitament och om regler kring nätanslutning m.m. En hel del av den senare informationen finns redan tillgänglig i dag, men den är utspridd på många olika källor.

Det skulle antagligen vara av stort värde att kunna samla så mycket som möjligt av denna information på ett ställe. Sannolikheten för att konsumenter och branschfolk (som även de efterlyser bättre information inom vissa områden) hittar fram till denna information skulle dessutom antagligen öka om den kopplades till högaktuell opartisk och intressant information om produkter, system och aktörer.

## 9.3 Jämförande provning

En metodik för långtidsmätningar på solcellsmoduler har analyserats och beskrivs i avsnitt 6 och på motsvarande sätt presenteras en metodik för provning av växelriktare i avsnitt 7. Slutsatsen är att dessa metoder är väl genomförbara och att de därmed skulle lämpa sig väl för en jämförande provning i kombination med de beräkningar som beskrivs i avsnitt 8. Långtidsmätningar på solcellsmoduler är ingen förutsättning för dessa beräkningar som baseras på SPs flashermätningar eller på certifierade tekniska data enligt diskussionen i avsnitt 8.2.4. De skulle däremot utgöra ett bra komplement till dessa data, bland annat genom att visa:

- Eventuella skillnader i karaktäristik för olika moduler, t.ex. vinkelberoende och förmågan att tillgodogöra sig diffust ljus och låga instrålningsnivåer
- Verklig korrelation mellan stämplad effekt och energiutbyten över längre tid
- Eventuella brister i utförandet som inte uppträder förrän efter en tids exponering

I avsnitt 8.2.1 beskrivs principen för den metod som föreslås för att beräkna årsenergiutbytet för olika system baserat på deras komponentdata. I de därpå följande avsnitten redovisas i detalj vilket underlag dessa beräkningar kan baseras på och vilka krav som bör vara uppfyllda för att ett system ska anses vara väldimensionerat, säkert och av god kvalitet. En jämförande provning bör således inte bara omfatta en redovisning av mätdata utan också vilka olika krav som ställs på systemen och hur dessa har uppfyllts.

Sammanfattningsvis så visar analysen i avsnitt 8 att den redovisade metoden bör vara väl genomförbar. En punkt som behöver diskuteras är hur modul- eller växelriktardata som SP mäter upp skall värderas i förhållande till redan existerande data från ackrediterade labb. Detta för att undvika komplicerade och resurskrävande trovärdighetsdiskussioner.

En annan är vissa krav kopplade till systemdimensionering som bör diskuteras med en erfaren systemdesigner.

Uppfylldandet av de allra flesta kraven ska enligt vår bedömning kunna verifieras genom granskning av certifikat och rapporter från tidigare utförda provningar. Två områden där detta troligen inte gäller pekas ut i avsnitten 2.5 och 8.3. Dels gäller det krav på dimensionering och montering av takfästen som pekas ut som potentiella problemområden av olika branschföreträdare och som dessutom än så länge inte täcks in av standarder och regelverk på ett bra sätt. Här finns en uppgift för SP som inför en jämförande provning kan definiera lämpliga krav i väntan på de Internationella standarder som är under utarbetande. Det andra området gäller installationsutförandet som helhet. Detta kan naturligtvis bara kontrolleras genom besiktning i fält vilket på något sätt bör komma att ingå i den certifiering av installatörer som nämnts enledningsvis i detta avsnitt. Någon form av fältbesiktning skulle även kunna ingå i en jämförande provning i syfte att identifiera brister som annars är svåra att förebygga på annat sätt.

Som redan nämnts i avsnitt 9.2 så bör en jämförande provning länkas till annan information som är avgörande för att konsumenter ska kunna komma till beslut om investeringar i soleanläggningar.

I planeringen av en jämförande provning bör man avslutningsvis diskutera hur man ska kunna upprätthålla en kontinuitet i den information och det intresse som en provning skulle ge. En möjlighet kan vara att låta nya aktörer komma till i upprepade provningar under en följd av år. En annan kan vara att initiera en certifiering av system, se nedan.

## 9.4 Certifiering

Branschföreträdare och konsumenter har i avsnitten 4.3, 5.2.5 och 5.3.3 tillfrågats om hur de ser på att en jämförande provning genomförs och att en systemcertifiering införs. Branschen är i vissa fall skeptisk till en certifiering men den övervägande uppfattningen är ändå positiv, dock under förutsättning att den ekonomiska och administrativa bördan på företagen blir rimlig. Man betonar också vikten av ett smidigt system som kan hänga med i de snabba skeenden som marknaden upplever.

Skillnader, likheter och samordningsmöjligheter mellan en jämförande provning och certifiering har diskuterats i avsnitt 8.5. Vår slutsats av detta är att en jämförande provning genom de erfarenheter den bidrar med skulle kunna ge ett mycket bra underlag för att etablera en certifiering av solesystem. Dessutom skulle en del av de system som ingår i den jämförande provningen genom denna i stort sett kunna vara klara för certifiering, vilket skulle ge en certifiering en bra start.

En systemcertifiering skulle utgöra ett bra komplement till den installatörcertifiering som är på väg att införas i Sverige [16]. Den skulle i stora drag kunna byggas på de krav som definierats i avsnitt 8.3 och 8.4 men ett antal frågor kring upplägget återstår att diskutera tillsammans med företrädare för bransch och myndigheter.

## 10 Referenser

1. Huang, H.S., et al., *Performance and Availability Analyses of PV Generation Systems in Taiwan*. World Academy of Science, Engineering and Technology, 2011. 54 (5(6)): p. 265 - 270.
2. Laukamp, H., *Reliability Study of Grid Connected PV Systems: Field Experience and Recommended Design Practice*, 2002.
3. SolEl-Programmet. *Moduler oh cellteknologi* [cited 2013 18 Nov]; Available from: <http://www.solelprogrammet.se/projekteringsverktyg/moduler/>.
4. Colli, A., *Extending performance and evaluating risks of PV systems failure using a fault tree and event tree approach: Analysis of the possible application*. 2011: p. 002922 - 002926
5. A-E-SEuropeGmbH. *Damages at Solar Panels*. [cited 2013 18 Nov]; Available from: [http://www.europe-solar.de/catalog/index.php?main\\_page=page&id=44](http://www.europe-solar.de/catalog/index.php?main_page=page&id=44).
6. Kurtz, S., J. Granata, and M. Quintana, *Photovoltaic-Reliability R&D Toward a Solar-Powered World: Preprint*, in *Society of Photographic Instrumentation Engineers (SPIE) Solar Energy + Technology Conference 2009*, National Renewable Energy Laboratory: San Diego, California
7. WindonAB. *Vad bör jag tänka på innan jag bestämmer mig för att köpa en solanläggning*. [cited 2013 18 Nov]; Available from: <http://www.windon.se/download/se/SUNON/util/Material%20utbildning/Att%20t%C3%A4nka%20p%C3%A5.pdf>
8. Bosco, N., *Reliability Concerns Associated with PV Technologies*, 2010, National Renewable Energy Laboratory.
9. Woody, T., *Solar Industry Anxious Over Defective Panels* in *NY Times* 2013.
10. Kato, K. *PV module failures observed in the field: solder bond and bypass diode failures*. IEA Photovoltaic Power Systems Programme Work Shop 2012 24 September; Available from: [http://www.iea-pvps.org/index.php?id=95&eID=dam\\_frontend\\_push&docID=1275](http://www.iea-pvps.org/index.php?id=95&eID=dam_frontend_push&docID=1275).
11. Solaredge. *Bypass Diode Effects in Shaded Conditions*[cited 2013 27 Dec]; Available from: [http://www.solaredge.com/files/pdfs/se\\_technical\\_bypass\\_diode\\_effect\\_in\\_shading.pdf](http://www.solaredge.com/files/pdfs/se_technical_bypass_diode_effect_in_shading.pdf)
12. SolEl-Programmet. *Elektrisk design* [cited 2013 18 Nov]; Available from: <http://www.solelprogrammet.se/Projekteringsverktyg/ElektriskDesign/#Växelriktaren>
13. Photon info. *Insulation test* [cited 2013 18 Nov]; Available from: [http://www.photon.info/photon\\_lab\\_modul\\_iso\\_en.photon](http://www.photon.info/photon_lab_modul_iso_en.photon)
14. Rekommendationer för sammankoppling av moduler med växelriktare. <http://www.sma.de/en/solutions/medium-power-solutions/knowledgebase/which-inverter-is-the-right-one.html>
15. National Survey Report of PV Power Applications in Sweden 2012. Johan Lindahl Ångström Solar Center, Uppsala University. 2013
16. Certifiera installatörer. Energimyndighetens rapport ER 2011:24. ISSN 1403-1892

### SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut

#### Energiteknik - System- och installationsteknik

Utfört av

Granskat av

Peter Kovacs

Lisa Ossman



## Bilaga 1: Enkät till privatpersoner

### Enkätundersökning – Vad är viktigt för dig att veta innan du investerar i ett solcellssystem?

SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut genomför på uppdrag av Energimyndigheten en undersökning för att ta reda på hur privatpersoner upplever utbudet av information vid en eventuell investering i ett solcellssystem<sup>1</sup>. Undersökningen vänder sig till dig som har investerat eller skulle kunna vara intresserad av att investera i ett nätanslutet<sup>2</sup> solcellssystem.

Syftet med undersökningen är att bättre tillgodose privatpersoners informationsbehov vid en eventuell investering. Undersökningen kommer att ligga till grund för utformning av provning av nätanslutna solcellssystem. Ditt deltagande skulle vara mycket uppskattat.

Frågorna besvaras helt anonymt. När du har fyllt i enkäten bifoga den i ett svar med ämnesraden *Enkätundersökning* eller i ett svar på mailet enkäten kom i. Denna adress gäller även vid frågor.

Vänligen svara så snart som möjligt **men senast 2013-11-20**.

Med vänlig hälsning

**SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut**

**Energiteknik - System- och installationsteknik**

Peter Kovacs

---

<sup>1</sup> Ett solcellssystem genererar elektricitet

<sup>2</sup> Anläggningen är ansluten till elnätet

Markera det alternativet som passar in på dig (markera exempelvis genom att byta eller stryka över med färg eller dylikt) :

- Jag äger ett nätanslutet solcellssystem
- Jag äger inte ett nätanslutet solcellssystem

1. *I vilken utsträckning tycker du att det finns information om vad en solcellsanläggning kostar? Markera ditt svar.*

Mycket bra					Mycket dålig	Vet ej
5	4	3	2	1		

2. *I vilken utsträckning tycker du att det finns information om livslängden på en solcellsanläggning? Markera ditt svar.*

Mycket bra					Mycket dålig	Vet ej
5	4	3	2	1		

3. *Hur tycker du att utbudet på information om elproduktionen hos en solcellsanläggning i Sverige är? Markera ditt svar.*

Mycket bra					Mycket dålig	Vet ej
5	4	3	2	1		

**Fråga 4-19 besvaras endast av personer som äger ett nätanslutet solcellssystem.**

Om du inte äger ett nätanslutet solcellssystem, var vänlig och gå till fråga 20.

FRÅGOR	SVAR
4. Vilka fördelar ser du med din nätanslutna solcellsanläggning?	
5. Vilka nackdelar ser du med din nätanslutna solcellsanläggning?	
6. Av vilken/vilka anledningar investerade du i en solcellsanläggning? <u>Stryk under den främsta.</u>	
7. Vilken information var <u>intressant</u> för dig innan investeringen?	
8. Vilken information var <u>avgörande</u> för dig innan investeringen?	
9. Hur/Från vem fick du tag i den informationen som du behövde innan investeringen?	
10. Var någon information svår att få tag på? Om JA, vilken?	
11. Var det någon information som du saknade? Om JA, vilken?	
12. Har du ansökt/fått beviljat elcertifikat <sup>3</sup> för din solcellsanläggning?	
13. Har du ansökt/fått beviljat statligt stöd <sup>4</sup> för din solcellsanläggning?	
14. Hur stor är anläggningen (installerad topp effekt, kW <sub>p</sub> )?	
15. Hur övervakar du driften i din anläggning?	
16. Levererar anläggningen i de nivåer som	

<sup>3</sup> [Elcertifikat](#)

<sup>4</sup> [Statligt stöd](#)

utlovats?


17. Har du haft några problem med din installation? Om JA, vilka?

18. I vilken mån hade ett opartiskt jämförande test mellan olika solcellssystem med avseende på kvalitet och prestanda hjälpt dig i beslutsprocessen inför din investering? Markera ditt svar.

Mycket					Inget alls	Vet ej
5	4	3	2	1		

19. I vilken mån hade en oberoende kvalitetsmärkning hjälpt dig i beslutsprocessen inför din investering i ett solcellssystem? Markera ditt svar.

Mycket					Inget alls	Vet ej
5	4	3	2	1		

Fråga 20-29 besvaras endast av personer som inte äger ett solcellssystem.

FRÅGOR	SVAR
20. Vilka fördelar ser du med en nätansluten solcellsanläggning?	
21. Vilka nackdelar ser du med en nätansluten solcellsanläggning?	
22. Av vilken/vilka anledningar är du intresserad av att investera i en solcellsanläggning? <u>Stryk under den främsta.</u>	
23. Vilken information skulle <u>vara intressant</u> för dig innan en investering?	
24. Vilken information skulle <u>vara avgörande</u> för dig innan en investering?	
25. Saknar du någon information som du inte vet hur du ska få tag på idag? Om JA, vilken?	
26. Hur får du tag på den information du har idag?	
27. Vilken/vilka anledningar hindrar dig från att investera i en solcellsanläggning idag?	

28. *I vilken mån skulle ett opartiskt jämförande test mellan olika solcellssystem med avseende på kvalitet och prestanda hjälpa dig i beslutsprocessen inför en investering? Markera ditt svar.*

Mycket					Inget alls	Vet ej
5	4	3	2	1		

29. *I vilken mån skulle en oberoende kvalitetsmärkning hjälpa dig i beslutsprocessen inför investering i ett solcellssystem? Markera ditt svar.*

Mycket					Inget alls	Vet ej
5	4	3	2	1		

**Övriga kommentarer:**

**Tack för ditt deltagande!**

## **Bilaga 2: Enkät till aktörer på marknaden**

### **Marknadsundersökning – solcellsmoduler, växelriktare och andra produkter avsedda för nätanslutna soleininstallationer**

SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut genomför en marknadsundersökning på uppdrag av Energimyndigheten för att kartlägga produkter på den svenska marknaden som är avsedda för nätanslutna solcellssystem. Syftet med undersökningen är att den ska ligga till grund för utformning av opartisk konsumentinformation om komponenter och kompletta system. Den opartiska informationen kommer eventuellt baserat på provningar, men någon marknadsöversikt är inte tänkt att publiceras i nuläget. Medverkan är frivillig. Du behöver endast svara på frågor som inte kräver djupare efterforskning. Ditt deltagande skulle vara mycket uppskattat.

Enkäten börjar nedan, det finns en mall för fyra olika solcellsmoduler och fyra olika växelriktare. Om du har fler produkter kan du infoga fler kolumner. Nedan angivna svar om fel/problem med soleinprodukter och system på den svenska marknaden som ni har kännedom om kommer inte på något vis att sammankopplas med era produkter eller ert företag.

När du har fyllt i enkäten, bifoga den i ett mejl till: xxx@xx.se med *Marknadsundersökning Sverige* i ämnesraden. Denna adress gäller även vid frågor.

Vänligen svara så snart som möjligt **men senast 2013-11-20**.

Med vänlig hälsning

**SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut**  
**Energiteknik - System- och installationsteknik**

Peter Kovacs

**Kontaktuppgifter (frivilligt, behövs endast för att klargöra eventuella otydligheter)**

Företag:

Namn:

Mail:

Telefonnummer:

**A. Produktinformation**

<b>Solcellsmoduler</b>	<b>Modul no.1</b>	<b>Modul no.2</b>	<b>Modul no.3</b>	<b>Modul no.4</b>
<i>Tillverkare och ursprungsland:</i>				
<i>Typbeteckning:</i>				
<i>Celltyp:</i>				
<i>Toppeffekt vid STC [Wp]</i>				
<i>Moduleffektivitet [%]:</i>				
<i>Ev. integrerad microinverter, optimizer eller liknande:</i>				
<i>Ev. garanti förutom "25 års effektgaranti":</i>				
<i>CE-märkning: Ja/ Nej</i>				
<i>Testad enligt EN(IEC) 61215 alt. 6164: Ja/ Nej</i>				
<i>Konstruktionskrav enligt EN (IEC) 61730-1 Photovoltaic (PV) module safety qualification – Part 1: Requirements for construction: Ja/ Nej</i>				
<i>Testad enligt Part 2: Requirements for testing: Ja/ Nej</i>				
<i>Eventuell certifiering, t.ex. TÜV. Ange vilken.</i>				
<i>Lager/beställningsvara:</i>				



<b>Växleriktare (Power optimizers)</b>	<b>Växleriktare no.1</b>	<b>Växleriktare no.2</b>	<b>Växleriktare no.3</b>	<b>Växleriktare no.4</b>
Ange om det gäller en konventionell växleriktare (1), en micro inverter (2) eller en (modulintegrerad) power optimizer (3)				
Tillverkare och ursprungsland:				
Typbeteckning:				
Typ: Enfas/ trefas				
Typ: Enkel/ multisträng				
Nominell effekt [W]				
Omfattning av den garanti som ingår i grundpriset:				
CE-märkning Ja/ Nej				
Testad enligt någon av nedanstående standarder? Ange: Ja/Nej				
EN 50178 Electronic equipment for use in power installations				
EN 62109-1 Omformare för solcellsanläggningar - Säkerhet - Del 1: Allmänna fordringar				
EN 62109-2 Omformare för solcellsanläggningar - Säkerhet - Del 2: Särskilda fordringar på växleriktare				
IEC 62548 Photovoltaic (PV) arrays - Design requirements				
EN 61727 Characteristics of the utility interface				
Någon annan standard?				
Eventuell certifiering, t.ex. TÜV. <u>Ange vilken</u>				

Lager/beställningsvara:				
-------------------------	--	--	--	--

B. Systeminformation	SVAR
1. Vad erbjuder ni för slags monteringslösningar? (T.ex. en standardlösning för utanpåliggande montering på tak, på mark, integrerat i tak eller liknande.)	B1.
2. Vad erbjuder ni för slags installationslösningar? T.ex. "Enbart komponenter, Kompletta system eller Nyckelfärdiga system"	B2.

C. Försäljning	SVAR
1. Vilken modul är den mest sålda och hur stor andel av er totala modulförsäljning står den för?	C1.
2. Hur länge har den funnits i ert utbud?	C2.
3. Vilken växelriktare är den mest sålda och hur stor andel av er totala försäljning står den för?	C3.
4. Hur länge har den funnits i ert utbud?	C4.
5. Vilken kombination av moduler och växelriktare är den mest sålda (ex: 3 st moduler och 1 st växelriktare)? <u>Ange typbeteckning för respektive komponent.</u>	C5.

<b>D. Information om vanliga fel</b>	<b>SVAR</b>
1. Vilka fel eller problem är de vanligast förekommande som ni känner till hos <u>komponenter i allmänhet</u> på den svenska marknaden (ex moduler, växelriktare)?	D1.
2. Vilka fel eller problem är de vanligast förekommande som ni känner till hos <u>kompleta system i allmänhet</u> på den svenska marknaden?	D2.

<b>E. Övriga frågor</b>	<b>SVAR</b>
1. Erbjuder ni lagringenheter för elenergi som är till för att användas i <u>en nätansluten anläggning</u> ? (OBS inte lagringenheter som är till för stand-alone system)	E1.

**Övriga kommentarer:**

**Tack för ditt deltagande!**

## Bilaga 3: Underlag för aktörsintervjuer

SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut genomför en på uppdrag av Energimyndigheten en förstudie som ska ligga till grund för utformning av opartisk information om komponenter och kompletta system. En del i förstudien är intervjuer med ett antal marknadsföreträdare. Angivna svar om fel/problem med solcellprodukter och system på den svenska marknaden som ni har kännedom om kommer inte på något vis att sammankopplas med era produkter eller ert företag.

Jag tar kontakt enligt avtal och följer i princip detta dokument i intervjun.

Med vänlig hälsning

**SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut**  
**Energiteknik - System- och installationsteknik**

Peter Kovacs

### **Kontaktuppgifter (frivilligt, behövs endast för att klargöra eventuella otydligheter)**

Företag:

Namn:

Mail:

Telefonnummer:

### **F. Sekretess: Önskar ni vara anonym?**

### **G. Aktörsinformation**

1. Inom vilket/ vilka områden är ni aktiva? ( Ex. tillverkning, import, konsult, leverantör av..., installatör. Huvud- plus ev. sidoaktivitet)
2. Sedan hur länge?
3. Antal aktiva?
  -
4. Geografisk täckning?

### **H. Om kvalitetsproblem**

1. Vilka komponenter har ni erfart mest problem med?
2. Vilken typ av problem?
3. Problem med installation?
4. Problem med oseriösa aktörer

**I. Om kvalitetsfrämjande åtgärder och information**

4. SP genomförde 2010 på Energimyndighetens uppdrag en jämförande provning av 8 nätanslutna solelsystem. Hur kan Energimyndigheten och SP på bästa sätt framgent bidra till att öka konsument/ beställarintresset och till att produkter och system av låg kvalitet inte ger solen dåligt rykte?
  
5. SP söker stöd från Energimyndigheten för att sätta upp en ”testsite” för solcellsmoduler och växelriktare. En kombination av korta tester och långtidsexponering av moduler samt beräkningar av systemutbyten baserat på dessa data är tänkt att ge ett omfattande underlag för konsument/ beställarinformation till förhållandevis låg kostnad. Kommentarer?
  
6. Om SP tog fram ett system för kvalitetscertifiering/ märkning av system, exempelvis en P-märkning, baserat på dessa data: Vad ser ni för för- och nackdelar med ett sådant system?

Vilket överväger, m.a.o. tycker ni att detta är en god idé?

**Tack för ditt deltagande!**

## Bilaga 4: Rapportmall för fältundersökningar av solelsystem 2011

### Uppdrag

Besiktning av solcellsanläggning för bedömningsunderlag till Länsstyrelsen Södermanlands län för bidrag enligt förordningen om statligt stöd till solceller; SFS 2009:689.

### Genomförande

Genom besök på anläggningen redogöra för anläggningens prestandauppgifter och bedömning av dess potential till att producera angiven mängd energi och dess elektriska max-effekt. Sammanställningen baseras på anläggningsägarens uppgifter för ansökan om stöd samt avlästa data på plats. Då solcellerna är tillgängliga från marken sker även en uppmätning av dess area. Asimut anges som 0°=rakt sydlig, 90°= västlig och 270°= ostlig riktning. Med lutningen avses den vinkel med vilken solcellsmodulerna lutar, 0°=horisontellt (ingen lutning), 90°=vertikalt (lodrätt)

### Anläggning

Anläggningsägare: ...  
 Anläggningens adress: ...  
 Fastighetsbeteckning: ...  
 Besöksdatum: ...

### Sammanfattning av systemet

Teckenförklaring:

p: Uppmätt eller avläst på plats

d: Taget från dokumentation

Fabrikat solcell:

...p/d

Solcellstyp:

...

p/d

Modulbredd, brutto (m):

...p/d

Modulhöjd, brutto (m):

...

p/d

Antal moduler:

...

p/d

Bruttoyta (m<sup>2</sup>):

...

p/d

Toppeffekt per modul (Intervall om flera olika) (W):

...

p/d

Nominell toppeffekt, toppeffekt modul\*antal (W):

...

p/d

Fabrikat växelriktare:

...

p/d

Antal växelriktare:	...
	p/d
Nominell och (max) effekt per växelriktare (W):	... (...)
	p/d
Total effekt (nominell) samtliga växelriktare (W):	...
	p/d
Bruttoyta per 1000 $W_{\text{peak}}$ ( $\text{m}^2$ ):	...
	p/d
Asimut:	...
	p/d
Lutning i förhållande till horisontalplanet:	...
	p/d
Skuggning:	...
	p/d
Toppeffekt för systemet enligt ansökan om stöd:	...
Årlig el-produktion enligt ansökan om stöd:	...
	...
Elenergimätare (för utmatning på nätet):	...
	...
Nätbolag:	...

## Bilder på anläggningen

[Bilder på anläggningen, paneler, växelriktare, typskyltar m.m.]

## Resultat

Anläggningen bedöms ha en elektrisk toppeffekt om cirka ...  $W_{\text{peak}}$  (bedöms utifrån solcellernas och växelriktarnas maximala effekt).

I ansökan uppgivet värde ...  $W_{\text{peak}}$ .

Anläggningen bedöms ha en årlig el-produktion om cirka ... kWh. Beräkningen baseras på simulering av systemet med simuleringsprogrammet "Solel ekonomi", version 1.0, utvecklat på Uppsala universitet.

I ansökan uppgivet värde ... kWh.

## SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut Energiteknik - System- och installationsteknik

Utfört av

Granskat av

## Bilaga 5. PVsyst modell av 5 kW system

PVSYST V6.12		27/11/13	Page 1/3
<b>SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut</b>			
Grid-Connected System: Simulation parameters			
<b>Project :</b>	<b>5 kW PV system Stockholm</b>		
<b>Geographical Site</b>	<b>Stockholm</b>	Country	<b>Sweden</b>
<b>Situation</b>	Latitude	59.4°N	Longitude 17.9°E
Time defined as	Legal Time	Time zone UT+1	Altitude 10 m
	Albedo	0.20	
<b>Meteo data:</b>	<b>Stockholm</b>	Synthetic - Meteonorm 6.1	
<b>Simulation variant :</b>	<b>New simulation variant</b>		
	Simulation date	27/11/13 12h22	
<b>Simulation parameters</b>			
<b>Collector Plane Orientation</b>	Tilt	45°	Azimuth 0°
<b>Models used</b>	Transposition	Perez	Diffuse Measured
<b>Horizon</b>	Free Horizon		
<b>Near Shadings</b>	No Shadings		
<b>PV Array Characteristics</b>			
<b>PV module</b>	Si-mono	Model	<b>MJ185-72-1</b>
		Manufacturer	PV Enterprise
Number of PV modules		In series	9 modules
Total number of PV modules		Nb. modules	27
Array global power		Nominal (STC)	<b>4995 Wp</b>
Array operating characteristics (50°C)		U mpp	285 V
Total area		Module area	<b>37.9 m<sup>2</sup></b>
		In parallel	3 strings
		Unit Nom. Power	185 Wp
		At operating cond.	4510 Wp (50°C)
		I mpp	16 A
<b>Inverter</b>			
		Model	<b>IG 60 HV (indoor)</b>
		Manufacturer	Fronius International
Characteristics	Operating Voltage	150-400 V	Unit Nom. Power 4.60 kW AC
<b>PV Array loss factors</b>			
Thermal Loss factor	Uc (const)	20.0 W/m <sup>2</sup> K	Uv (wind) 0.0 W/m <sup>2</sup> K / m/s
Wiring Ohmic Loss	Global array res.	301 mOhm	Loss Fraction 1.5 % at STC
Module Quality Loss			Loss Fraction 2.5 %
Module Mismatch Losses			Loss Fraction 1.0 % at MPP
Incidence effect, ASHRAE parametrization	IAM =	1 - bo (1/cos i - 1)	bo Param. 0.05
<b>User's needs :</b>	Unlimited load (grid)		



SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut

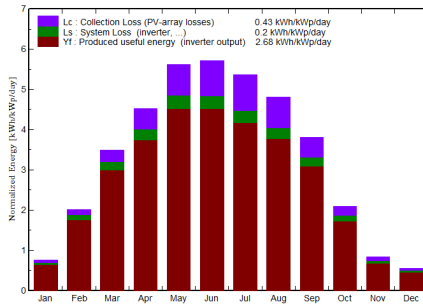
Grid-Connected System: Main results

**Project :** 5 kW PV system Stockholm  
**Simulation variant :** New simulation variant

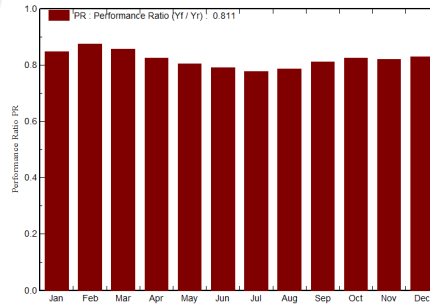
<b>Main system parameters</b>	System type	<b>Grid-Connected</b>		
PV Field Orientation	tilt	45°	azimuth	0°
PV modules	Model	MJ185-72-1	Pnom	185 Wp
PV Array	Nb. of modules	27	Pnom total	<b>4995 Wp</b>
Inverter	Model	IG 60 HV (indoor)	Pnom	4600 W ac
User's needs	Unlimited load (grid)			

**Main simulation results**  
 System Production **Produced Energy 4884 kWh/year** Specific prod. 978 kWh/kWp/year  
 Performance Ratio PR **81.1 %**

Normalized productions (per installed kWp): Nominal power 4995 Wp



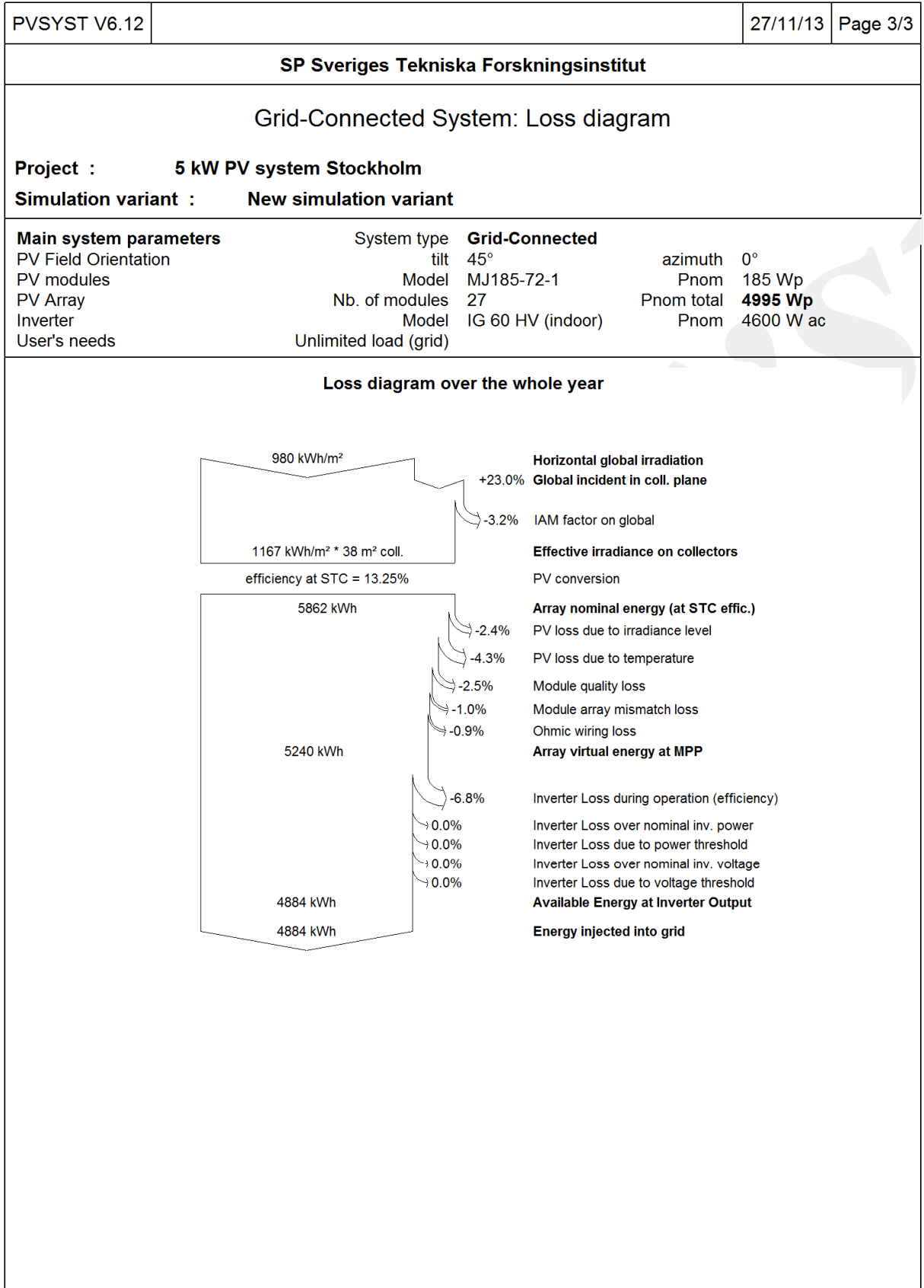
Performance Ratio PR



**New simulation variant**  
 Balances and main results

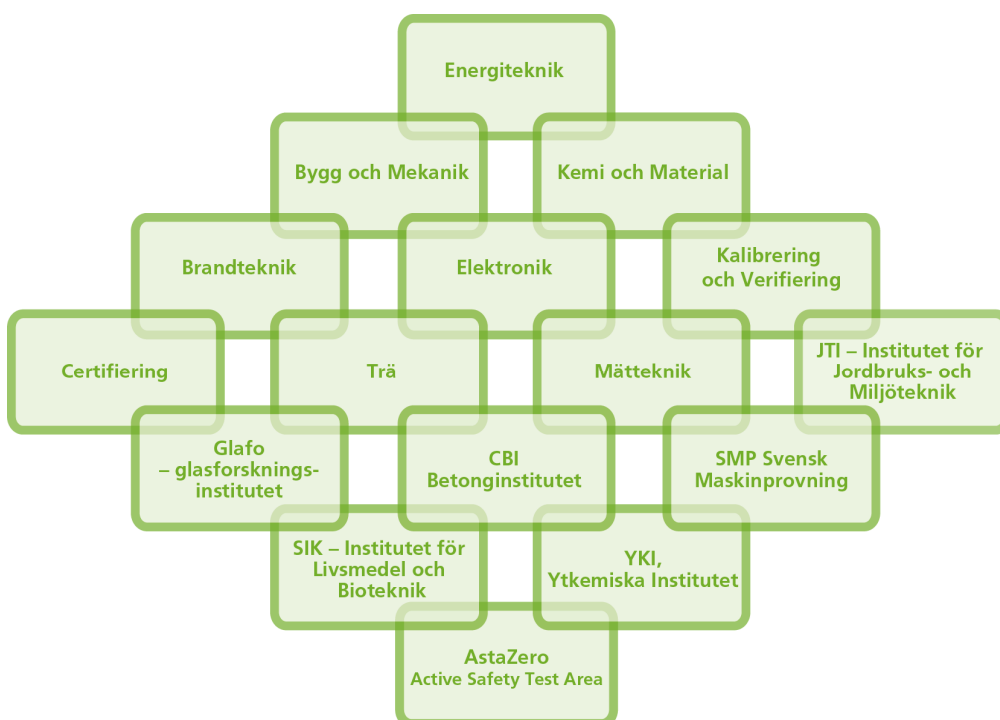
	GlobHor kWh/m <sup>2</sup>	T Amb °C	GlobInc kWh/m <sup>2</sup>	GlobEff kWh/m <sup>2</sup>	EArray kWh	E_Grid kWh	EffArrR %	EffSysR %
January	9.7	-1.60	23.4	22.6	107.7	99.0	12.15	11.18
February	26.2	-1.70	56.3	54.8	284.5	246.5	12.39	11.54
March	67.7	0.90	108.0	104.9	495.7	462.9	12.11	11.31
April	110.2	6.10	135.7	131.5	600.5	560.4	11.67	10.89
May	163.7	11.10	174.3	168.5	751.0	700.8	11.37	10.61
June	174.2	15.70	171.5	165.6	726.3	677.4	11.17	10.42
July	165.2	18.70	166.3	160.7	693.9	647.1	11.01	10.27
August	130.2	18.10	149.0	144.2	626.8	585.0	11.10	10.36
September	78.5	13.10	114.1	110.7	495.9	463.1	11.47	10.71
October	36.5	7.30	65.1	63.2	288.8	268.4	11.71	10.88
November	12.2	3.00	24.9	24.1	111.6	102.3	11.82	10.83
December	6.0	-0.60	17.1	16.4	77.1	71.0	11.90	10.95
Year	980.2	7.66	1205.7	1167.4	5239.7	4884.0	11.47	10.69

Legends: GlobHor Horizontal global irradiation EArray Effective energy at the output of the array  
 T Amb Ambient Temperature E\_Grid Energy injected into grid  
 GlobInc Global incident in coll. plane EffArrR Effic. Eout array / rough area  
 GlobEff Effective Global, corr. for IAM and shadings EffSysR Effic. Eout system / rough area



## SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut

Vi arbetar med innovation och värdeskapande teknikutveckling. Genom att vi har Sveriges bredaste och mest kvalificerade resurser för teknisk utvärdering, mätteknik, forskning och utveckling har vi stor betydelse för näringslivets konkurrenskraft och hållbara utveckling. Vår forskning sker i nära samarbete med universitet och högskolor och bland våra cirka 10000 kunder finns allt från nytänkande småföretag till internationella koncerner.



## SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut

Box 857, 501 15 BORÅS

Telefon: 010-516 50 00, Telefax: 033-13 55 02

E-post: [info@sp.se](mailto:info@sp.se), Internet: [www.sp.se](http://www.sp.se)

[www.sp.se](http://www.sp.se)

Mer information om SP:s publikationer: [www.sp.se/publ](http://www.sp.se/publ)

Energiteknik

SP Rapport :

ISBN

ISSN 0284-5172