# SLUTRAPPORT SOLEL-PROGRAMMET

## - SYNTESARTIKLAR OCH RESULTATBLAD

Energiforsk

# Innehåll

Inledning
Syntesartiklar: 5
Solprosumentens roll i energissystemet 7
Byggnadsintegration av solceller – positiva erfarenheter av solceller i stan 11
Är det så krångligt? 14
Solel åt alla 17
Vilken roll spelar solen i energisystemet idag och i morgon? 21
Solceller i vår omvärld 24
Förslag till ytterligare forskning 25
Resultatblad 26

Möjligheter och begränsningar för egeanvänd solel i Västra Gårdsten 27
Maria Haegermark, Jan-Olof Dalenbäck, Chalmers

Solceller i flerbostadshus – 29
Hur hanteras överskottsel på bästa sätt?
Maja Wennerberg Fåhraeus, Solkompaniet David Larsson, Solkompaniet
Johan Paradis, Paradisenergi

Prosumenter och energimedvetenhet 31
Simon Strandberg och Hanna Jansson, STUNS

Framtidens solel till hyresgäster. 33
Simon Strandberg och Hanna Jansson, STUNS

Solceller på svenska kontorsbyggnader. 35
En helhetsbedömning.
Elsa Fahlén, Jesper Karlsson, Nina Johansson, Eva Grill, Kajsa Flodberg, Catrin Heinke, NCC Construction Sverige AB

Erfarenheter från medelstora solcellsinstallationer på byggnader 37
Daniel Olsson, Catrin Heincke, Peter Wennerhag CIT Energy Management AB

Solceller på svarta, vita och gröna tak. En handbok om miljösmarta tak i Sverige. 39
Anna Bengtssom och Mårten Lind, Solkompaniet

Snöpåverkan på solelproduktion – 41
Om snöförluster på takanläggningar i Norra Sverige
Michiel van Noord, Torsten Berglund (Esam AB), Mark Murphy (Umeå Universitet, Inst. för tillämpad fysik och elektronik)

Accelererade långtidsstabilitetstester på solcellsmoduler. 43
En testserie för att utvärdera solceller tillverkade med metod för kostnadsreducering.
Jonas Buddgård, JB EcotechAB

Förbättrad produktionsutvärdering från svenska solcellsanläggningar. 45
Bengt Stridh, Pietro Campana, Tomas Landelius, Sandra Anderssomn, Erik Holm, Mårten Lind

Beräkningsprogrammet Solekonomi 47
Joakim Widén, Uppsala Universitet

Solar hackathon från idé till genomförande 49
Peter Kovács, RISE

Watt för watt – solceller till alla 51
Joachim Lindborg, Lindborg systems

UpScaleSolar – Stora mängder solceller kan ge kraftiga effektvariationer 53
Joakim Widén, Gustav Elfving, Emil Jansson, Joakim Munkhammar, David Lingfors

# Inledning

**SolEl är ett tillämpat program för forskning och utveckling som bidragit till att den svenska marknaden för solceller expanderat från små nischmarknader till att nu installeras i allt högre takt. Programmet samfinansieras av näringslivet genom Energiforsk och av Energimyndigheten.**

Målet med de projekt och studier som programmet bedriver är att öka användningen av solceller, att främja svenskt näringsliv och att bygga och sprida kunskap om solcellsanläggningar.

## Kommunikationsstrategi

Målet med kommunikationen kring programmet är att sprida resultat och ny kunskap så att alla som berörs av resultaten blir intresserade och vill ta till sig ny kunskap från forskningen. En viktig del i detta är att bidra till kompetensutveckling hos och kompetensöverföring mellan aktörer som använder, investerar i, planerar för, beställer, installerar, äger och/eller driver solcellsanläggningar, liksom akademi och institut.

## Ökad etablering av solceller

Det övergripande budskapet i programmet är att det finns efterfrågad kunskap och att det är möjligt att öka etableringen av solceller, särskilt i bebyggelsen, för att bidra i omställningen till ett hållbart energisystem. Tanken är att budskapet ska delas upp, kompletteras, målgruppsanpassas och formuleras så att budskapet beskriver nyttan för olika målgrupper.

## Syntesartiklar

Som ett led i kommunikationsarbetet har Energiforsk i samarbete med Energimyndigheten valt att ta fram fem syntesartiklar utifrån resultaten i de 15 forskningsprojekt som har ingått i Solelprogrammet under perioden 2013-2017. Forskningsresultaten beskrivs på ett enkelt och populärvetenskapligt sätt. Artiklarna bygger också på resultat från seminarier som genomförts i Stockholm under våren 2017 och konferensen Solel 2017 – ett aktuellt kunskapsmöte. (En film från konferensen finns att ladda ned från Energiforsks hemsida). Artikelmaterialet kan i ett senare skede anpassas för olika målgrupper för publicering i fack- eller branschtidskrifter. Eftersom artiklarna främst är avsedda att publiceras var för sig, är det oundvikligt att det blir en del upprepningar när artiklarna nu publiceras tillsammans i den här slutrapporten.

Följande syntesartiklar ingår i rapporten: Solel åt alla, Solprosumentens roll i energisystemet, Är det så krångligt?, Integration av solceller i staden, Vilken roll spelar solel i energisystemet, idag, och i morgon?

## Resultatblad

För att tydliggöra resultaten från forskningsprojekten har vi också tagit fram resultatblad för varje projekt. De finns sist i denna sammanställning.

SolEl samfinansieras av näringslivet genom Energiforsk och av Energimyndigheten.

**Uppdragsgivare SolEl-programmet:**

ABB, Bixia, Direct Energy, Egen El, Energicentrum Stockholms stad, Energimyndigheten, Eskilstuna Energi & Miljö, Fortum, Glava Energy Center, Göteborg Energi, HSB, Jämtkraft, Karlstads Energi, Malmö stad, Pite Energi, Svenska Byggbranschens Utvecklingsfond, Umeå Energi, Växjö Energi och Öresundskraft.

# Solelprosumentens roll i energisystemet

**Intresset för egenproduktion av el och framförallt solel är stort hos allmänheten. Det är inte bara villaägare som är intresserade av att producera sin egen el, även bostadsrätts-innehavare och hyresgäster vill kunna påverka vilken el som används i huset där de bor. Varför vill vi vara prosumenter och kan vi alla bli det?**

Vi får alltfler prosumenter i takt med att flera solcellsanläggningar byggs. En elprosument är antingen en individ eller ett hushåll som både producerar och köper el från nätet. Många är ense om att det vi ser är en ”prosumenttrend” – en trend för egenproduktion, där vi som konsumenter vill vara delaktiga i framställningen av den energi vi använder, den mat vi äter och de kläder vi bär. Genom att vara delaktiga vill vi bidra till ett mera hållbart samhälle.

## Drivkrafter

Vilka är drivkrafterna till att vi vill bli prosumenter och hur påverkar det vårt allmänna energimedvetande? STUNS Energi (Stiftelsen för samverkan mellan universiteten i Uppsala, näringsliv och samhälle) har i samarbete med två forskargrupper vid Uppsala Universitet tagit fram en enkät i projektet Prosumenter och energimedvetenhet. Enkäten har tagits fram för att mäta hur rollen som prosument påverkar individers energimedvetenhet. Finns det ett allmänt energimedvetande som motiverande kraft för personer med solcellanläggningar? Blir vi mer motiverade att köpa elbil om vi producerar solel på taket till huset där vi bor? Källsorterar vi mer om vi bor i ett hus med smarta energilösningar? Skiljer sig beetenden mellan aktiva och passiva prosumenter?

## Ett hållbart energisamhälle

För att vi ska få ett väl fungerande hållbart samhälle behöver vi få en ökad förståelse för drivkrafter och attityder kring energifrågor. Vi behöver kunskap om hur hushållen faktiskt agerar för att vi ska kunna se vilka insatser som behöver prioriteras och vilka regelverk och styrmedel som är nödvändiga.

## Miljövänligt beteende

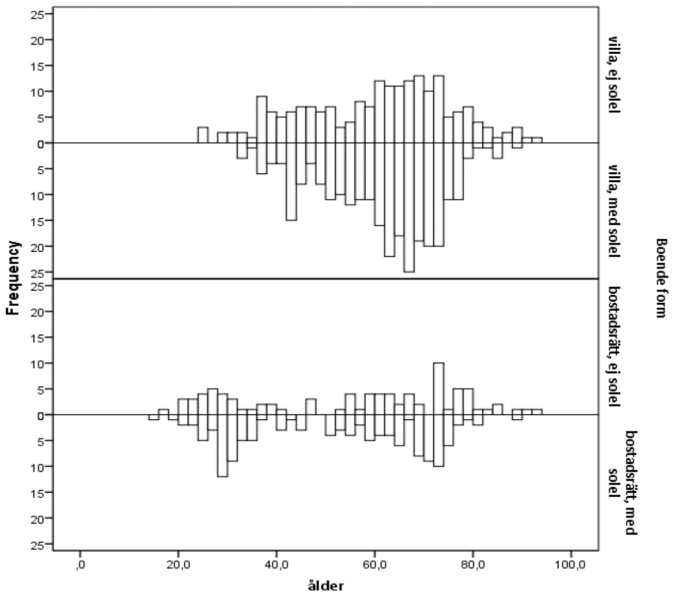
Forskning har visat att även om det är ekonomiskt lönsamt att genomföra energieffektiviseringsåtgärder, så genomförs de inte. De resultaten tyder på att människors energirelaterade beteenden hänger ihop med en rad motiv som inte är ekonomiska, utan istället hänger ihop med sociala och moraliska normer samt upplevd kontroll.

## Motiv för miljömedvetenhet

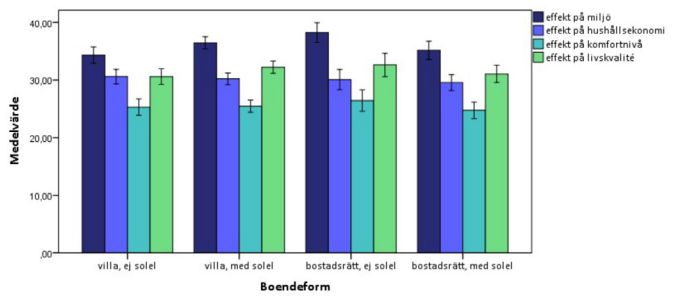
I STUNS projekt studeras också om solinstallationer påverkar människors kunskap, attityder, värderingar och beteende i övriga energifrågor. Motiv för miljövänligt beteende har i tidigare forskning undersökts i form av ”Överspillningseffekter”. Kan en enskild handling, såsom till exempel en investering i solceller, ”spilla över” och få fördelaktiga effekter på andra miljö- och energirelaterade beteenden? Skulle en utökad utbyggnad av solceller kunna tänkas ha positiv inverkan (utöver att bidra till en ökad produktion av förnybar el), som till exempel minskad förbrukning i hushållet, anpassning av energiförbrukning efter tid på dygnet och investering i nya mer energieffektiva hushålls-apparater?

## Allmän energimedvetenhet

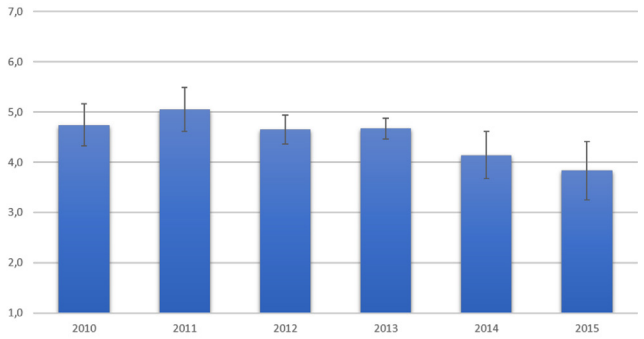
Projektet har resulterat i ett mätverktyg för att mäta energimedvetenhet i form av en enkät. Syftet med enkäten är att mäta vad som motiverar personer att agera på ett visst sätt och vilken eventuell påverkan ett beteende har på andra beteenden. De underliggande attityder som undersöks i enkäten är ekonomisk effekt, miljöpåverkan, effekt på komfort och påverkan på livskvaliteten. De svarande ombads gradera effekterna av t ex att stänga av standbylägen på hushållsapparater och flytta energiförbrukning till kvällar och helger. De fick även gradera hur viktigt det är hur andra bedömer ens beteende, och om de kände ett moraliskt ansvar för sitt beteende. Sammantaget ger det här ett mått på en persons allmänna energimedvetenhet. I studien definieras allmän energimedvetenhet som individens motivation och engagemang när det kommer till att förändra sin energisituation.




Figur 1. Svarsfrekvens och åldersspridning per undersökningspopulation.




Figur 2. Medelvärde av fyra övertygelser (effekt på miljö, hushållsekonomi, komfortnivå och livskvalité) för varje grupp.




Figur 3. Sammanräknad poäng för energimedvetenhet mot tid för utbetalat investeringsstöd.

För att mäta skillnader mellan att vara aktiv och passiv prosument skickades enkäten till fyra olika undersökningspopulationer:

- Boende i villa med solelanläggning,
- Boende i flerbostadshus med solelanläggning,
- Boende i villa utan solelanläggning och
- Boende i flerbostadshus utan solelanläggning.

## Allmän energikunskap och demografi

– Vad gäller den allmänna kunskapen om hushållets energiförbrukning och kostnader framgår att villaägare med solanläggning rapporterar betydligt lägre årliga elkostnader i relation till villaägare utan solel. Detta pekar så klart på de ekonomiska fördelarna med att äga en solanläggning, men även på en lägre energiförbrukning generellt. För boende i flerbostadshus är dessa skillnader inte lika tydliga. Trenden visar alltså på att aktiva prosumenter, i detta fall villaägare med solanläggning, har en lägre årlig energiförbrukning än motsvarande part utan solanläggning, alltså rena konsumenter, medan skillnaden i årlig energiförbrukning hos passiva prosumenter och konsumenter boende i flerbostadshus är mindre. Noteras bör dock att energiuppgifterna är självskattade värden och gör att slutsatser baserat enkom på detta är svåra att ställa, berättar Hanna Jansson, en av projektledarna.

Könsfördelningen bland respondenterna är relativt jämnt fördelad, med skillnaden att det var flera manliga respondenter i de som bor i villa än bland bostadsrättsägarna.

– De som har solceller vill gärna berätta om dem. Många skickade enkäten med vändande post, berättar Hanna Jansson, en av projektledarna.

## Energimedvetenhet och beteenden

Miljöeffekter, livskvalitet och komfort är de tre viktigaste drivkrafterna för energirelaterade beteenden. Det är ingen skillnad i grupperna gällande övertygelser, förutom på miljön. Svarande som bor i villor med solpaneler bedömde miljöpåverkan från sin livsstil och sina beteenden som större än vad svarande boende i villa utan solpaneler bedömde sin. Baserat på den demografiska undersökningen är dock skillnaden i faktisk påverkan på miljön baserat på livsstil mellan villaägarna inte markant, utan trenden pekar alltså snarare på att villaägare med solanläggning betraktar sin livsstil som mer miljöpåverkande än villaägare utan solpaneler. För bostadsrätter ser effekten däremot ut att vara tvärtom, respondenter boende i flerbostadshus med solanläggning tillskriver mindre miljöeffekter av deras livsstil än boende i flerbostadshus utan solanläggning. Vikten av att leva upp till andras förväntningar visar sig vara större hos personer boende i flerbostadshus jämfört med boende i villa. Däremot ses inga skillnader inom grupperna mellan prosumenter och konsumenter.

## Enkätsvar

Enkätsvaren visar inga tydliga slutsatser om överspillningseffekter, alltså om att vara en solprosument leder till en ökad energimedvetenhet, men en trend som kan skönjas är att energimedvetenheten är högre för de som haft sin solelanläggning längre än för de som investerat senare.

## Aktiva prosumenter är mer energimedvetna

Studien visar att aktiva prosumenter är mer energimedvetna än passiva prosumenter. Undersökningen visar även på vikten av att inkludera boende i flerbostadshus med solanläggning i själva processen för att bidra till en mer aktiv roll som prosument. Den uppmätta skillnaden i energimedvetenhet i gruppen aktiva prosumenter mot rena konsumenter kommer med stor sannolikhet vara av vikt i den fortsatta utvecklingen mot ett mer hållbart energisystem!

**Varför funderar du på att installera solel?**

- Lönsamhetsskäl och/eller miljöskäl
- För att bli självförsörjande
- Upplevs mer tillförlitligt än vindkraft
- Lämpligt att utnyttja hustaken
- Kräver minimalt underhåll
- Driftsäkert
- Det är snyggast och stör inte grannarna

Resultat utifrån Profus telefonenkät

## Bättre affärsmodeller

Genom att lära oss hur olika insatser påverkar energibeteenden kan vi effektivisera och genomföra insatser som motiverar till att uppnå energimålen, exempelvis fler installationer av solelanläggningar. Kunskaperna om våra energibeteenden bör också användas till att utveckla fler och bättre affärsmodeller för att ge fler möjligheter att bli prosumenter. Detta är också en viktig demokratisk fråga, alla har rätt till hållbara energilösningar. I och med att solceller blir allt billigare, och affärsmodellerna bättre, är solceller inte längre bara något för ekonomiskt privilligierade i samhället.

## Drivkrafter

Konsultföretaget Profu har i sin studie Utbyggnad av solel i Sverige – möjligheter, utmaningar och systemeffekter genomfört telefonintervjuer för att se hur allmänheten prioriterar och värderar olika aspekter av miljö och hållbarhet samt intresset för solel. Tre av fem kunde tänka sig att producera egen el och de flesta valde i första hand solel. Drivkraften är i första hand miljörelaterad, men några anger ekonomi som skäl. 15% av de tillfrågade uppger att de själva aktivt sökt information om att producera el själva.

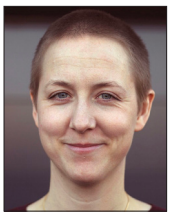
De som inte vidtagit några åtgärder för att producera egen el, fick frågan om vad som skulle krävas för att de skulle producera egen el via solpaneler. Svaren var helt beroende av bostadssituation. De som bor i bostadsrätt hänvisade till bostadsföreningen och de boende i hyresrätt utgick ofta ifrån att det inte var möjligt, att man måste bo i villa. De boende i villa hänvisade till flera faktorer som till exempel att det skulle krävas att elpriserna gick upp markant eller att de inte ansåg den egna bostaden ha ett tillräckligt soligt läge. En rädsla för komplicerad teknik kunde också skönjas i svaren.

## Hur kan vi inspirera varandra till att bli prosumenter?

Joachim Lindborg erbjuder i sin webbaserade tjänst Watt-s en möjlighet att investera i solceller, en lösning som han tror kan inspirera till att bli en prosument.

–Jag tror på känslan av egen produktion. Att känna att man är med och påverkar energisamhället. Vi förstår alla att det måste vara en balans mellan konsumtion och produktion.
Solpaneler har satts upp i Stockholm och Uppsala. Via ett samarbete med kommunerna kan man via tjänsten Watt-s investera i en av dessa solceller. Pengarna som du betalar för din watt, investeras sen i nya solpaneler.

Joachim Lindborg, Lindborg systems



Hanna Jansson, STUNS

Tobias Walla, Energimyndigheten

–Jag tror många upplever en feel good-känsla av äga några watt, trots att man inte har en solpanel på taket. Jag tror också att det ökar drivkraften att förändra andra saker i sitt energibeteende.

## Framtidens solprosument

Solelen kan öka delaktigheten i energiomställningen och därför är villaägare, bostadsrättsföreningar, hyresgäster, lantbrukare och andra aktörer som kan sätta upp solceller på sina byggnader viktiga aktörer. Hur kommer framtidens prosument se ut?

– Det är svårt att säga, menar Tobias Walla på Energimyndigheten. Det är framtida affärsmodeller och styrmedel som kommer att sätta gränsen för vilka som kommer att kunna bli prosumenter. Målet måste vara att boende både i villa och hyresrätt ska kunna bli det.

Energimyndigheten har i sitt förslag till solelstrategi pekat på behovet av att renodla och skapa mer enhetliga regler. På lång sikt är det viktigare att installationer kan utföras enkelt, än att det finns omfattande bidragssystem för solceller.

## Möjligheter

62% av Sveriges alla miljoner lägenheter är hyresrätter. Vilka möjligheter har hyresgäster att påverka vilken el som används i fastigheten? Vad behövs för att bolagen inom allmännyttan ska satsa på solel?

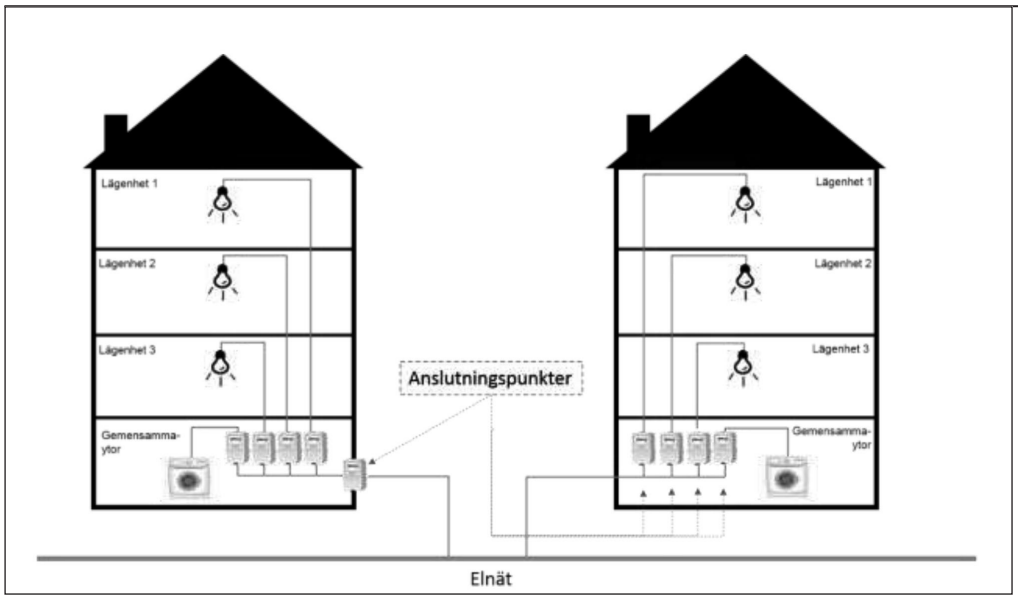
I projektet Framtidens solel för hyresgäster har STUNS tagit fram förslag till lösningar för hur fastighetsägare med flerbostadshus kan tillhandahålla el till sina hyresgäster. De förslag som tagits fram ligger alla inom ramen för befintligt regel- och lagutrymme.

Trots det stora intresset för solel i samhället, har inte solelen slagit igenom i flerbostadshus med hyresgäster. Vad beror det på?
– Orsaker som anges av bostadsbolag och fastighetsägare är att de känner en stor osäkerhet kring regelverk och förutsättningar. Det finns en rädsla för att satsa på solenergilösningar som riskerar att bli olönsamma och kanske olagliga framöver, berättar Hanna Jansson på STUNS.

I de flesta bostadshus idag har varje lägenhet en egen anslutning till elnätet, vilket innebär att varje lägenhetsinnehavare har ett eget elnäts- och elhandelsabonnemang för hushållsel. Fastighetsägaren har ett eller flera elnätsanslutningar för fastighetsel för allmänna ytor som tvättstuga och belysning.

## Gemensam anslutningspunkt

Den i många fall bästa lösningen för en fastighetsägare med ett flerbostadshus är att skapa ett gemensamhetsabonnemang, dvs säga att alla lägenheter är anslutna till samma elnätsabonnemang. Bostadshus som har en gemensam anslutningspunkt till elnätet




Schematisk bild över två flerbostadshus med olika elnätsanslutningar. Huset till vänster i bild har en anslutningspunkt till elnätet och ett gemensamhetsabonnemang med undermätare. Huset till höger i bild har fyra anslutningar till elnätet och separata elnätsabonnemang för respektive lägenhet och fastighetsel.

lämpar sig bra för solelanläggningar. Samtliga lägenheter och fastighetsägaren delar då på ett abonnemang för elnät och elhandel. De fasta avgifterna minskas och abonnemanget kan anpassas efter hyresgästernas gemensamma maximala effektuttag. Detta är den affärsmodell som är mest fördelaktig för solel. Genom att dimensionera en solelanläggning efter hela fastighetens elbehov kan en fastighetsägare dra nytta av stordriftsfördelar vid installation samtidigt som risken för överproduktion minskar. Ersättning för överproduktion, alltså den el som matas ut på nätet, är i de flesta fall betydligt lägre än värdet av att själv använda solelen, därför bör mängden överskottsproduktion minimeras. Den solel som produceras kommer både att gå till hushållsel för de boende och till utrymmen och apparater som är kopplade till den gemensamma elen i byggnaden. Hur hyresgästerna debiteras varierar. Det vanligaste är att fastighetsägaren installerar en individuell mätare i varje lägenhet och att hyresgästen debiteras efter sin faktiska konsumtion.

## Minimerad överskottsproduktion bäst

Lönsamheten för en solelanläggning är beroende av ett flertal faktorer. Det som har störst inverkan på lönsamheten är investeringskostnaden, kalkylräntan, andelen egenanvänd respektive såld el. Möjligheten att få skattereduktion för överskottsproduktion har en stor inverkan på lönsamheten. Många fastighetsägare får ingen skattereduktion eftersom stödet har ett tak på 18 000 kr per år och person. Det betyder att ett fastighetsbolag som mest kan få det beloppet oavsett antalet solanläggningar. Dessutom får inte säkringen i anslutningspunkten för solelanläggningen överstiga 100 ampere, vilket diskvalificerar många större flerbostadshus. Graden av egenanvändning av den solel som produceras har därför stor inverkan på solanläggningens lönsamhet.

## Lättare för bostadsbolag att sälja el till sina hyresgäster

De legala förutsättningarna för bostadsbolag att sälja solel till sina hyresgäster har förändrats till det bättre under senare tid och flera förändringar kommer. För att bidra till en fortsatt utbyggnad av solel i flerbostadshus rekommenderar projektledarna att en skattereduktion för producerad och såld solel även ska gälla för boende i flerbostadshus.

– Om fler bostadsbolag satsar på gemensamhetsabonnemang, tror jag att det finns goda förutsättningar för att vi ska bli många prosumenter, menar Hanna Jansson på STUNS. En förutsättning är dock styrmedel och regler utformas, så att det blir enkelt för fastighetsägare att sälja den el som produceras till sina hyresgäster! Prosumenttrenden tror jag är här för att stanna!

**Artikeln bygger på rapporterna:**

- Prosumenter och Energimedvetenhet, STUNS
- Utbyggnad av solel i Sverige – möjligheter, utmaningar och systemeffekter, Profu
- Framtidens solel för hyresgäster, STUNS
- Watt för watt – solceller till alla, Lindborg systems

Samt seminariet ”Prosumenter” i Energiforsks regi i februari 2017. På seminariet medverkade programråd samt projektledare.

Naturrum i Örebro

Illustration: White arkitekter

# Byggnadsintegration av solceller – positiva erfarenheter av solceller i stan

**Det finns goda möjligheter att integrera solceller i staden. Tekniken finns där. Solceller kan monteras på de flesta typer av tak, på fasader och på marken. Installationerna behöver inte längre vara stora och klumpiga, solceller kan nu se ut som taktegel eller vackra fasadelement.**

Den tillgängliga takytan för solceller är mycket stor i Sverige. Om alla dessa tak täcktes med solceller, skulle produktionen av solel vida överskrida det faktiska elbehovet sommartid i Sverige. Sannolikt kan solelsproduktionen öka markant innan elnätet utgör en begränsande faktor. Att inte fler fastighetsägare satsar på solceller kan hänga samman med osäkerheter kring pris, subventionering av solcellsinvesteringar och av förutsättningarna vid leverans av egenproducerad el till elnätet. Ett annat hinder som identifierats är att det saknas kunskap hos fastighetsägare och att solceller ibland kommer in i fel skede i byggprocessen, vilket leder till fördyringar samt till att solceller ofta prioriteras bort för att hålla budgeten.

## Nöjda fastighetsägare

En studie som genomförts i projektet ”Erfarenheter från medelstora solcellsinstallationer på byggnader”, visar att tillfrågade fastighetsägare i hög utsträckning är nöjda med sina installationer av solceller. Problem i anknytning till montage-, säkerhets-, och byggtekniska problem är ovanliga. Däremot kan noteras att många fastighetsägare har bristande kunskap om efterkontroller gällande fukt och hållfasthet. På sikt bör en handbok tas fram som kan ge fastighetsägare råd och tips vid installation av solceller. I projektet undersöktes också hur företagen som installerar solceller levererar. Det visar sig att branschen kan sägas vara mogen med ansvarsfulla och välutbildade installatörer. En statlig certifiering av solcellsinstallatörer har nyligen  införts för att bidra till kvalitetsmässigt och miljömässigt bra installationer.

## Drivkrafter

Det finns flera drivkrafter som gör att fastighetsägare satsar på solenergilösningar. Det visar flera av rapporterna. Miljöprofilering är en stark drivkraft. Många företag vill leva upp till egna och andras miljökrav. En annan drivkraft är design. Solceller kan bidra till en spännande design och utformning av en byggnad. I ett tidigt skede i byggnationen är det möjligt att byta ut andra material, exempelvis fasadelement och använda solceller istället. En tredje drivkraft är hyresgästers förväntningar. Intresset för egenproduktion av el är stort. Viljan till att bidra till ett mera hållbart samhälle är en pågående trend och det avspeglas också i valet av energi.

## Miljöprofilering i form av klimatsmarta tak

Stadens tak blir alltmer intressanta. Gröna tak kan bidra till stadsmiljön med biologisk mångfald, renare luft och sänkta bullernivåer.  Om gröna tak kombineras med solceller får vi också en energifördel.

Gröna tak är ett samlingsnamn för växter på tak, terrasser och innergårdar. Gröna tak tar upp, fördröjer och avdunstar stora mängder nederbörd, vilket minskar belastningen på dagvattensystemen och risken för översvämningar. Drivkraften för att skapa gröna tak, hänger också ihop med krav i bygglovshandlingar eller miljöcertifieringssystem för byggnader. I takt med förtätningen och utbyggnaden av städer ökar även intresset för ökad växtlighet i städer. Sedumtak är ett bra alternativ som kan bidra till grönare städer.

## Vita tak

Även vita tak har många fördelar. Vita tak reflekterar solens strålar, vilket innebär att temperaturen blir lägre än på svarta tak. Detta kan bidra till högre utbyte från solceller och dessutom sänka behovet av kylning inomhus i byggnader med sparsam takisolering. Mårten Lind på Solkompaniet är ansvarig för projektet *Solceller på svarta, vita och gröna tak*.

## Bra kombination

– Det har funnits en felaktig uppfattning om det är svårt att kombinera solceller med gröna och vita tak, berättar Mårten. Det har visat sig att solceller på gröna tak till och med kan produ-

Förslag till klimatneutrala bostäder på Färöarna. Energin produceras via solceller på taken och via de gemensamma lokalernas glasfasader. White arkitekter

cera mer el än solceller på svarta tak. Det beror på att växternas evapotranspiration (avdunstningsprocess) gör att taket kyls. Det kylda taket leder i sin tur till att solcellerna kan hålla en lägre temperatur och därmed producera mera el. För vita tak blir effekten likartad, men där är det framför allt takets reflexionsförmåga som inverkar och gör taket svalare.

## Platta takytor är lämpligast

Platta takytor är den bästa kombinationen för gröna tak och solceller. De lämpligaste monteringssystemen är så kallade upplutade system (10-40 grader), antingen ballastsystem eller sådana som fästs in i taket. Det är inte nödvändigt att investera i ett skräddarsytt system. Med hjälp av enklare justeringar, till exempel genom att plocka bort vindskivor, kan man få in ljus under solpanelerna och kan då använda ett av marknadens standardsystem.

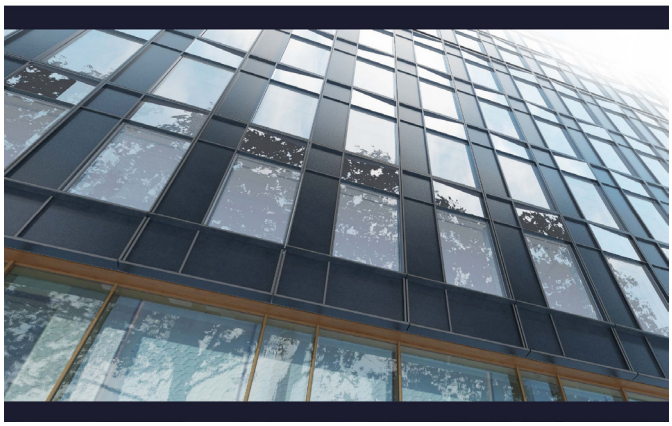
## Handbok

Projektet har samlat ihop erfarenheter från befintliga installationer samt lärdomar från studier på området. Det har resulterat i en handbok. Några praktiska råd från handboken:

- Det finns stora fördelar med att anlägga gröna tak och solcellssystem samtidigt eftersom det då går att samordna lyft- och taksäkerhet. Det underlättar också monteringen.
- Välj lämplig vegetation och undvik vegetation på ställen som riskerar att skugga solcellerna. Det senare gäller framför allt vid solcellsmodulernas framkant där mycket nederbörd samlas och där vegetationen ofta blir väldigt hög. Där kan det vara lämpligt att lägga en sträng med singel som håller borta vegetationen.
- För att föra in vatten under modulerna, dit nederbörden annars inte når, kan det vara bra att ha så kallade kapilär_mattor.

## Lönsamhet och produktion

I projektet har undersökts hur stor produktionsökning som behövs för att en solcellsanläggning på ett grönt och vitt tak ska motivera den högre investeringskostnaden jämfört med en standardinstallation på ett svart tak. Resultaten visar att produktionsökningen ensam inte motiverar en investering i varken gröna eller vita tak om syftet bara är att höja verkningsgraden på solcellerna och om kostnaderna för takytorna allokeras solcellsanläggningen. Däremot, om ett grönt tak redan ligger på plats och en solcellsanläggning eftermonteras kan produktionsökningen potentiellt kompensera för de eventuella merkostnader en solcellsinstallation på ett grönt tak innefattar. Slutsatsen är det blir fortsatt viktigt att ta med alla värden i beräkningen för en satsning på tak där grönytor ska kombineras med solceller.



På det här kontorshuset i Stockholm finns solceller monterade i fasaden, men de syns inte. Solcellerna är täckta med en blåsvart textil för att smälta in i fasadens övriga mönster av plåtar, fönster och textilier. White arkitekter.

## Fastighetsägare resonerar om solceller

Rickard Nygren på White arkitekter menar att det finns många skäl till att fastighetsägare väljer att investera i solceller.
– Antalet watt är inte alltid det som är det viktigaste! Det är mervärden i att satsa på solceller som inte bara handlar om energi. Man vill vara en del i ett hållbart koncept.

Rickard ger några exempel på hur uppdragsgivare har funderat kring att integrera solceller.

## Kontorsbyggnad

Det första exemplet är en kontorsbyggnad i Stockholm. Här finns solceller monterade i fasaden, men de syns inte. Solcellerna är täckta med en blåsvart textil för att smälta in i fasadens övriga mönster av plåtar, fönster och textilier. Uppdragsgivaren ville ha en smart aktiv fasad med solceller, utan att vara beroende av de modulmått och utseende som erbjuds på marknaden. Målet var att skapa en attraktiv byggnad som ger förnybar energi och är ett uttryck för företagets innovativa värderingar. Byggnaden har även ett sedumtak som utrustats med solceller.

## Naturrum

I Örebro planeras ett naturrum i form av ett plusenergihus. Taket till byggnaden täcks av trianglar i glas med ”inbakade” solceller. Den karaktärsfulla formen på taket bidrar till en optimal energiproduktion. I huset är det balansen mellan energiproduktion och energikonsumtion som är det viktigaste målet.

## Färöarna

I en tävling om bostäder på Färöarna var målet klimatneutralitet. Klimatpåverkan från byggnadsmaterialen såväl som från kommande energianvändning måste tas med i beräkningen. Energin produceras via solceller på taken och via de gemensamma lokalernas glasfasader.

## Kulturhuset i Skellefteå

Det fjärde och sista exemplet är kulturhuset i Skellefteå. Drivkraften är att hitta samarbetsmodeller för solcellerna tillsammans med kommunens energibolag. Byggnaden är av trä med fasader av trä och glas. I det här exemplet är det viktigt att solcellerna producerar optimalt med el. Därför har det räknats på hur olika tak- och fasadytor får olika solbestrålning och hur solceller bäst kan placeras. Förhoppningen är att en samarbetsmodell mellan fastighetsägare och energibolag ska komma till stånd gällande den el som solcellerna kan producera och den el som kommer att konsumeras i huset. Detta blir kanske en affärsmodell som vi kan få se i flera av Sveriges städer?

## Tekniska utmaningar

Solceller är känsliga för skuggning. En stor andel solceller kommer att installeras på byggnader där det finns skuggproblem från till exempel omkringliggande bebyggelse, träd eller skorstenar. Idag finns i huvudsak tre olika metoder för att lösa problemen: Så kallade by-pass dioder kan kopplas in på strategiska punkter för att motverka negativ inverkan av skuggning genom att koppla förbi celler som är skuggade. Modulbaserade växelriktare, där varje modul har en egen växelriktare, är ett annat alternativ. Det innebär att skuggning av en modul inte påverkar utbytet från övriga moduler. Ett tredje alternativ är inkoppling av ”power optimisers” som justerar utgående spänning och ström på varje modul så att effekten av strömskillnader mellan moduler helt elimineras. Dessa är, liksom modulbaserade växelriktare, väldigt nya på marknaden. Framtiden får utvisa hur tillförlitliga de nya systemkomponenterna blir. Högskolan i Gävle arbetar med att ta fram en handbok om skuggning i projektet ”Design av PV-system för minimerad inverkan av skuggning”.

## Snöförluster

Att kunna förutse produktionsförluster på grund av snö är viktigt för anläggningsägare och potentiella investerare. Ökad förståelse av snöeffekter ger en bättre säkerhet i bedömningen av en investering, vilket kan leda till att fler satsar på solelanläggningar.

Mårten Lind
Solkompaniet.

Rickard Nygren,
White Arkitekter.

Michiel van Noord,
Esam.

– Positiva antaganden om elproduktion från solelanläggningar kan ge upphov till ”glädjekalkyler” som kan slå tillbaka på framtida satsningar, säger Michiel van Noord som är projektledare för projektet ”Snöpåverkan på solelsproduktion”.

– Risken med att inte att känna till hur snön påverkar produktionen, är att anläggningen optimeras för elproduktion under en period när anläggningen delvis är täckt med snö.

Det är värdefullt att vi får mer exakt kunskap om hur mycket produktionen minskar på grund av snö, eftersom en bedömning då kan göras av hur mycket el som kan produceras på en speciell plats. Produktionsförluster från snö påverkar projektekonomin och återbetalningstiden för solelanläggningen. Kunskapen om hur snö täcker solcellsmoduler på en anläggning (och ökad instrålning från reflektioner på snö i omgivningen) kan användas för att bättre optimera solcellsanläggningarnas vinkel och placering så att anläggningen kan ge maximalt utbyte. Projektet visar att det verkar vara möjligt att uppskatta snöförluster utifrån tillgängliga väderdata. Den beräkningsmodell som tagits fram i projektet, behöver dock utvecklas ytterligare.

## Finns det några råd till den fastighetsägare i norra Sverige som vill satsa på solceller på taket?

– Baserat på resultaten och observationerna av snösmältning och avglidning rekommenderas att solcellsanläggningar i norra Sverige projekteras med solcellsmoduler i ”landscape”-orientering. En större buffertzon för avglidande snö och lutningar över 30°-40° rekommenderas också för att bidra till minskade snöförluster.

## Hållbara städer

Nya typer av byggnadsintegrerade solceller kan bidra till attraktiva hållbara städer. Det visar flera av SolEl-programmets projekt. Genom långsiktiga forskningssatsningar kan kunskap och kompetens fördjupas hos installatörer, arkitekter och fastighetsägare. För att fler ska satsa på solceller i staden, behöver regler och styrmedel för solcellsanläggningar förenklas!

**Artikeln bygger på rapporterna:**

- Erfarenheter från medelstora solcellsinstallationer på byggnader
- Solceller på svarta, vita och gröna tak
- Design av PV-system för minimerad inverkan av skuggning
- Snöpåverkan på solelsproduktion

Samt seminariet ”Byggnadsintegrering av solceller” i Energiforsks regi i februari 2017. På seminariet medverkade programråd samt projektledare.

Sara Grettve, på Energimyndigheten och Erik Axlesson, Profu.

# Är det så krångligt?

**Det finns en rad olika styrmedel och regler som en solcellsinvesterare möter. Några exempel är: investeringsstöd, Rot-avdrag, elcertifikat, skattereduktion, ursprungsgarantier och energiskatt. När det gäller skyldigheter för den som producerar solel så finns det flera exempel som: lagen om skatt på energi, momsplikt och bygglov. Hur krångliga är regelverk och styrmedel för solcellsinvesteraren egentligen?**

Idag finns det ekonomiska stödsystem, både i form av investeringsstöd och förmånliga regler som ska uppmuntra till en investering i solel, men det är ett komplext regelverk som kan upplevas krångligt. Är du en villaägare som vill investera i solel, är regler och styrmedel relativt enkla, men för företag finns det en hel del undantag och begränsningar som kan upplevas som krångliga. I vissa fall kan regelverk och styrmedel påverka viljan att investera. Det gäller framförallt mindre och mellanstora företag. Det visar resultat från flera av Solelprogrammets rapporter.

## Stöd och subventioner

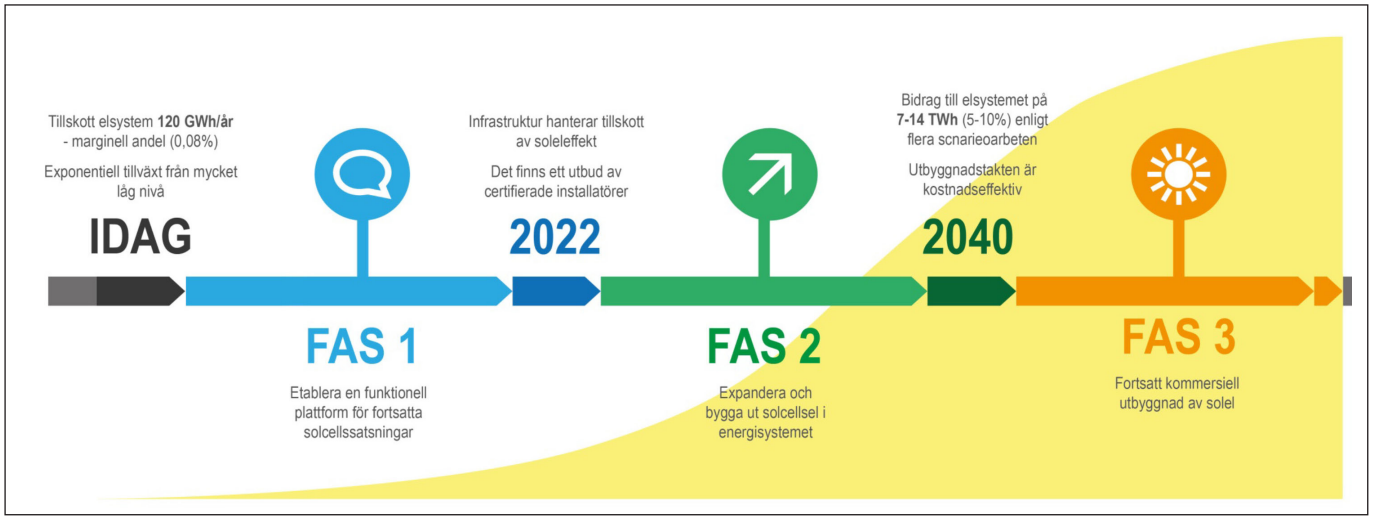
Förenklat finns det följande stöd och subventioner som en solcellsinvesterare bör ha kännedom om: investeringsstöd, skattereduktioner och certifikat för såld el. All egenanvändning av el är momsbefriad. Moms går ut på den el som säljs. För alla som får en årlig ersättning under 30 000 kronor, är det frivilligt att momsregistrera sig och betala moms på såld el. I projektet ”Utbyggnad av solel i Sverige – möjligheter, utmaningar och systemeffekter” identifieras fyra olika huvudfall kopplade till fyra olika aktörer: privatperson, litet företag, stort företag och flerbostadshus.

## Privatperson

Villaägare som installerar solceller på sitt tak. (En privatperson är enligt aktuellt regelverk egentligen en undergrupp till nästa huvudfall – mikroproducent, fj men vi skiljer på dem här eftersom en privatpersons ekonomi bör analyseras separat eftersom kalkylen sällan liknar ett företags.) För privatpersoner finns statliga investeringsstöd i form av solcellsstöd som för närvarande är 20 % av investeringen. Som alternativ till solcellsstöd kan man välja att utnyttja ROT-avdrag för investeringen. ROT-avdraget är lägre – schablonmässigt 9 % av investeringen – men betydligt enklare och snabbare; handläggningen för solcellsstöd är nämligen både omständlig och långsam. Energimyndigheten har gett ett förslag på att solcellsstödet för privatpersoner ska ersättas med ett ”solRot”. Frågan ligger (augusti 2017) hos regeringen. Elproduktionen med solceller stöds genom elcertifikat, vilket även privatpersoner kan få. För att ytterligare subventionera förnybar el, däribland solel, infördes från och med 1 januari 2015 ett skatteavdrag motsvarande 60 öre/kWh för såld el. Denna subvention tillåter att man på sin inkomstskatt gör avdrag utifrån den mängd el som man har matat ut på nätet. Skatteavdraget begränsas till 18 000 kr/år samt till den mängd el som köps in från nätet (om man över ett år säljer mer el än man köper får man skatteavdrag endast för det som motsvarar köpt el). Med detta skatteavdrag blir värdet av såld el ungefär lika stort som total kostnad för inköp av el. –Konsekvensen av det här styrmedlet är att det blir mer ekonomiskt att bygga en så stor anläggning som möjligt. En följd av en stor anläggning är att det sommartid blir en stor överproduktion som kan leda till elnätsproblem om solcellsutbyggnaden blir tillräckligt stor, men det är dock långt kvar till en sån situation i nuläget, säger Erik Axelsson på Profu.

## Litet företag

En anläggning med en säkringsstorlek om 100 A eller mindre räknas i det här sammanhanget som mikroproducent. Mikroproducenter är berättigade till ett skatteavdrag om 60 öre/kWh för såld el med samma princip och konsekvens som beskrivits för




Energimyndighetens strategi ger bland annat förslag om hur stödsystem och regelverk ska kunna anpassas för olika målgrupper.

privatperson ovan. Är säkringsstorleken dessutom mindre än 63 A är man även befriad från inmatningsavgift till elnätet (förutsatt att man köper mer el än man köper under ett år). Mikroproducenter behöver inte betala inkomstskatt på såld el, så länge försäljningen understiger 40 kkr/år. Det är också möjligt att få ett statligt solcellsstöd och nivån är i nuläget 30 % för företag (och 20 % för offentliga organisationer), dock max 1,2 Mkr. Solcellsstödet är dock rambegränsat och har, som nämnts, långa handläggningstider så i praktiken bortser vissa investerare från det här stödet i sin kalkyl.
–Stödet har på så sätt en tveksam effekt på investeringsviljan och är kanske i vissa fall en onödig utgift för staten, menar Erik Axelsson.

Företag kan, till skillnad från villaägare, inte få ROT-avdrag. En annan skillnad mot villaägare är att företag kan dra av momsen, vilket innebär att investeringskostnaden blir lägre, men samtidigt är nyttan av minskade elköp mindre.

## Stort företag

På samma sätt som för mindre anläggningar finns solcellsstödet tillgängligt även för större anläggningar. Med en säkringsstorlek över 100 A räknas man således inte som mikroproducent och får inte skatteavdraget på 60 öre/kWh som ovanstående kategorier åtnjuter. Vidare gäller kvotplikt för elcertifikat om egen-konsumtionen är större än 60 MWh/år och anläggningens effekt är större än 50 kW. En annan viktig gräns för anläggningens storlek är 255 kW per juridisk person.
– Från och med den 1 juli 2017 ändrades energiskattelagstiftningen. Lagändringen påverkar de juridiska personer som har flera anläggningar som enskilt underskrider 255 kW, där skatten på egenanvändning i det fallet sänks till lägsta möjliga skatt, nämligen 0,5 öre kWh. Alla anläggningar som övergår 255 kW kommer fortfarande ha full skatt på egenanvändning, berättar Sara Grettve.

## Flerbostadshus

Flerbostadshus är egentligen en undergrupp till någon av de två ovanstående företagskategorierna beroende på anläggningens storlek och följer således deras regelverk i huvudsak. Flerbostadshus har ändå separerats ut som en särskild grupp för den ekonomiska analysen då de är en viktig aktör i sammanhanget och har lite speciella omständigheter. En skillnad att beakta är att ett flerbostadshus är momspliktigt, vilket innebär att den ekonomiska kalkylen bör inkludera moms. Vidare tillstöter en komplikation genom att de boendes elkonsumtion inte kan räknas som egenkonsumtion då det måste vara samma utmatningspunkt som inmatningspunkt för att räknas som egenanvändning. Egenanvändningen utgörs således normalt endast av fastighetsel i detta fall, vilket kan påverka ekonomin.

## Tveksamma investerare

I flera av forskningsprojekten inom Solelsprogrammet framgår tydligt att ägare till flerbostadshus och kontorsbyggnader tvekar inför en satsning på solel. Det beror enligt resultat i rapporterna i många fall på att det finns en osäkerhet om vilka styrmedel och regler som kommer att gälla.

## Strategi

Energimyndigheten har på uppdrag av regeringen tagit fram en strategi för hur solanvändningen ska kunna öka i Sverige. En viktig del i strategin är att ”undanröja hinder för introduktion av små och mellanstora aktörer på elmarknaden”. Det ska ske genom ”målgruppsanpassning och förenkling av befintliga styrmedel och stöd”. Strategin sträcker sig fram till år 2040. (Bild)

Sara Grettve arbetar med solelstrategin på Energimyndigheten. Sara menar att det finns en politisk vilja att stötta satsningar på solel:
–I energikommissionens betänkande framhålls att det ska bli enklare att bli en småskalig producent av el och att förenklingar av befintliga regelverk och skattelagstiftning ska förenklas för att underlätta för nya produkter och tjänster inom energieffektivisering, energilagring och småskalig försäljning av el. Energimyndighetens strategi är ett viktigt steg i den här riktningen.

## Viktiga regeländringar

Vilka är de viktigaste regeländringarna som är på gång just nu?
–Propositionen om utvidgad skattebefrielse för förnybar el. Det

är enligt regeringen ett första steg för att avskaffa energiskatten på solel som är framställd i små (<255 kW) anläggningar och där den producerade elen används i anslutning till anläggningen. Ett annat viktigt steg är en proposition om utökning av elcertifikatsystemet till 18 TWh till år 2030. En annan viktig del är att Boverket har i uppdrag att utreda förutsättningarna för undantag för bygglovskrav.

## Kan du berätta något om strategin?

– Med strategin ger vi förslag på flera områden, bland annat ger vi förslag på hur regelverk och stödsystem ska kunna anpassas för olika målgrupper och förenklas. Ett av förslagen är att privatpersoner ska fasas ut från investeringsstödet istället införa solROT, som skulle vara ett riktat ROT-avdrag. Syftet är bland annat att korta av handläggningstiderna. En höjd gräns för undantag kostnad för inmatningsabonnemang i ellagen från 63 A till 100 A föreslås också. Om våra föreslagna ändringar genomförs är nu upp till regeringen att bestämma.

## Viktiga insatser

Energimyndigheten har också andra viktiga insatser på gång. Det har framkommit i några av projekten att det ibland saknas praktisk information.

– För att bidra till hög kvalitet på installationer finns en statlig certifiering av solcellsinstallatörer. De första installatörerna har nu gått certifieringsutbildningen. Vi har med strategin föreslagit att utbildningskostnaden nu under introduktionsperioden ska reduceras för certifiering av installatörer. Inom kort kommer en intervjustudie om produktionskostnader för solel i Sverige. En studie som vi tror kommer att ge bra information om erfarenheter kring hur olika aktörer kan räkna inför en solelssatning.

## Minskat krångel

Hur jobbar ni före att minska det upplevda krånglet?

– Förslagen vad det gäller regelverket, som jag beskriver, är ett sätt. Vi satsar också mycket på informationsinsatser. Flera energi- och klimatrådgivare kommer i år att delta i ett insatsprojekt där de satsar extra på att informera om solceller. På sikt föreslår vi med strategin en gemensam informationsplattform för flera myndigheter samt en solkarta, något som efterfrågats av många. Tills vidare arbetar vi med att informera om solceller på Energimyndighetens hemsida. På vår webshop finns exempelvis sammanställd information inför en solcellsinvestering att hämta, avslutar Sara Grettve.

**Läs mera:**

**Energimyndighetens tips för mer information:**

**Energimyndigheten:**
**www.energimyndigheten.se/förnybart/solenergi**

**Mälardalens högskola, projekt:**
**Investeringskalkyl för solceller**

**Nätverket Bebos innovationskluster kring solenergi**
**www.bebostad.se/kunskapsbanken/solenergi**

**Prosument.se - få reda på bästa solelavtalet**

**Läs mer om Energimyndighetens strategi:**
*Förslag till strategi för ökad användning av solel*
**www.energimyndigheten.se/fornybart/solenergi/solenisamhallet/forslag-till-solelstrategi/**

**Artikeln bygger på rapporte:rna**

- Utbyggnad av solel i Sverige – möjligheter, utmaningar och systemeffekter, Profu

och

energimyndighetens strategi: *Förslag till strategi för en ökad användning av solel*

Seminariet ”Är det så krångligt?” i Energiforsks regi i februari 2017. På seminariet medverkade programråd samt projektledare.

# Solel åt alla!

**Kan alla få tillgång till solel, oavsett boendeform? Kan vem som helst investera i solceller?**

Trots en stor tillväxt på solcellsmarknaden och ett stort intresse bland befolkningen i allmänhet, så är det många bostadsbolag som ännu inte har satsat på solenergi. Orsaker som anges av bostadsbolag och fastighetsägare är att de känner en stor osäkerhet kring regelverk och förutsättningar. Det finns en rädsla för att satsa på solenergilösningar som riskerar att bli olönsamma och kanske olagliga framöver. För att få en ökad andel solel i flerbostadshus krävs bättre tekniska kunskaper hos många fastighetsägare. Bättre information och råd till elleverantörer behövs också. Projektet ”Framtidens solel till hyresgäster” har tagit fram lösningar för hur fler fastighetsägare med hyresgäster kan erbjuda solel till sina hyresgäster. Fokus har legat på att ta fram lösningar som ligger inom ramen för befintliga regler och lagar.

Hur kan fastighetsägare erbjuda solel till sina hyresgäster? Bostadshus som har en gemensam anslutningspunkt till elnätet lämpar sig bra för solelanläggningar. Samtliga lägenheter och fastighetsägaren delar då på ett abonnemang för elnät och elhandel. De fasta avgifterna minskas och abonnemanget kan anpassas efter hyresgästernas gemensamma maximala effektuttag. Detta är den affärsmodell som är mest fördelaktig för solel. Genom att dimensionera en solelanläggning efter hela fastighetens elbehov kan en fastighetsägare dra nytta av stordriftsfördelar vid installation samtidigt som risken för överproduktion minskar. Ersättning för överproduktion, alltså den el som matas ut på nätet, är i de flesta fall betydligt lägre än värdet av att själv använda solelen. Den solel som produceras kommer både att gå till hushållsel för de boende och till utrymmen och apparater som är kopplade till den gemensamma elen i byggnaden. Hur hyresgästerna debiteras varierar. Det vanligaste är att fastighetsägaren installerar en individuell mätare i varje lägenhet och att hyresgästen debiteras efter sin faktiska konsumtion.

## Lönsamhet

Lönsamheten för en solelanläggning är beroende av ett flertal faktorer. Det som har störst inverkan på lönsamheten är investeringskostnaden, kalkylräntan, andelen egenanvänd respektive såld el. Möjligheten att få skattereduktion för överskottsproduktion har en stor inverkan på lönsamheten. Många fastighetsägare får ingen skattereduktion eftersom stödet har ett tak på 18 000 kr per år och juridisk person. Det betyder att ett fastighetsbolag som mest kan få det beloppet oavsett antalet solelanläggningar. Dessutom får inte säkringen i anslutningspunkten för solelanläggningen överstiga 100 ampere, vilket diskvalificerar många större flerbostadshus. Hur stor del av den solel som produceras som används i den egna fastigheten har därför stor inverkan på solanläggningens lönsamhet.

De legala förutsättningarna för bostadsbolag att sälja solel till sina hyresgäster har förändrats till det bättre under senare tid och flera förändringar kommer.
–Vi rekommenderar att en skattereduktion för producerad och såld solel även ska gälla för boende i flerbostadshus. Det är en viktig förutsättning för att vi ska få en fortsatt utbyggnad av solel i flerbostadshus, säger Hanna Jansson på STUNS som är en av projektledarna i projektet ”Framtidens solel till hyresgäster”.

## Liten påverkan på den lokala miljön

Solel har många fördelar! Potentialen är stor för att minska utsläpp av koldioxid till följd av mänskliga aktiviteter och genom att utnyttja taken på befintliga byggnader, så blir intrånget i den lokala miljön litet. Flerbostadshus är intressanta eftersom stor takyta per byggnad ger förutsättningar för kostnadseffektiva installationer.

– Lönsamheten för en solelanläggning är i hög grad beroende av hur mycket av den producerade elen som kan användas i byggnaden och av de boende själva, det säger David Larson på Solkompaniet och en av projektledarna i projektet ”Solceller i flerbostadshus – hur hanteras överskottsel på bästa sätt?”

Om vi vill främja en utbyggnad av solceller på flerbostadshus måste hindren kring överskottsproduktion lösas. Sedan 2015 finns ett statligt system med skattereduktion för överskottsel från solcellsanläggningar (skattereduktionen gäller all förnybar elproduktion. Systemet infördes för att det låga värdet på överskottsproduktionen hindrade utbyggnaden av solelanläggningar. För småhus fungerar systemet bra, för bostadsrättsföreningar relativt bra, men mindre bra för flerbostadshus.
–Systemet är dåligt anpassat för stora byggnader och för stora ägare av flerbostadshus. Ur ett statligt perspektiv är en rimlig slutsats därför att se över och vidareutveckla de lagar som reglerar detta system. I första hand bör reglerna ändras så att taket på 30 000 kWh/år gäller per anslutningspunkt i stället för per juridisk person. Det finns också en anledning att se över gränsen för maximal säkringsstorlek, antingen bör den gränsen slopas eller ersättas av en effektgräns för växelriktarna, menar David Larsson.

En tänkbar lösning är att tillåta skattereduktion för andelsägda solcellsanläggningar – och där även inkludera avtal om att köpa in överskottsproduktion från andras anläggningar. Eftersom frågan om skattereduktion då lyfts från fastighetsägaren till medlemmarna i den ekonomiska föreningen skulle detta kunna eliminera överskottsproblematiken för alla typer av fastighetsägare, inklusive de bostadsrättsföreningar som inte betalar tillräckligt mycket skatt för att kunna göra avdrag.

## Gruppabonnemang

Överskottet kan minskas genom att ett gruppabonnemang tecknas för hela byggnaden. Det visar den analys av en exempelbyggnad som projektet har utfört. Det är också generellt en lönsam åtgärd, främst genom sänkta elnätsavgifter.

## Batterier

Att installera batterier kan snart vara lönsamt, priset på batterier är relativt högt, men väntas fortsätta neråt. I kombination med gruppabonnemang kan det vara en lönsam åtgärd redan nu.

I projektexemplet medförde en batterikapacitet på 2 kWh per lägenhet att överskottet minskade med 28 %. Om både gruppabonnemang och batterier införs samtidigt är det möjligt att minska överskottet med 71 % i exempelbyggnaden.

## Använda el för att producera värme

Som komplement till batterilager är det också möjligt att använda överskottselen för att producera värme/varmvatten, och vid behov lagra detta i en ackumulatortank. Ur ett miljöperspektiv är detta i första hand en åtgärd för byggnader som redan använder el för uppvärmning, och helst via en värmepump i stället för direkt värmning med el. Om vi får en kraftig utbyggnad av solel i Sverige , skulle det kunna bli aktuellt med säsongslagring av solenergi i form av olika bränslen. I ett flerbostadshus skulle man kunna producera vätgas sommartid. Vätgasen ger sedan via en bränslecell el och värme i bostadshuset under vintern. Tekniken är dyr och omvandlingsförlusterna är betydande, så det är osäkert om detta någonsin kan bli verklighet. Förutom ovanstående exempel skulle överskottselen också kunna användas till luftkonditionering i lägenheterna. Laddplatser för elbilar är en annan möjlighet för att använda överskottet.

## Hur kan frågan om överskottsel lösas?

Projektet ”Solceller i flerbostadshus” visar att de tre mest verkningsfulla åtgärderna som en fastighetsägare kan implementera är:

- Teckna ett gruppabonnemang för hela byggnaden, inklusive lägenheterna, för att öka underlaget för egenanvänd solel.
- Installera batterier som lagrar överskottet från dag till kväll och samtidigt gör det möjligt att kapa effekttoppar vid andra tidpunkter.
- Använda överskottet för att via en värmepump producera värme/varmvatten.

För att solenergi ska slå igenom på bred front även i flerbostadshus föreslår projektledare Hanna Jansson, följande ändringar i regelverk kring skattereduktion och nätkoncession:

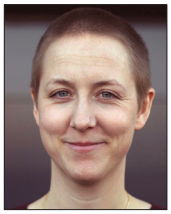
- Ändra gränsen för skattereduktion på 30 000 kWh/år från att gälla per juridisk person till att gälla per anslutningspunkt.
- Tillåt skattereduktion för andelsägd solkraft.
- Tillåt flytt av egenproducerad solel via det allmänna elnätet (från anläggningar <255 kWt).
- Möjliggör för intilliggande flerbostadshus att ha en gemensam anslutningspunkt till elnätet, genom att begära undantag för koncessionsplikt.

## Använda solel i närliggande byggnader

Grundregeln är att varje byggnad ska ha en egen anslutningspunkt (och elmätare) och att det bara är det lokala elnätsbolaget som har nätkoncession, det vill säga rätten att bygga och använda starkströmsledningar mellan byggnader. Det betyder att det inte är möjligt att ha en gemensam anslutningspunkt för flera intilliggande flerbostadshus, annars skulle ju det kunna vara en lösning för den fastighet som producerar ett överskott av solel.
– Vi föreslår att staten ser över koncessionsplikten och möjliggör för fastighetsägare att flytta kraft mellan närliggande byggnader, säger Hanna Jansson.

Hur stor är potentialen för egenanvändning av solel i flerbostadsområden och hur begränsas den av gällande lagar? I projektet ”Möjligheter och begränsningar för egenanvänd solel i ett flerbostadshusområde” har två bostadsområden i Göteborg studerats i syfte att få fram bättre beslutsunderlag för framtida solcellsinvesteringar.

David Larsson, Solkompaniet



Hanna Jansson, STUNS

Maria Haegermark, Chalmers

– Studien visar att det är mest ekonomiskt med drygt 0,2 kW per MWh årlig användning. Då täcks cirka 15-20 procent av elbehovet med solel och 90 procent av den egenproducerade solelen används. De ekonomiska fördelarna med större solcellsanläggningar, till exempel en per gård för att utnyttja taken bättre, är dock mindre än förväntat, berättar en av projektledarna, Maria Haegermark, Chalmers.
– Det mest ekonomiska alternativet är att ha ett abonnemang per byggnad eller per gård. Det bästa vore om det var tillåtet att flytta el mellan två flerbostadshus!

## Kontorsbyggnader

Trots allt lägre priser på solceller är det relativt få kontorsbyggnader som utrustas med solceller. Orsakerna ser ut att vara de samma som för ägare av flerbostadshus: osäkerheter kring pris och subventionering av solcellsinvesteringar och förutsättningarna kring leverans av egenproducerad el till elnätet. Ett annat hinder som identifierats i projektet ”Solceller på svenska kontorsbyggnader” är att det saknas kunskaper om solceller och att det råder brist på erfarenhetsåterföring bland dem som bygger och hyr ut kontorslokaler.
– Det finns en risk att solceller kommer in i fel skede i byggprocessen, vilket leder till fördyringar samt till att solceller ofta prioriteras bort för att hålla budgeten. Därför är det viktigt att kunskaper och erfarenheter sprids, berättar Elsa Fahlén på NCC, en av projektledarna.

– Sydriktade solceller i 45° lutning har visat sig ge störst produktion av el men kräver också störst yta. Vid fasadinstallerade solceller (90° lutning) ges betydligt mindre elproduktion. Vi rekommenderar att man planerar tak- och fasadyta för solceller i tidigt skede för att det ska vara lättare att använda standardmoduler.

## Använd den producerade elen i byggnaden

I dagsläget och troligtvis under en lång tid framöver kommer det vara mer ekonomiskt att använda den producerade elen i fastigheten, än att sälja den ut på nätet. Därför är det önskvärt att matcha elbehovet med produktionen av el. En förbättrad matchning kan dessutom bidra till att begränsa påverkan på elnätet och nätförlusterna. En lösning med soleldriven komfortkyla skulle kunna öka andelen av den producerade elen som momentant kan nyttjas inom kontorsbyggnaden. Genom att låta verksamheten i byggnaden använda den producerade solelen ges ett mycket litet eller ingen överskottsproduktion alls.

–Det är lättare att nå lönsamhet för stora solcellssystem. Det beror på att investerings- och installationskostnaden är lägre

per installerad effekt (kWP) för stora system. Det är svårare att uppnå lönsamhet för byggnader med ett mindre elbehov. Om solcellsanläggningen dimensioneras efter att den producerade solelen först och främst ska användas som fastighetsel, ger detta ett relativt litet elunderlag, men om den producerade elen från en solcellsanläggning används både till fastighetsel och till verksamheten, så kan det mesta av den producerade solelen nyttjas inom fastigheten och verksamheten.

## Lönsamheten beror på det framtida elpriset

Installation av solceller ger en låg elkostnad under den tid solcellerna genererar el. Lönsamheten av investeringen är däremot kraftigt påverkad av det framtida elpriset. Om elpriset, under den tid då solelen finns tillgänglig, skulle sjunka kraftigt på grund av en ökad andel förnybar energi i elsystemet skulle det bli svårare att få lönsamhet i en solcellsanläggning. En sådan utveckling ökar behovet av energilagring.

## Skatteregler påverkar lönsamheten kraftigt

Om elen kan säljas ut på nätet eller till verksamheten med eller utan energiskatt påverkar lönsamheten avsevärt.
–Vår studie visar att investeringsstöd kan vara avgörande för att få lönsamhet i en solcellsanläggning. Det går inte att räkna med att få investeringsstöd för en solcellsinvestering, utan det bör mer ses som en bonus för att vara på den säkra sidan.

## Behov av tillförlitliga mätdata

Det finns behov av uppmätta värden för energianvändningen med hög detaljeringsgrad för att kunna göra tillförlitliga prognoser och uppskattningar vid installation på befintliga byggnader eller vid nyproduktion. Flera av projekten i Solelprogrammet efterlyser tillförlitliga mätdata som till exempel solinstrålningsdata på lokal nivå och hoppas på en vidareutveckling av SMHIs system STRÅNG. Läs mer i om mätvärden i rapporten ”Förbättrad produktionsutvärdering från svenska solcellsanläggningar”.

## Miljöprofilering och design

Företag kan med hjälp av solceller miljöprofilera sig och möta egna eller andra aktörers energi- och miljömål/krav. Solceller kan bidra till en spännande design av exempelvis en kontorsbyggnad. De kan bli en del av nya koncept för hållbara energisystemlösningar. En möjlighet är att den som satsar på eller investerar i solceller kan erbjuda en hållbar elproduktion och skapa nya marknadsandelar. En affärsmöjlighet är att sälja elen till kontorets hyresgäster eller att leasa en solcellsanläggning till de som hyr fastigheten.

## Solceller åt alla – billigare solceller ger flera möjligheten att investera

Den tekniska utvecklingen av solceller går fort. Solceller blir allt billigare att producera och mer effektiva. Ett exempel på en ny teknisk lösning är en specialtillverkad tejp. Tillverkningskostnaden för solcellsmoduler kan sänkas avsevärt om den traditionella lödningen byts ut mot en tejp som sammanfogar enskilda solceller till solcellsmoduler. Tejpen leder till att mängden silver i den grid som samlar in ström från solcellens framsida kan reduceras med mellan 25-50%. Andra fördelar med tejpen är att temperaturen vid sammanfogningen av solcellerna kan sänkas radikalt från ca 240 grader till 150 grader. Det leder till minskad risk för sprickbildning i solcellerna och ökad tolerans mot termisk stress

Elsa Fahlén
NCC Building

Joachim Lindborg,
Lindborg Systems

Peter Kovacs,
RISE

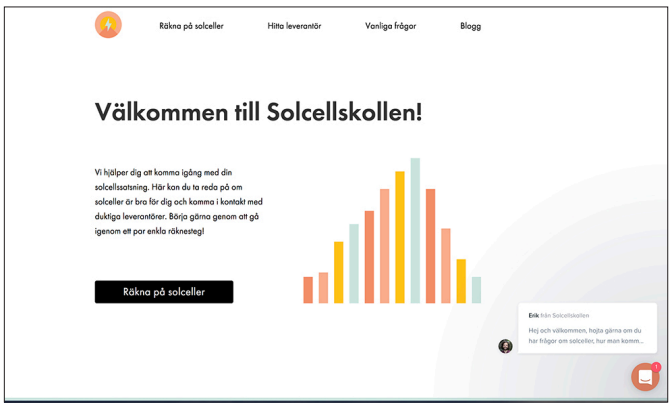
i solcellsmodulen. Det leder i sin tur till att solcellens livslängd ökar, en ökad elproduktion och i slutändan ett lägre pris på den producerade solelen. Läs mer i projektet ”Accelererade långstabilitetstester på solcellsmoduler”.

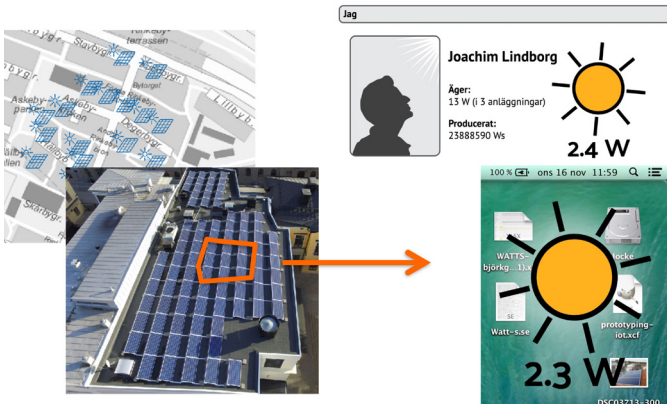
## Nya tekniska lösningar – Solar Hackaton

Hackathon är en metod som länge använts inom IT-branschen för att finna nya idéer för solenergilösningar. Idéer som genom nya produkter, processer, affärsmodeller, samarbetsformer etc kan bidra till energiomställningen och göra flera delaktiga i energiomställningen.
– Tanken är att skapa ett årligen återkommande event med start i Göteborg 2018 och sedan etablering i full skala år 2021, när Göteborg fyller 400 år. Arbetsnamnet på eventet i Göteborg är Gothenburg International Greentech Hackathon. Långsiktigt är målet att medverka till svensk marknadstillväxt och ökat företagande inom bland annat solenergi, berättar projektledare Peter Kovács på RISE. Nyttan med eventet ökar markant om det också kopplas till andra aktuella utmaningar som till exempel transporter, byggande och stadsplanering eller mer icke tekniska utmaningar som integration och segregation. FN:s globala utvecklingsmål erbjuder en bred ram för möjliga utmaningar och har i projektet bland annat lyfts som en möjlighet att förankra eventet internationellt.
Solcellskollen.se var det vinnande förslaget i det första Solar Hackaton. Här får man hjälp att räkna på vad solceller kan innebära – både ekonomiskt och energimässigt.

Läs mer om projektet i rapporten ”Solar hackaton från idé till genomförande”.

”Vi hjälper dig att komma igång med din solcellssatsning. Här kan du ta reda på om solceller är bra för dig och komma i kontakt med duktiga leverantörer. Börja gärna genom att gå igenom ett par enkla räknesteg!”






## Watt för watt – solceller till alla

– Alla borde få möjlighet att känna glädjen i att producera solel, oavsett boendeform och inkomstnivå, det säger Joachim Lindborg på Lindborgs Systems som är projektledare för projektet ”Watt för watt – solceller till alla”.

Joachim Lindborg har tagit fram en ny affärsmodell, där alla får möjlighet att investera i solel. Det sker genom ett mikrofinansieringskoncept där man köper enskilda watt i en solcell. Projektet vill bidra till solcellsutbyggnaden i Sverige genom att göra det möjligt för alla att medverka. Även de som inte bor i villa eller ett flerbostadshus med solceller, kan ta en aktiv roll i omställningen till ett hållbart samhälle.

## Fastigheter i närområdet

Solcellerna installeras på fastigheter i närområdet och den producerade elen används lokalt i fastigheten. Tjänsten erbjuder privatpersoner att köpa en eller flera watt installerade solceller. Priset är lågt, 20 kr/w vid köp av 3W och kunden får feedback på produktionen och en årlig återbäring som kan ges till välgörande ändamål eller bli till mer solceller. Pengarna som kommer in från försäljning går till nya installationer.

I projektet undersöks intresset för den här typen av tjänster för att se i vilken mån de kan öka intresset för fler installationer i kundernas närhet och om intresset för energifrågor ökar. Forskning visar att aktiva prosumenter är mer energimedvetna. Det leder i sin tur till att fler bör få möjligheten att bli både konsumenter och producenter.
–Tjänsten Watt-s gör det möjligt för fler att både konsumera och producera, även om det är i liten skala, menar Joachim. Solceller är enkla att förstå och identifiera sig med – därför är det just solceller som Watt-s erbjuder.
Läs mer om prosumenter i projektet ”Prosumenter och energimedvetenhet.

## Installationer

Tillsammans med fastighetsägaren Ihus har en solcellsanläggning satts upp i Uppsala. Det är en medelstor anläggning på 31500 W max effekt. Det finns 30 000 watt för kunder att investera i. Gensvaret har varit stort och cirka 20 000 watt har sålts hittills. Ihus ser samarbetet med tjänsten Watt-s som en viktig satsning och hoppas att den ska öka mängden installerade solceller i företagets fastigheter. Engagemanget ingår i Uppsala Kommuns strategier för att öka mängden installerade solceller i kommunen.

– Tjänsten har idag enbart en “göra gott”-koppling och fungerar som en kompensationstjänst. Det är svårt att få ihop ekonomin med en investering som ger vinst. Tjänsten behöver förbättras på några punkter. Ett framtida mål om att kunna garantera pengar tillbaka. Det skulle kunna leda till ett ökat intresse hos privatpersoner, Joachim Lindborg.

Det finns redan idag många företag som ger watt i gåva till sin personal. Studien visar att kunder som idag har tjänsten är positiva och säger att de upplever sig som prosumenter. Upplevelsen av att kunna påverka andra genom att ge bort watt-s upplevs också som positiv. Watt-s har på ett år gått från en idé till en välfungerande tjänst. Baserat på feedback har förändringar och tester genomförts för att utveckla tjänsten. Projektet visar att gåvor och produktionsfeedback kan skapa en upplevelse av mikroandelsägd solenergi. En teknisk lösning har tagits fram som med nära på feedback i realtid kan visualisera produktion och även relatera det till egen användning. Genom ett öka engagemang kan tjänstleda till många fler solceller monteras, inte bara genom tjänsten watt-s utan också i egna anläggningar.

Intresset för solel i Sverige är stort, men om alla ska kunna få tillgång till solel, även de som bor i lägenhet, behöver förutsättningarna för bostadsbolag att sälja solel till sina hyresgäster förbättras!

**Artikeln bygger på rapporterna**

- Framtidens solel till hyresgäster
- Förbättrad produktionsutvärdering från svenska solcellsanläggningar
- Solceller i flerbostadshus – hur hanteras överskottsel på bästa sätt?
- Möjligheter och begränsningar för egenanvänd solel i ett flerbostadshusområde
- Solceller på svenska kontorsbyggnader
- Prosumenter och energimedvetenhet
- Solar hackaton från idé till genomförande
- Watt för watt – solceller till alla

Seminariet ”SolEl åt alla” i Energiforsks regi i februari 2017. På seminariet medverkade programråd samt projektledare.

# Vilken roll spelar solel i energisystemet, i dag och i morgon?

**För att solel ska kunna bidra till att uppnå målet om 100 procent förnybar elproduktion 2040 måste produktionen av solel öka i jämförelse med dagens marginella nivå. Energimyndigheten menar att nivån av solenergi bör kunna öka till mellan 5 och 10 procent av den totala elanvändningen i Sverige.**

Solens instrålning är en i det närmaste oändlig resurs. Det är den grundläggande drivkraften och möjligheten för solelen. Solens instrålning varierar över året, under dagen och med väderleken. Det är en utmaning för integrationen i elsystemet, i synnerhet om utbyggnaden av solel når större volymer. Variationen medför att solel produceras som mest när elbehovet är som lägst i Sverige. (Faktaruta 1). Utvecklingen av mer effektiva batterier och andra lagringsmedia samt ytterligare stödsystem för batterilager kan underlätta integrationen av solel i energisystemet.

Tillförseln av solenergi har bra överensstämmelse med elanvändningen på dygnsbasis, men sämre på årsbasis. För vindkraften är det tvärtom. Produktionsdynamiken för solel kompletterar därmed i viss utsträckning vindkraft och kan därmed ge ett jämnare elpris. Solel installeras ofta där människor bor och där elen behövs. Det är en fördel i jämförelse med andra kraftkällor som till exempel vindkraft, kärnkraft och vattenkraft, som ofta placeras där människor inte bor. Solel behöver inte överföras i långa sträckor, vilket leder till små överföringsförluster. Om andra kraftslag byggs ut behövs i många fall en utbyggnad av transmissionskapaciteten, vilket inte kommer att behövas i lika hög utsträckning vid en ökad produktion av solel.

## Låg miljöpåverkan

Solel ses som ett energislag med relativt låg miljöpåverkan. En del klimat- och hälsoskadliga utsläpp uppstår vid tillverkningen. Forskning pågår kring ersättning av dyra och skadliga material i solcellsmoduler. Ett exempel är den tejp som kan användas för att sammanfoga enskilda solceller till solcellsmoduler. Tejpen leder till att mängden silver kan reduceras med 25 till 50 procent. (se rapport 2017:378). På sikt föreslår Energimyndigheten att speciella återvinningsstationer inrättas där solcellsmoduler kan inrättas.

Den svenska solelindustrin består till största delen av små och medelstora företag i form av återförsäljare och installatörer. Sverige har inte längre någon tillverkare av solcellsmoduler. Det är en mogen bransch med ansvarstagande installatörer. Energimyndigheten har infört ett bidrag till certifiering av installatörer för att se till att det finns tillräckligt med välutbildade installatörer när antalet installationer ökar. I flera av projekten framkommer att de flesta fastighetsägare som installerat solceller är mycket nöjda med installation och servicenivå.

## Tillgänglig takyta

I Sverige finns en stor tillgänglig yta för solceller. Profu har i rapporten ”Utbyggnad av solel i Sverige, möjligheter, utmaningar och systemeffekter” räknat ut att 10 GW solel (Sveriges effektbehov på sommaren) motsvarar endast en femtedel av lämpliga och tillgängliga takytor. Till det kommer mycket stora och lämpliga markytor.

## Stort intresse för solceller

Profu har utfört enkät- och intervjustudier med privatpersoner och organisationer som visar att attityden till solel är övervägande positiv.

– Intresset är stort hos investerare. Hälften av de tillfrågade privatpersonerna skulle vilja producera solel. Huvudsakliga drivkrafter som anges är miljöskäl, ekonomi samt en önskan att vara mer oberoende, berättar Erik Axelsson på Profu.

## Fastighetsägare

Profus intervjuer av större fastighetsägare visar att intresset är stort även hos dem. De främsta motiven för denna kategori av investerare är att nå sina energi- och miljömål, samt att marknadsföra sig mot olika grupper både internt och externt, vilket anses bidra till en bättre lönsamhet på lång sikt. De här motiven framhålls också i flera av de andra rapporterna som ingår i Solelprogrammet. Design anges också som en bidragande faktor. I och med att solcellsmoduler kan utformas på många olika sätt, kan de också ses som ett designelement som kan tillföra byggnader en speciell karaktär eller utseende.

## Ekonomi och lönsamhet

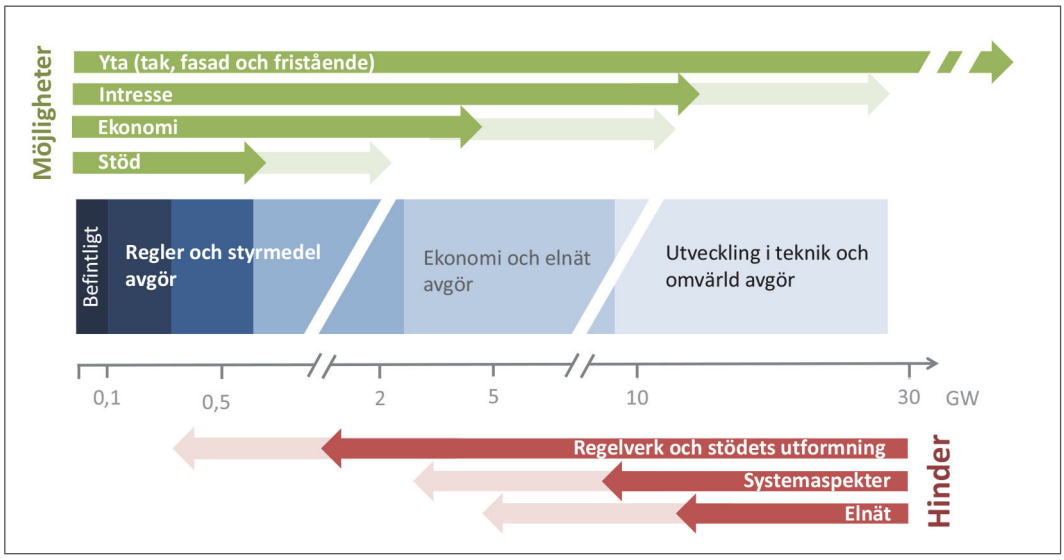
–Ekonomin både hindrar och möjliggör utbyggnad, menar Erik Axelsson. Intervjuerna, i kombination med vår analys av ekonomi och styrmedel, visar att lönsamheten varierar beroende på förutsättningarna, inte minst med avseende på vilka styrmedel man är berättigad till.

Styrmedlens utformning anges i huvuddelen av Solelprogrammets rapporter som den faktor som har störst betydelse för investeringsviljan. Eftersom styrmedlen nu omarbetas och i viss mån är osäkra, är Profus slutsats att den ekonomiska kalkylen för en solcellsinvestering utgör en osäkerhetsfaktor, och att osäkerheten i sig är ett hinder. Även regelverket och utformningen av styrmedlen är således ett hinder för investeringar i dagsläget, menar Profu. Ett exempel är effektgränsen på 255 kW och investeringsstödet. Till stor del avgörs den ekonomiska kalkylen av vilka styrmedel man är berättigad till. Förutsatt att regelverket blir tydligare och att vi får långsiktigare styr-medel, samt en fortsatt teknisk utveckling, bedömer Profu att den ekonomiska kalkylen på längre sikt vara en möjlighet som leder till en ökad investeringsvilja snarare än ett hinder.

## Nya förslag till regelverk och styrmedel

Förslag till förändringar i regelverk och styrmedel har lämnats av Energimyndighetens förslag till solstrategi. Sara Grettve berättar om de viktigaste regeländringarna som är på gång just nu:

– Propositionen om utvidgad skattebefrielse för förnybar el. Det är enligt regeringen ett första steg för att avskaffa energiskatten på solel som är framställd i små (<255 kW) anläggningar och där den producerade elen används i anläggningen. Ett annat viktigt steg är en proposition om utökning av elcertifikatsystemet med 18 TWh till år 2030. En annan viktig del är att Boverket har i uppdrag att utreda förutsättningarna för undantag för bygglovskrav.




Figur 1. Syntes av förutsättningarna för utbyggnad av solel i Sverige.

## SolRot

Ett av Energimyndighetens förslag är att privatpersoner ska fasas ut från investeringsstödet. Istället föreslår Energimyndigheten att solROT ska införas. Nivån är satt så att återbetalningstiden för en villaägare som installerar solceller ska vara ungefär densamma som med dagens investeringsstöd. Syftet är bland annat att korta av handläggningstiderna. Idag vågar många som investerar i solceller inte räkna med stödet, utan ser det som en bonus, om de skulle få det.

Energimyndigheten skriver om sin strategi att den i närtid inte syftar till att vare sig höja eller sänka stödnivåerna i någon större omfattning, utan målet är att den främst ska förenkla, renodla och skapa mera enhetliga regler.

## Konsekvenser av regelverk och styrmedel

I flera av projekten i Solelprogrammet beskrivs att konsekvenserna av styrmedlen blir stora för vissa aktörer. Framförallt ägare till flerbostadshus och kommuner påverkas av gränsen på 255 kW per juridisk person. Över den gränsen tillkommer nämligen en energiskatt på egenanvändning. Från och med den 1 juli 2017 ändrades energiskattelagstiftningen. Lagändringen påverkar de juridiska personer som har flera anläggningar som enskilt underskrider 255 kW, där skatten på egenanvändning i det fallet sänks till lägsta möjliga skatt, nämligen 0,5 öre kWh. Alla anläggningar som övergår 255 kW kommer fortfarande ha full skatt på egenanvändning, berättar Sara Grettve på Energimyndigheten.

Erik Axelsson, Profu

Sara Grettve, Energimyndigheten

## Utgör elnätet ett hinder?

En utbyggnad av solel kan komma att utgöra utmaningar för elnätet. Flera av projekten pekar på att elnätet i många avseenden klarar stora mängder solel utan att större eller dyrare åtgärder behöver vidtas. Det förutsätter dock att solcellerna installeras på ett korrekt sätt och med en genomtänkt styrning. Profu har räknat på elnätets potential. Uträkningen bygger på antagandet att all producerad el konsumeras direkt hos producenten. Det skulle motsvara en installerad effekt på i storleksordning 1 kW per hushåll, vilket sett över Sveriges samtliga hushåll kan summeras till ca 4 GW. Simuleringar i Sverige och erfarenheter från andra länder visar att det är överspänning (i svaga landsbygdsnät) och för höga strömstyrkor (i tätorter) som kommer att bli de främsta problemen, det visar Profus undersökning. Överspänning har redan inträffat, vilket åtgärdats genom att ändra omsättningen i transformatorstationer.

## Elbolagen

Elbolagens kostnader för elnäten täcks idag genom fasta och rörliga avgifter. Om de fasta kostnaderna skulle behöva höjas märkbart för att hantera en kraftig utbyggnad av solceller finns en risk att användares/prosumenters fasta kostnader blir mycket höga i förhållande till de rörliga kostnaderna för köpavtalen. De flesta elnätsbolag är positiva till en anslutning av solcellsanläggningar. Elbolagen har skyldighet att ansluta solelsanläggningar och anser sig nu ha fungerande rutiner för att koppla in dem.

## Systemaspekter kan hindra en kraftig expansion

Profu har utfört modellberäkningar (utifrån dagens styrmedel, juni 2017) i syfte att kvantifiera en kostnadseffektiv utbyggnad av solel i Sverige under olika förutsättningar. Resultaten pekar på att en installerad effekt på mellan 3 och 8 GW solel i Sverige till år 2035 skulle vara kostnadseffektiv. Produktionsnivåer som överstiger detta spann medför så pass stor elprispåverkan att fortsatta investeringar inte längre är lönsamma enligt modellberäkningarna. Kostnadseffektiv nivå beror dels på hur väl en ökad solelsproduktion kan integreras (batterier, efterfrågeåtgärder etc) och hur omgivande energisystem utformas, t ex andel styrbar kraft i Sverige och grannländer.

## Möjligheter och hinder

Vilka är möjligheterna och hindren för en kraftig utbyggnad i Sverige? Resultaten från Solel-progammet visar på en positiv attityd till solel. Privatpersoner vill vara delaktiga och bidra till ett mer hållbart samhälle. Företag satsar på solel av flera skäl, lönsamhet är inte alltid det viktigaste i valet av energilösning. Vi har passande tak och anpassningsbara och estetiskt tilltalande solcellsmoduler. Många tekniska hinder har lösts och flera kan lösas genom ytterligare forskning. Elnätet är inget större problem och elbolagen är positiva till en ytterligare expansion av solel. Effektproblematik kan lösas via batterilager. De hinder som många av projektledarna återkommer till är osäkerhet kring regler och styrmedel och hur det påverkar investeringsviljan. Nya regler är på gång och Energimyndigheten arbetar med att klarlägga upplevt krångel. Annat som kan påverka investeringsviljan, är svårigheten att göra tillförlitliga prognoser, eftersom det är svårt att få tag i mätdata för till exempel solinstrålning.

Profu har sammanställt de viktigaste påverkansfaktorerna för en fortsatt utbyggnad av solel i Sverige. Teknik och stödsystem är förstås föränderliga, men bilden ger en uppfattning om vilka satsningar som bör prioriteras för en fortsatt utbyggnad.

Exakt hur framtiden kommer att se ut är förstås svårt att sia om. IEA förutspår att sol kommer att bli den största energikällan i världen år 2050. Vem vet?

**Artikeln bygger på samtliga rapporter i SolEl-programmet.**

Seminariet ”Vilken roll spelar solel i energisystemet, i dag och i morgon?” i Energiforsks regi i februari 2017. På seminariet medverkade programråd samt projektledare.

Konferensen: Solel 2017 – ett aktuellt kunskapsmöte

# Solceller i vår omvärld

Sedan 1990-talet tar solceller ansetts som en teknik för förnybar elproduktion med stor potential i världen. Men de höga kostnaderna har varit ett stort hinder. För att skapa inhemska solcellsmarknader infördes stödsystem i flera länder. Sedan 2000-talet har utbyggnaden av solceller dominerats av två typer av ekonomiska incitament: inmatningstariffer och investeringsstöd. Införandet av stödsystemet har lett till sjunkande priser och en omfattande utbyggnad av solceller i många länder. I vissa länder kan storskaliga solcellsanläggningar konkurrera utan stöd med traditionella elproduktionstekniker. Under de senaste åren har nya affärsmodeller och stödsystem för solceller utvecklats runt om i världen.

## Stödsystem hos våra grannländer

Energimyndigheten har i sin rapport ”Solceller i omvärlden” analyserat stödsystem och solcellsmarknader i olika länder runt om i världen. Danmark, Schweiz, Tyskland och Österrike har liknande elmarknader och produktionsmixer som liknar Sveriges. I Danmark är solcellsägaren garanterad ett visst pris för överskottselen, i först 10 år på en viss nivå, och därefter i ytterligare 10 år på en annan nivå. Den danska modellen ger en investerare trygghet eftersom den minimerar risken för att avkastningen från solcellsanläggningen ändras drastiskt inom de närmaste 20 första åren. I Sverige råder en större säkerhet om vilka stödsystem som kommer att gälla. Ett viktigt skäl till att investera i solceller är att bidra till energiomställningen. I ett övergripande systemperspektiv innebär det också att mera solkraft här i Sverige  leder till att vi kan exportera mer el till våra grannländer och därigenom minska andelen fossil kraftproduktion i vår grannländer.

## Solcellsmarknader

Några av länderna i vår närhet har större och mer utvecklade solcellsmarknader som vi i Sverige kan lära oss av. Tyskland har under många år varit den viktigaste solcellsmarknaden i världen. Den stora solcellsutbyggnaden i Tyskland har varit en av anledningarna till att priset på solceller sjunkit kraftigt. Det är något som andra länder, även Sverige kan dra fördel av. Vi kan dra många lärdomar av att Tyskland gått före genom att analysera de situationer och effekter som en storskalig utbyggnad av solelproduktionen där gett upphov till. En viktig lärdom är att den stora mängden solenergi i det tyska elsystemet har inneburit att traditionella kraftverk inte kan köras med full kapacitet i lika stor utsträckning. De kan inte heller sälja till samma höga priser eftersom solceller minskat behovet av toppeffekt vid middagstid. Följden har blivit att vinsterna för landets konventionella kraftverksägare minskat drastiskt. I Sverige är förutsättningarna bättre än i Tyskland eftersom vi har vattenkraften som kan användas som balanskraft och den påverkas inte i samma utsträckning som de reservkraftverk som använts i Tyskland. Sollcellsmarknaden Tyskland kan ge andra länder en viktig inblick i vad som kan komma att hända i framtiden när solcellsutbyggnaden blir större.

## Koppling till omvärlden i Solel-programmet

I några av rapporterna i SolEl-programmet efterlyses enklare och mer tillförlitliga metoder för att utvärdera elproduktionen. På vissa håll i Europa ser man stor potential i metoden ”performance-to-peers”. Metoden går ut på att man jämför en anläggning med många närliggande för att upptäcka avvikelser. Metoden fungerar bara på platser där det finns ett stort antal solcellsanläggningar på samma plats. I Sverige är antalet solcellsanläggningar alldeles för få och det går därför inte att använda modellen här ännu.

## Internationellt forskningssamarbete inom SolEl-programmet

Tillverkningskostnaden för solcellsmoduler kan sänkas avsevärt om den traditionella lödningen byts ut mot en tejp som sammanfogar enskilda solceller till solcellsmoduler. Tejpen leder till att mängden silver i den grid som samlar in ström från solcellens framsida kan reduceras med mellan 25-50%. I projektet ”Accelererade långtidsstabilitetstester på solcellsmoduler” beskrivs tejpen och dess fördelar.

De prototyper som har tagits fram har testats av SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut (SP) i Borås samt Fraunhofer ISE i Tyskland enligt IEC 61215 och jämförbar prestanda med standardmoduler har uppnåtts trots en minskning av mängden silver i solcellen med 25-50%. De första resultaten presenterades på Metallization workshop 2016 i Konstanz, Tyskland. Det finns ett stort intresse för tejpen i flera länder i Europa. De slutgiltiga resultaten kring tejpen  presenterades på SNEC 2107 i Shanghai i april 2017.

Ett  samarbete med den finska tillverkaren av tabbing wire, Luvata, har inletts. Luvata säljer idag tabbing wire globalt till ca 5GW årlig produktion av solcellsmoduler. Under de kommande 3 åren kommer tejpen att lanseras till Luvatas befintlig och nya kunder. Nästa steg blir att arbeta tillsammans med Luvata för att kommersialisera tejpen samt att utveckla en automatiserad produktionslösning för tillverkning av solcellsmoduler.

Ett utvecklingsprojekt med Energy research Centre of the Netherlands (ECN). ECN utvecklar en nu metod att trycka väldigt tunna gridmönster på dubbelsidiga solceller och där kan tejpen vara fördelaktig att använda när cellerna sammankopplas till moduler.

**Artikeln bygger på rapporterna:**
- **Accelererade långtidsstabilitetstester på solcellsmoduler**
- **Energimyndighetens rapport: Solceller i omvärlden**

Seminariet ”Vilken roll spelar solel i energisystemet, i dag och i morgon?” i Energiforsks regi i februari 2017. På seminariet medverkade programråd samt projektledare.

# Förslag till ytterligare forskning

I flera av rapporterna som har ingått i SolEl-programmet presenteras förslag till uppföljande forskningsprojekt.

Energimyndigheten skriver i sin rapport Förslag till strategi för ökad användning av solel:
”Det finns en stark växelverkan mellan marknad och FoI. Långsiktiga forskningssatsningar kan bidra till utveckling av den kunskap och kompetens som behövs för att installatörer, samhällsbyggare, arkitekter och fastighetsägare ska kunna genomföra solelutbyggnaden så resurseffektivt och klokt som möjligt.”

Här nedan följer en sammanställning de förslag till uppföljande forskning som presenteras i rapporterna.

## Prosumenter och energimedvetenhet

I projektet *Prosumenter och energimedvetenhet* skriver projektledaren Hanna Jansson följande:
”Den uppmätta skillnaden i energimedvetenhet i gruppen aktiva prosumenter mot rena konsumenter kommer med stor sannolikhet vara av vikt i den fortsatta utvecklingen mot ett mer hållbart energisystem. Viktigt dock att notera att svarsgruppen för denna undersökning består av boende i bostadsrätter och villor. Det finns alltså en möjlighet att den socioekonomiska spridningen i svarsgruppen inte fullt ut representerar samhället generellt”. Projektledaren föreslår därför en fortsatt undersökning där fokus bör ligga på hyresgästers roll som prosumenter.
Enkätens resultat kommer användas i projekt även framöver och projektledaren välkomnar alla som är intresserade att använda sig av enkät, resultat och verktyg.

## Solel till hyresgäster

I projektet *Solel till hyresgäster* ser projektledaren på STUNS en stor potential för fortsättning av projektet, till exempel genom fortsatt informationsspridning och samarbete med Hyresgästföreningen. STUNS har inlett samarbete med en hyresvärd i Sala som under året kommer installera solel och implementera någon av affärsmodellerna för att distribuera solel till sina hyresgäster.

## Solceller på svenska kontorsbyggnader

I projektet *Solceller på svenska kontorsbyggnader* visar resultaten att lönsamheten för en solcellsanläggning är känslig för förändringar i elprisutveckling, investeringskostnad, investeringsstöd och skatteregler. Projektledarna skriver vidare. ”I denna studie har endast parametervariation av en parameter i taget genomförts. Det vore därför värdefullt att genomföra analyser som utvärderar robustheten för olika kombinationer”.

## Bättre mätdata

Behov av bättre mätdata efterfrågas i flera projekt. Även en vidare utvärdering av simuleringsprogram för svenska förhållanden efterlyses. I projektet *Förbättrad elproduktionsutvärdering från svenska solcellsanläggningar* skriver projektledarna: ”Framtagningen av en noggrannare solinstrålningskarta för Sverige är angeläget för framtiden. Likaså bör utvärderingen av olika simuleringsprogram för solelproduktion under svenska förhållanden fortgå, då osäkerheten idag är alltför stor och dessutom varierar den för vilken plats i landet man gör simuleringarna”. Projektledarna efterfrågar också en bättre modell för utvärdering av elproduktionen från solceller. ” I nuläget saknas förutsättningar för att utvärdera anläggningarnas elproduktion på ett enkelt och tillförlitligt vis, då mätningar av solstrålning på plats vanligen saknas”.

## Snöpåverkan på solelproduktion

I projektet *Snöpåverkan på solelproduktion* har Michiel van Noord, utvecklat modeller för att bedöma snörelaterade produktionsförluster för solcellsanläggningar. Projektledaren menar att det finns ett behov av ytterligare studier och att modellerna behöver förstärkas med ett större och bredare statistiskt underlag.

## Produktion av solel i städer

I projektet C*haracterization of extensive city-scale solar power* har modeller utvecklats för att karakterisera den totala solelproduktionen i staden vad gäller genomsnittlig dygns- och säsongsvariation, sannolikhet för olika momentana produktionsnivåer och fluktuationer i effekt över olika tidshorisonter. Projektledaren menar att data, modeller och resultat från projektet kan användas av kommuner och andra organisationer i energiplanering och vid framtagning av solbruksplaner, av distributions- och transmissionssystemoperatörer vid planering och drift av elnät med höga andelar solkraft. ”Alla dessa tillämpningar är intressanta för framtida forskning och utveckling”.

## Resurseffektiv utbyggnad

Utifrån de resultat och slutsatser som framkommit i projektet *Utbyggnad av solel i Sverige – möjligheter, utmaningar och systemeffekter*, skriver projektledarna följande om behov av fortsatt forskning: ”fortsatt arbete inom området bör fokusera på hur utbyggnaden av solel kan göras så resurseffektivt som möjligt för att inte riskera att solelutbyggnaden blir ifrågasatt. En sådan studie bör inkludera vilken typ av solcellsanläggningar som kan tänkas ingå, var de ska lokaliseras, lämplig omfattning, samt elnätsbegränsningar och kostnadsbilden för utbyggnaden. Lämpliga affärsmodeller för solel är också en viktig aspekt att studera då det idag är långt ifrån säkert att det är de mest kostnadseffektiva installationerna som genomförs, då exempelvis olika aktörer använder olika kalkylränta och åtnjuter olika grader av ekonomiskt stöd.”

# Resultatblad

En viktig del i SolEl-programmet är att bidra till kompetensutveckling hos och kompetensöverföring mellan aktörer som använder, investerar i, planerar för, beställer, installerar, äger och/eller driver solcellsanläggningar, liksom akademi och institut. För att tydliggöra resultaten från forskningsprojekten har vi tagit fram ett resultatblad för varje projekt.

SOLEL

Miljösmarta tak med solceller

- Gröna tak ger biologisk mångfald, hanterar dagvatten, ger renare luft och sänker bullernivån.
- Vita tak gör byggnader svalare.
- Solceller kan med fördel monteras på gröna och vita tak. Elproduktionen från solcellerna kan i många fall bli högre än från solceller monterade på ett svart tak.

Marknaden för solceller ökar alltmer i Sverige. Tekniken involveras allt tidigare vid om- och nybyggnation. Intresset för gröna och vita tak ökar.

Gröna tak

Gröna tak är ett samlingsnamn för växter på tak, terrasser och innergårdar. Taken har visat sig kunna bidra till stadsmiljön med biologisk mångfald, renare luft och sänkta bullernivåer. Gröna tak tar upp, fördröjer och avdunstar stora mängder nederbörd, vilket minskar belastningen på dagvattensystemen och risken för översvämningar. Drivkraften för att skapa gröna tak, hänger också ihop med krav i byggloveshandlingar eller miljöcertifieringssystem för byggnader. I takt med förtätningen och utbyggnaden av städer ökar även intresset för ökad vistelsebart i städer. Sedumtak är ett bra alternativ som kan bidra till grönare städer.

Vita tak

Även vita tak har många fördelar. Vita tak reflekterar solens strålar, vilket innebär att temperaturen blir lägre än på svarta tak. Detta kan bidra till högre uthyre från solceller och dessutom sänka behovet av kylning inomhus i byggnader med sparsam takisolering.

Bra kombination

Det har funnits en felaktig uppfattning om det är svårt att kombinera solceller med gröna och vita tak. Det har visat sig att solceller på gröna tak till och med kan producera mer el än solceller på svarta tak. Det beror på att växternas evapotranspiration (avdunstningsprocess) gör att taket kyls. Det kylda taket leder i sin tur till att solcellerna kan hålla en lägre temperatur och därmed producera mera el. För vita tak blir effekten likartad, men där är det framför allt takets reflexionsförmåga som inverkar och gör taket svalare.

Platta takytor lämpligast

Platta takytor är den bästa kombinationen för gröna tak och solceller. De lämpligaste monteringssystemen är så kallade uppfastade system (0–40 grader), antingen ballastsystem eller sådana som fästs in i taket. Det är inte nödvändigt att investera


Möjligheter och begränsningar för egeanvänd solel i Västra Gårdsten 24
Maria Haegermark, Jan-Olof Dalenbäck, Chalmers

Solceller i flerbostadshus – Hur hanteras överskottsel på bästa sätt? 26
Maja Wennerberg Fåhraeus, Solkompaniet
David Larsson, Solkompaniet
Johan Paradis, Paradisenergi

Prosumenter och energimedvetenhet 28
Simon Strandberg och Hanna Jansson, STUNS

Framtidens solel till hyresgäster. 30
Simon Strandberg och Hanna Jansson, STUNS

Solceller på svenska kontorsbyggnader. En helhetsbedömning. 32
Elsa Fahlén, Jesper Karlsson,
Nina Johansson, Eva Grill, Kajsa Flodberg,
Catrin Heinke, NCC Construction Sverige AB

Erfarenheter från medelstora solcellsinstallationer på byggnader 34
Daniel Olsson, Catrin Heincke,
Peter Wennerhag CIT Energy Management AB

Solceller på svarta, vita och gröna tak. En handbok om miljösmarta tak i Sverige. 36
Anna Bengtssom och Mårten Lind, Solkompaniet

Snöpåverkan på solelproduktion – Om snöförluster på takanläggningar i Norra Sverige 38
Michiel van Noord, Torsten Berglund (Esam AB), Mark Murphy (Umeå Universitet, Inst. för tillämpad fysik och elektronik)

Accelererade långtidsstabilitetstester på solcellsmoduler. En testserie för att utvärdera solceller tillverkade med metod för kostnadsreducering. 40
Jonas Buddgård, JB EcotechAB

Förbättrad produktionsutvärdering från svenska solcellsanläggningar. 42
Bengt Stridh, Pietro Campana, Tomas Landelius,
Sandra Anderssomn, Erik Holm, Mårten Lind

Beräkningsprogrammet Solekonomi 44
Joakim Widén, Uppsala Universitet

Solar hackathon från idé till genomförande 46
Peter Kovács, RISE

Watt för watt – solceller till alla 48
Joachim Lindborg, Lindborg systems

UpScaleSolar – Stora mängder solceller kan ge kraftiga effektvariationer 50
Joakim Widén, Gustav Elfving, Emil Jansson,
Joakim Munkhammar, David Lingfors

SOLEL

# Hur kan man utnyttja solel i ett typiskt äldre bostadsområde?

- **Att dimensionera solcellsanläggningar för den totala användningen ger bäst förutsättningar för en hög soltäckningsgrad.**
- **Det är ofta mest ekonomiskt fördelaktigt att ha ett större elabonnemang , ett per gård istället för ett per byggnad.**
- **Störst soltäckningsgrad skulle uppnås i båda de undersökta områdena, om solcellerna monterades omkring 20 grader mot väster, eftersom elanvändningen är högst på eftermiddagen.**
- **Batterier ger en ökad möjlighet att öka soltäckningsgrad och egenanvändning, men det gäller främst stora anläggningar. Priset på batterier är för högt för att det ska vara lönsamt.**

Projektet omfattar studier av hur olika abonnemang, ellagar, koncessionsrätt och energiskatteregler tillsammans med de olika byggnadernas utformning (tak, fasader, avstånd), elbehov, påverkar förutsättningarna att utnyttja solel i ett typiskt äldre bostadsområde. Genom detaljerade studier av två bostadsområden i Göteborg förutsättningar för lönsamhet. För- och nackdelar med olika sätt att ansluta solcellsanläggningar i områdena har undersökts för att få bättre beslutsunderlag inför liknande anslutningar i framtiden.

## Flerbostadsområden i Göteborg

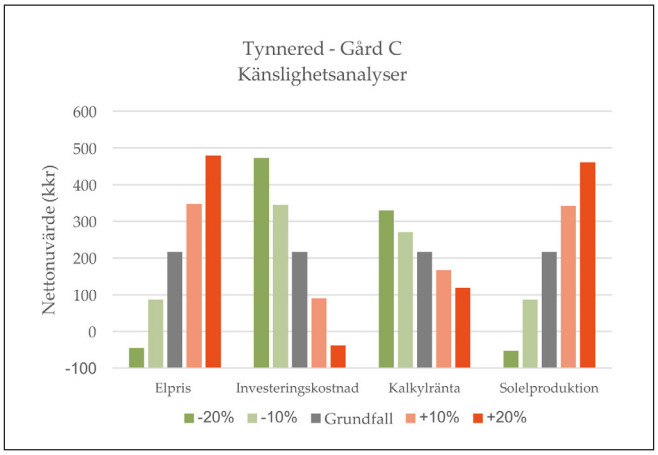
Studien är baserad på två flerbostadområden i Göteborg. Det ena utgörs av hyreshus som tillhör det kommunala bostadsbolaget Gårdstensbostäder och det andra är en bostadsrättsförening i Tynnered. Båda områdena har fördelaktiga tak att montera solceller på. Solcellsanläggningarna har dimensionerats för den totala användningen, det vill säga både fastighets- och lägenhetsel. Det är möjligt eftersom båda bostadsområdena har abonnemang med totalmätning av el.

Byggnaderna i Gårdsten har platta tak och den totala elanvändningen uppgår till 55 kWh/m$^2$ BOA, medan byggnaderna i Brf Tynnered har låglutande tak i olika riktningar och en total elanvändning på 45 kWh/m$^2$ BOA.

SOLEL

Gårdsten

Tynnered




Diagrammet visar hur det totala nettonuvärdet för en solcellsanläggning ansluten till ett gårdsabonnemang i Gård C i Tynnered varierar med procentuella förändringar av elpris, investeringskostnad, kalkylränta och solelproduktion.

Figuren visar att kalkylen är ungefär lika känslig för en 10 % ökning eller minskning av elpriset, som en 10 % ökning eller minskning av investeringskostnaden. Även solelproduktionen har en snarlik inverkan på resultatet. Motsvarande förändring av kalkylräntan påverkar inte resultatet i samma grad, men investeringen skulle bli olönsam redan vid en kalkylränta på 6 %.

## Resultat

Resultaten från studien visar att det med antagna förutsättningar är mest ekonomiskt med drygt 0,2 kW solceller per MWh årlig elanvändning. Då blir soltäckningsgraden 15-20%, och egenanvändningen drygt 90%, i båda områdena. Att dimensionera anläggningen för den totala användningen i ett bostadsområdet ger bäst förutsättningar för en hög soltäckningsgrad.

## Abonnemang

Det mest ekonomiska alternativet är att ha ett abonnemang per byggnad eller per gård för ett bättre utnyttjande per tak. Det skulle därmed vara intressant att få flytta el mellan två flerbostadshus och inte bara mellan ett flerbostadshus och en annan byggnad. Det skulle kunna fungera om ett bostadsområde har ett huvudabonnemang till det koncessionspliktiga elnätet, och får egen koncession för det egna elnätet. Den möjligheten finns i dag på t ex universitets- och sjukhusområden. Då kan ett överskott från en solcellsanläggning på en byggnad användas i en annan intilliggande byggnad utan en solcellsanläggning.

**– Projektet tar fram resultat som är viktiga att känna till för aktörer som vill investera i solcellsanläggningar i befintliga (äldre) bostadsområden.**

## Fullständig rapporttitel

Möjligheter och begränsningar för egeanvänd solel i Västra Gårdsten

## Rapportnummer

2017-386

## För resultaten ansvarar

Maria Haegermark, Jan-Olof Dalenbäck, Chalmers

## Vill du läsa mer:

www.energiforsk.se

Energiforsk

**Energiforsk AB** | Org.nr 556974-2116 | Telefon: 08-677 25 30 | Fax: 08-677 25 30 | E-post: kontakt@energiforsk.se
Besök: Olof Palmes gata 31, Stockholm. Nordenskiöldsgatan 6, Malmö | Post: 101 53 Stockholm | www.energiforsk.se

SOLEL

# Solelöverskott i fokus för solcellsanläggningar på flerbostadshus

- **Flerbostadshus med stora takytor kan producera billig solel.**
- **Det största hindret för lönsamheten är överskottsproduktionen.**
- **Skattereduktion kan vara en lösning på överskottsproblemet, annars behövs andra åtgärder.**
- **Batterier som lagrar överskotter från dag till kväll kan vara en annan lösning.**
- **Med gruppabonnemang kan överskottet ocká användas av lägenheterna.**
- **Batterier kan lagra el från dagen till kvällen.**
- **Projektet föreslår ändringar i regelverk kring skattereduktion och nätkoncession.**
- **Elen kan också användas för att producera varmvatten via en värmepump.**

Solel har många fördelar! Potentialen är stor för att minska utsläpp av koldioxid till följd av mänskliga aktiviteter och genom att utnyttja taken på befintliga byggnader, så blir intrånget i den lokala miljön litet. Flerbostadshus är intressanta eftersom stor takyta per byggnad ger förutsättningar för kostnadseffektiva installationer.

Om vi vill främja en utbyggnad av solceller på flerbostadshus måste hindren kring överskottsproduktion lösas. Sedan 2015 finns ett statligt system med skattereduktion för överskottsel från solcellsanläggningar. Systemet infördes för att det låga värdet på överskottsproduktionen hindrade utbyggnaden av solelanläggningar. För småhus fungerar systemet bra, för bostadsrättsföreningar relativt bra, men mindre bra för flerbostadshus. Detta system är dåligt anpassat för stora byggnader och för stora ägare av flerbostadshus. Ur ett statligt perspektiv är en rimlig slutsats därför att se över och vidareutveckla de lagar som reglerar detta system. I första hand bör reglerna ändras så att taket på 30 000 kWh/år gäller per anslutningspunkt i stället för per juridisk person. Det finns också en anledning att se över gränsen för maximal säkringsstorlek, antingen bör den gräns slopas eller ersättas av en effektgräns för växelriktarna.

En tänkbar lösning är att tillåta skattereduktion för andelsägda solcellsanläggningar – och där även inkludera avtal om att köpa in överskottsproduktion från andras anläggningar. Eftersom frågan om skattereduktion då lyfts från fastighetsägaren till medlemmarna i den ekonomiska föreningen skulle detta kunna eliminera överskottsproblematiken för alla typer av fastighetsägare, inklusive de bostadsrättsföreningar som inte betalar tillräckligt mycket skatt för att kunna göra avdrag.

SOLEL

## Gruppabonnemang

Överskottet kan minskas genom att ett gruppabonnemang tecknas för hela byggnaden. Det visar den analys av en exempelbyggnad som projektet har utfört. Det är också generellt en lönsam åtgärd, främst genom sänkta elnätsavgifter.

## Batterier

Att installera batterier kan snart vara lönsamt, priset på batterier är relativt högt, men väntas fortsätta neråt. I kombination med gruppabonnemang kan det vara en lönsam åtgärd redan nu.
I projektet medförde en batterikapacitet på 2 kWh per lägenhet att överskottet minskade med 28 %. Om både gruppabonnemang och batterier införs samtidigt är det möjligt att minska överskottet med 71 % i byggnaden. Det visar de uträkningar som utfördes i den exempelbyggnad som projektet använde sig av.

## Använda el för att producera värme

Som komplement till batterilager är det också möjligt att använda överskottselen för att producera värme/varmvatten, och vid behov lagra detta i en ackumulatortank. Ur ett miljöperspektiv är detta i första hand en åtgärd för byggnader som redan använder el för uppvärmning, och helst via en värmepump i stället för direkt värmning med el. Med en värmepump och en ackumulatortank på 2 $m^3$ är det möjligt att näst intill helt eliminera överskottet i exempelbyggnaden. Om vi får en kraftig utbyggnad av solel i Sverige , skulle det kunna bli aktuellt med säsongslagring av solenergi i form av olika bränslen. I ett flerbostadshus skulle man kunna producera vätgas sommartid. Vätgasen ger sedan via en bränslecell el och värme i bostadshuset under vintern. Tekniken är dyr och omvandlingsförlusterna är betydande, så det är osäkert om detta någonsin kan bli verklighet. Förutom ovanstående exempel skulle överskottselen också kunna användas till luftkonditionering i lägenheterna. Laddplatser för elbilar är en annan möjlighet för att använda överskottet.

## Hur kan frågan om produktion av överskottsel lösas?

Projektet visar att de tre mest verkningsfulla åtgärderna som en fastighetsägare kan implementera är:

- Teckna ett gruppabonnemang för hela byggnaden, inklusive lägenheterna, för att öka underlaget för egenanvänd solel.
- Installera batterier som lagrar överskottet från dag till kväll och samtidigt gör det möjligt att kapa effekttoppar vid andra tidpunkter.
- Använda överskottet för att via en värmepump producera värme/varmvatten.

## Genomslag på bred front

För att solenergi ska slå igenom på bred front även i flerbostadshus föreslås följande ändringar i regelverk kring skattereduktion och nätkoncession:

- Ändra gränsen för skattereduktion på 30 000 kWh/år från att gälla per juridisk person till att gälla per anslutningspunkt.
- Tillåt skattereduktion för andelsägd solkraft.
- Tillåt flytt av egenproducerad solel via det allmänna elnätet (från anläggningar <255 $kW_t$).
- Möjliggör för intilliggande flerbostadshus att ha en gemensam anslutningspunkt till elnätet, genom att begära undantag för koncessionsplikt.

## Använda solelen i närliggande byggnader

Grundregeln är att varje byggnad ska ha en egen anslutningspunkt (och elmätare) och att det bara är det lokala elnätsbolaget som har nätkoncession, det vill säga rätten att bygga och använda starkströmsledningar mellan byggnader. Det betyder att det inte är möjligt att ha en gemensam anslutningspunkt för flera intilliggande flerbostadshus, annars skulle ju det kunna vara en lösning för den fastighet som producerar ett överskott av solel. Projektet föreslår att staten inför ett nytt undantag som gör det möjligt att bygga interna elnät mellan närliggande bostadshus.

**– Lönsamheten för en solelanläggning är i hög grad beroende av hur mycket av den producerade elen som kan användas i byggnaden och av de boende själva.**

## Fullständig rapporttitel

Solceller i flerbostadshus –
Hur hanteras överskottsel på bästa sätt?

## Rapportnummer

2017:384

## För resultaten ansvarar

Maja Wennerberg Fåhraeus, Solkompaniet
David Larsson, Solkompaniet
Johan Paradis, Paradisenergi

## Vill du läsa mer:

www.energiforsk.se

Energiforsk

**Energiforsk AB** | Org.nr 556974-2116 | Telefon: 08-677 25 30 | Fax: 08-677 25 30 | E-post: kontakt@energiforsk.se
Besök: Olof Palmes gata 31, Stockholm. Nordenskiöldsgatan 6, Malmö | Post: 101 53 Stockholm | www.energiforsk.se

SOLEL

# Aktiva prosumenter är mer energimedvetna!

- **Energieffektiviseringsåtgärder införs inte alltid, trots att de är lönsamma. Det visar på att det finns andra värden som styr vårt energibeteende.**
- **Studien visar att aktiva prosumenter är mer energimedvetna. Det leder i sin tur till att fler bör få möjligheten att bli både konsumenter och producenter.**
- **Genom att lära oss hur olika insatser påverkar vårt energibeteenden kan vi effektivisera och genomföra insatser som motiverar fler installationer av solelanläggningar.**

Den fortsatt kraftiga expansionen av solelinstallationer i Sverige leder till att allt fler hushåll blir egna elproducenter. I det svenska energisystemet kommer vi att få allt fler prosumenter, alltså människor som både konsumerar och producerar el.

Det här projektet handlar om hur rollen som solprosument påverkar individers energimedvetenhet och om det finns ett allmänt energimedvetande som motiverande kraft för personer med solcellsanläggningar. I projektet studeras också hur solinstallationer påverkar människors kunskap, attityder, värderingar och beteende i övriga energifrågor.

Projektet har resulterat i ett mätverktyg för att mäta energimedvetenhet i form av en enkät. Syftet med enkäten är att mäta vad som motiverar personer att agera på ett visst sätt och vilken eventuell påverkan ett beteende har på andra beteenden. De underliggande attityder som undersöks i enkäten är ekonomisk effekt, miljöpåverkan, effekt på komfort och påverkan på livskvaliteten. De svarande ombads gradera effekterna av till exempel att stänga av standbylägen på hushållsapparater eller flytta energiförbrukning till kvällar och helger. De fick även gradera hur viktigt det är hur andra bedömer ens beteende, barriärer  som hindrar samt om de kände ett moraliskt ansvar för sitt beteende.

SOLEL

## Resultat

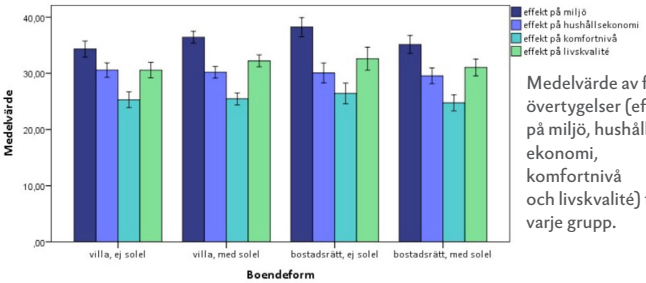
### Allmän energikunskap

Trenden visar att aktiva prosumenter, i detta fall villaägare med solanläggning, har en lägre energiförbrukning än motsvarande part utan solanläggning, alltså rena konsumenter. Skillnaden i övrig energiförbrukning hos passiva prosumenter och konsumenter boende i flerbostadshus är mindre.

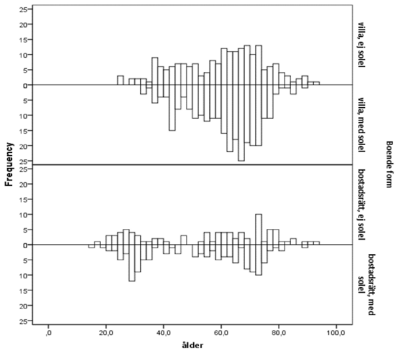
### Energimedvetenhet och beteenden

Miljöeffekter värderas högt. Livskvalitet kommer som god tvåa, och komfort som den klart minst viktiga. Det är ingen skillnad i grupperna gällande övertygelser, förutom på miljön. Svarande som bor i villor med solpaneler bedömde miljöpåverkan från sin livsstil och sina beteenden som större än vad svarande boende i villa utan solpaneler bedömde sin. Baserat på den demografiska undersökningen är dock skillnaden i faktisk påverkan i form av årlig energiförbrukning mellan villaägarna inte markant, utan trenden pekar alltså snarare på att villaägare med solanläggning betraktar sin livsstil som mer miljöpåverkande än villaägare utan solpaneler. För bostadsrätter ser effekten däremot ut att vara tvärtom, respondenter boende i flerbostadshus med solanläggning tillskriver mindre miljöeffekter av sin livsstil än boende i flerbostadshus utan solanläggning. Vikten av att leva upp till andras förväntningar visar sig vara större hos personer boende i flerbostadshus jämfört med boende i villa. Däremot ses inga skillnader inom grupperna mellan prosumenter och konsumenter.

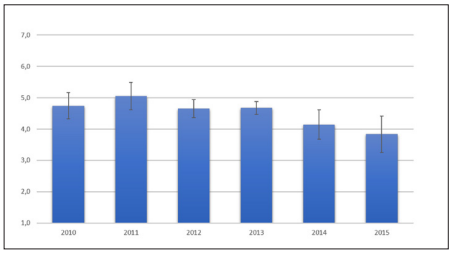
Inga tydliga slutsatser om överspillningseffekter, alltså om att vara en solprosument leder till en ökad energimedvetenhet kan ses, men en trend som kan skönjas är att energimedveten




Medelvärde av fyra övertygelser (effekt på miljö, hushållsekonomi, komfortnivå och livskvalité) för varje grupp.




Svarsfrekvens och åldersspridning per undersökningspopulation.




Sammanräknad poäng för energimedvetenhet mot tid för utbetalat investeringsstöd.

**Undersökningspopulationer:**

- **Boende i villa med solelanläggning**
- **Boende i flerbostadshus med solelanläggning**
- **Boende i villa utan solelanläggning**
- **Boende i flerbostadshus utan solelanläggning**

heten är högre för de som haft sin solanläggning längre än för de som investerat senare.

Studien visar att aktiva prosumenter är mer energimedvetna. Det leder i sin tur till att fler bör få möjligheten att bli både konsumenter och producenter. Den uppmätta skillnaden i energimedvetenhet i gruppen aktiva prosumenter mot rena konsumenter kommer med stor sannolikhet vara av vikt i den fortsatta utvecklingen mot ett mer hållbart energisystem!

**– Aktiva prosumenter är av stor vikt för den fortsatta utvecklingen av ett hållbart energisystem.**

### Fullständig rapporttitel

Prosumenter och energimedvetenhet

### Rapportnummer

2017:379

### För resultaten ansvarar

Simon Strandberg och Hanna Jansson, STUNS

### Vill du läsa mer:

www.energiforsk.se

Energiforsk

Energiforsk AB | Org.nr 556974-2116 | Telefon: 08-677 25 30 | Fax: 08-677 25 30 | E-post: kontakt@energiforsk.se
Besök: Olof Palmes gata 31, Stockholm. Nordenskiöldsgatan 6, Malmö | Post: 101 53 Stockholm | www.energiforsk.se

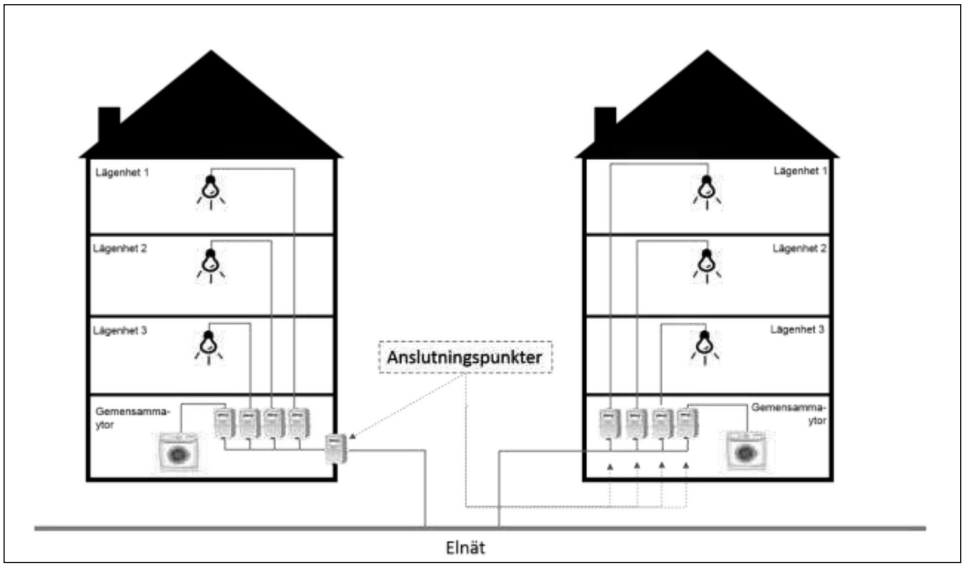
SOLEL

# Ett gemensamt abonnemang ger bästa förutsättningar för solel

- **Gemensamhetsabonnemang, dvs ett gemensamt elnät i byggnaden med en anslutningspunkt till nätet, är den affärsmodell som lämpar sig bäst för solelanläggningar.**
- **Fördelarna är att fastighetsägaren får bättre avsättning för producerad solel, avgifterna till det fasta elnätet blir i de flesta fall lägre och hyresgästerna kan få tillgång till närproducerad förnybar energi.**
- **Fastighetsägare känner en stor osäkerhet kring regelverk och förutsättningar. I synnerhet anges lagändringen om skatt på energi som infördes i juli 2016, som svårtolkad. Många fastighetsägare väljer därför att avvakta med en satsning på solceller.**
- **Graden av användning av den egna solel som produceras har stor inverkan på anläggningens lönsamhet beroende på regler för skattereduktion.**

Trots en stor tillväxt på solcellsmarknaden och ett stort intresse bland befolkningen i allmänhet, så är det många bostadsbolag som ännu inte har satsat på solenergi. Orsaker som anges av bostadsbolag och fastighetsägare är att de känner en stor osäkerhet kring regelverk och förutsättningar. Det finns en rädsla för att satsa på solenergilösningar som riskerar att bli olönsamma och kanske olagliga framöver. Viktigt för en ökad andel solel i flerbostadshus är också en ökad teknisk kunskap hos fastighetsägare och information och råd till elleverantörer. Det här projektet har tagit fram lösningar för hur fler fastighetsägare kan erbjuda solel till sina hyresgäster. Fokus har legat på att ta fram lösningar som ligger inom ramen för befintliga regler och lagar.

Bostadshus som har en gemensam anslutningspunkt till elnätet lämpar sig bra för solelanläggningar. Samtliga lägenheter och fastighetsägaren delar då på ett abonnemang för elnät och elhandel. De fasta avgifterna minskas och abonnemanget kan anpassas efter hyresgästernas gemensamma maximala effektuttag. Detta är den affärsmodell som är mest fördelaktig för solel. Genom att dimensionera en solelanläggning efter elbehovet kan en fastighetsägare dra nytta av stordriftsfördelar vid installation samtidigt som risken för överproduktion minskar. Ersättning för överproduktion, alltså den el som matas ut på nätet, är i de flesta fall betydligt lägre än värdet av att själv använda solelen. Den solel som produceras kommer både att gå till hushållsel för de boende och till utrymmen och apparater som är kopplade till den gemensamma elen i byggnaden. Hur hyresgästerna debiteras varierar. Det vanligaste är att fastig-




Schematisk bild över två flerbostadshus med olika elnätsanslutningar. Huset till vänster i bild har en anslutningspunkt till elnätet och ett gemensamhetsabonnemang med undermätare. Huset till höger i bild har fyra anslutningar till elnätet och separata elnätsabonnemang för respektive lägenhet och fastighetsel.

hetsägaren installerar en individuell mätare i varje lägenhet och att hyresgästen debiteras efter sin faktiska konsumtion.

Lönsamheten för en solelanläggning är beroende av ett flertal faktorer. Det som har störst inverkan på lönsamheten är investeringskostnaden, kalkylräntan, andelen egenanvänd respektive såld el. Möjligheten att få skattereduktion för överskottsproduktion har en stor inverkan på lönsamheten. Många fastighetsägare får ingen skattereduktion eftersom stödet har ett tak på 18 000 kr per år och person. Det betyder att ett fastighetsbolag som mest kan få det beloppet oavsett antalet solanläggningar. Dessutom får inte säkringen i anslutningspunkten för solelanläggningen överstiga 100 ampere, vilket diskvalificerar många större flerbostadshus. Graden av egenanvändning av den solel som produceras har därför stor inverkan på solanläggningens lönsamhet.

De legala förutsättningarna för bostadsbolag att sälja solel till sina hyresgäster har förändrats till det bättre under senare tid och flera förändringar kommer. För att bidra till en fortsatt utbyggnad av solel i flerbostadshus rekommenderar projektledarna att en skattereduktion för producerad och såld solel även ska gälla för boende i flerbostadshus.

**– Lönsamheten för en solelanläggning är i hög grad beroende av hur mycket av den producerade elen som kan användas av hyresgästerna själva.**

### Fullständig rapporttitel
Framtidens solel till hyresgäster.

### Rapportnummer
2017:370

### För resultaten ansvarar
Simon Strandberg och Hanna Jansson, STUNS

### Vill du läsa mer:
www.energiforsk.se

Energiforsk

Energiforsk AB | Org.nr 556974-2116 | Telefon: 08-677 25 30 | Fax: 08-677 25 30 | E-post: kontakt@energiforsk.se
Besök: Olof Palmes gata 31, Stockholm. Nordenskiöldsgatan 6, Malmö | Post: 101 53 Stockholm | www.energiforsk.se

SOLEL

# Hållbara kontorsbyggnader

- **Mest ekonomiskt att använda den producerade elen i byggnaden.**
- **Det finns ett behov av tillförlitlig mätdata.**
- **Lönsamheten beror på elpris samt skatteregler.**
- **En investering i solceller kan leda till miljöprofilering och nya affärer.**

Trots allt lägre priser på solceller är det relativt få kontorsbyggnader som utrustas med solceller. En orsak kan vara osäkerheter kring pris och subventionering av solcellsinvesteringar och av förutsättningar kring leverans av egenproducerad el till elnätet, främst för kommersiella aktörer, vilket skapar en otrygghet för potentiella investerare. Ett annat hinder som identifierats är att det saknas kunskap och att det finns brist på erfarenhetsåterföring i branschen. Det finns en risk att solceller kommer in i fel skede i byggprocessen, vilket leder till fördyringar samt till att solceller ofta prioriteras bort för att hålla budgeten. Därför är det viktigt att kunskaper och erfarenheter sprids.

## Använd den producerade elen i byggnaden

I dagsläget och troligtvis under en lång tid framöver kommer det vara mer ekonomiskt att använda den producerade elen själv än att sälja den ut på nätet. Därför är det önskvärt att matcha elbehovet med produktionen av el. En förbättrad matchning kan dessutom bidra till att begränsa påverkan på elnätet och nätförlusterna. En lösning med soleldriven komfortkyla skulle kunna öka andelen av den producerade elen som momentant kan nyttjas inom byggnaden. Genom att låta verksamheten i byggnaden använda den producerade solelen ges ett mycket litet eller ingen överskottsproduktion alls.

## Endast liten påverkan på elnätet

En ökad lokal elproduktion från solceller i södra Sverige kan bidra till minskade nätförluster i elnätet då mindre el behöver distribueras över långa sträckor. Överskottsproduktion av solel kan däremot innebära en belastning på elnätet. Om den producerade solelen från takinstallerade solceller inte enbart används som fastighetsel, utan även till verksamheten, skulle det mesta av elen som genereras kunna nyttjas inom byggnaden. Det betyder att elnätet i princip endast behövs för att distribuera el till kontorsbyggnaderna och inte för att ta emot överskottsel.

## Behov av tillförlitlig mätdata

Det finns behov av uppmätta värden för energianvändningen med hög detaljeringsgrad för att kunna göra tillförlitliga prognoser och uppskattningar vid installation på befintliga byggnader eller vid nyproduktion.

SOLEL

## Lättare att nå lönsamhet för stora solcellssystem

Det beror på att investerings- och installationskostnaden är lägre per installerad effekt (kWp) för stora system. Det är svårare att uppnå lönsamhet för byggnader med ett mindre elbehov. Om solcellsanläggningen dimensioneras efter att den producerade solelen först och främst ska användas som fastighetsel, ger detta ett relativt litet elunderlag, men om den producerade elen från en solcellsanläggning används både till fastighetsel och till verksamheten, så kan det mesta av den producerade solelen nyttjas inom fastigheten och verksamheten. Möjligheten, reglerna och styrmedlen kring att sälja el till hyresgästerna, eller att dela ägarskapet i en solcellsanläggning, utgör därför en mycket viktig förutsättning för lönsamheten i en solcellsinstallation.

## Lönsamheten beror på det framtida elpriset

Installation av solceller ger en låg elkostnad under den tid solcellerna genererar el. Lönsamheten av investeringen är däremot kraftigt påverkad av det framtida elpriset. Om elpriset, under den tid då solelen finns tillgänglig, skulle sjunka kraftigt på grund av en ökad andel förnybar energi i elsystemet skulle det bli svårare att få lönsamhet i en solcellsanläggning. En sådan utveckling ökar behovet av energilagring.

## Skatteregler påverkar lönsamheten kraftigt

Om elen kan säljas ut på nätet eller till verksamheten med eller utan energiskatt påverkar lönsamheten avsevärt. Överskottsel som levereras ut på nätet kan göra en solcellsinvestering olönsam med dagens regler (2016), eftersom producenten då måste betala energiskatt på all egenkonsumerad el. Även vid försäljning av solel till hyresgästerna, räknas producenten som en kommersiell producent som därmed måste betala energiskatt för all egenkonsumerad solel. Det är möjligt att undvika skatteplikten, exempelvis genom ett lika stort påslag på samtliga hyresgästers hyror eller genom ett delat ägandeskap. Studien visar att investeringsstöd kan vara avgörande för att få lönsamhet i en solcellsanläggning. Det går inte att räkna med att få investeringsstöd för en solcellsinvestering, utan det bör mer ses som en bonus för att vara på den säkra sidan.

## Miljöprofilering och nya affärer

Företag kan med hjälp av solceller miljöprofilera sig och möta egna eller andra aktörers energi- och miljömål/krav. Solceller kan bidra till en spännande design av byggnaden. De kan bli en del av nya koncept för hållbara energisystemlösningar. I ett tidigt skede i byggnationen är det möjligt att byta ut andra material, exempelvis fasad och använda solceller istället. En möjlighet är att den som satsar på eller investerar i solceller kan erbjuda en hållbar elproduktion och skapa nya marknadsandelar. En affärsmöjlighet är att sälja elen till hyresgäster eller att leasa en solcellsanläggning till de som hyr fastigheten. Den producerade elen skulle utöver el till fastigheten kunna användas till laddning av elbilar.

**– Osäkerhet kring skatteregler påverkar investeringsvilja.**

### Fullständig rapporttitel

Solceller på svenska kontorsbyggnader.
En helhetsbedömning.

### Rapportnummer

2016:232

### För resultaten ansvarar

Elsa Fahlén, Jesper Karlsson, Nina Johansson,
Eva Grill, Kajsa Flodberg, Catrin Heinke,
NCC Construction Sverige AB

### Vill du läsa mer:

www.energiforsk.se

Energiforsk

Energiforsk AB | Org.nr 556974-2116 | Telefon: 08-677 25 30 | Fax: 08-677 25 30 | E-post: kontakt@energiforsk.se
Besök: Olof Palmes gata 31, Stockholm. Nordenskiöldsgatan 6, Malmö | Post: 101 53 Stockholm | www.energiforsk.se

SOLEL

# Fastighetsägare nöjda med sina solceller

- **Få problem med montering, säkerhet och byggteknik.**
- **Mogen bransch med välutbildade installatörer som tar sitt ansvar.**
- **Upphandlingsguide för solcellinstallationer rekommenderas. Fastighetsägarna saknar kunskap om fukt och hållfasthet i samband med installation.**
- **Underhåll av solpaneler prioriteras inte.**

De flesta fastighetsägare är nöjda med sina solcellsanläggningar. Det visar en intervju- och enkätstudie som har genomförts inom ramen för solelprogrammet.

## Nöjda fastighetsägare

Studien visar att tillfrågade fastighetsägare i hög utsträckning är nöjda med sina installationer. Problem i anknytning till montage-, säkerhets-, och byggtekniska problem är ovanliga. Materialfel anges för 14% och installationsfel respektive skadegörelse vardera 6% av installationerna.

## En mogen bransch

Branschen kan sägas vara mogen med ansvarsfulla och välutbildade installatörer. På sikt bör en certifiering för installatörer övervägas, framförallt för att säkra kvaliteten, när branschen växer ytterligare. Troligtvis har också Sveriges relativt höga konstruktionsstandarder för takhållfasthet och fuktsäkerhet haft en positiv inverkan. Sverige kan också ha lärt av Tyskland som ligger långt framme på området.

## Bristande kunskaper

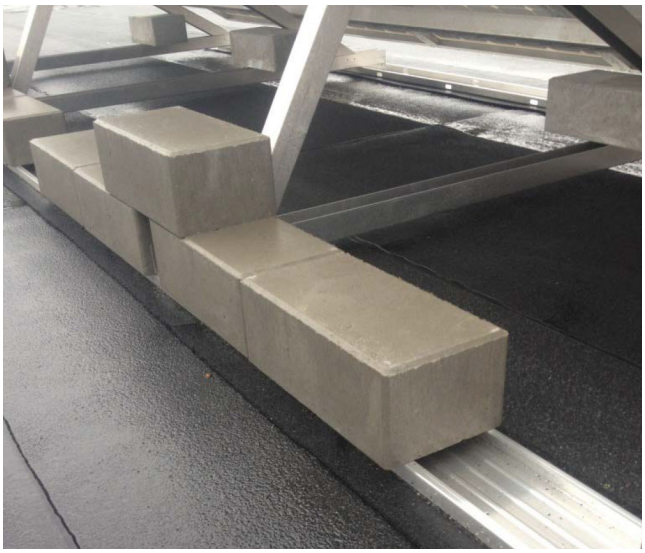
Fastighetsägarna själva har dock i hög utsträckning bristande kunskaper om vad en teknisk för- och efterundersökning med avseende på fukt och hållfasthet bör omfatta. Inför en installation görs i stort sett alltid en utvärdering av geografiskt läge, riktning och lutning, enligt de tillfrågade fastighetsägarna. Skuggning och underhållsbehov beaktas också. Däremot föregicks endast hälften av installationerna av besiktningar med avseende på hållfasthet och fukt. Endast 1/3 lät utföra uppföljande besiktningar. En upphandlingsguide för solcellsinstallationer är något som verkligen behövs, menar projektledarna.

Fastighetsägarna väljer i stort sett alltid det montagesystem som installatören föreslår. Montagesystemen är relativt lika oavsett leverantör. I princip finns idag montagelösningar och beslag för alla typer av tak, men i vissa fall manar ändå installatörer till extra försiktighet. Det gäller material som till exempel eternit, vass och skiffer. De flesta fastighetsägare har valt "semiintregrerade" eller estetiskt integrerade monteringar av solcellerna. En lösning med

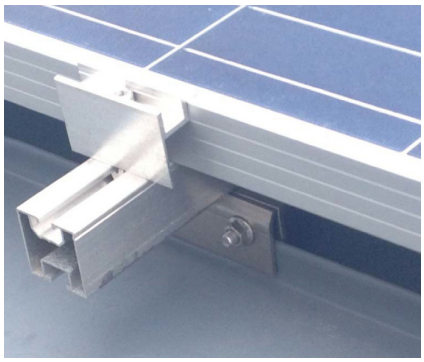
en tätt utanpåliggande montering som vid en första anblick ser ut att vara integrerad i fasaden eller taket. Att många valde den lösningen hade oftast med kostnaden att göra. En byggnadsintegrerad montering upplevdes som dyrare.

## Underhåll

Många av fastighetsägarna ägnade mycket liten tid till underhåll av sina solpaneler. Exempelvis hävdades att panelser som lutar mer än 10 grader inte behöver rengöras eftersom regnet löser den saken. Men salta vindar, förorenad stadsluft, rikligt med fåglar och växtlighet brukar ändå kräva rengöring, men inte ens i sådana situationer verkar underhåll prioriteras. Vad det gäller snöröjning svarade merparten att de inte snöröjer sina paneler. Några angav att snön glider av panelerna och andra att låglutande tak gör att solpanelerna inte innebär några säkerhetsrisker.



Montage med ballastmetod



T.v. Infästning på papptak med förstärkning kring infästningen.

T.h. Infästning i fals på plåttak.

**– De flesta fastighetsägare uppger att de låter installatören avgöra vilket monteringssystem som ska användas.**

### Fullständig rapporttitel

Erfarenheter från medelstora solcellsinstallationer på byggnader

### Rapportnummer

2015:126

### För resultaten ansvarar

Daniel Olsson, Catrin Heincke, Peter Wennerhag
CIT Energy Management AB

### Vill du läsa mer:

www.energiforsk.se

Energiforsk

Energiforsk AB | Org.nr 556974-2116 | Telefon: 08-677 25 30 | Fax: 08-677 25 30 | E-post: kontakt@energiforsk.se
Besök: Olof Palmes gata 31, Stockholm. Nordenskiöldsgatan 6, Malmö | Post: 101 53 Stockholm | www.energiforsk.se

SOLEL

# Miljösmarta tak med solceller

- **Gröna tak ger biologisk mångfald, hanterar dagvatten, ger renare luft och sänker bullernivån.**
- **Vita tak gör byggnader svalare.**
- **Solceller kan med fördel monteras på gröna och vita tak. Elproduktionen från solcellerna kan i många fall bli högre än från solceller monterade på ett svart tak.**

Marknaden för solceller ökar alltmer i Sverige. Tekniken involveras allt tidigare vid om- och nybyggnation. Intresset för gröna och vita tak ökar.

## Gröna tak

Gröna tak är ett samlingsnamn för växter på tak, terrasser och innergårdar. Taken har visat sig kunna bidra till stadsmiljön med biologisk mångfald, renare luft och sänkta bullernivåer. Gröna tak tar upp, fördröjer och avdunstar stora mängder nederbörd, vilket minskar belastningen på dagvattensystemen och risken för översvämningar. Drivkraften för att skapa gröna tak, hänger också ihop med krav i bygglovshandlingar eller miljöcertifieringssystem för byggnader. I takt med förtätningen och utbyggnaden av städer ökar även intresset för ökad växtlighet i städer. Sedumtak är ett bra alternativ som kan bidra till grönare städer.

## Vita tak

Även vita tak har många fördelar. Vita tak reflekterar solens strålar, vilket innebär att temperaturen blir lägre än på svarta tak. Detta kan bidra till högre utbyte från solceller och dessutom sänka behovet av kylning inomhus i byggnader med sparsam takisolering.

## Bra kombination

Det har funnits en felaktig uppfattning om det är svårt att kombinera solceller med gröna och vita tak. Det har visat sig att solceller på gröna tak till och med kan producera mer el än solceller på svarta tak. Det beror på att växternas evapotranspiration (avdunstningsprocess) gör att taket kyls. Det kylda taket leder i sin tur till att solcellerna kan hålla en lägre temperatur och därmed producera mera el. För vita tak blir effekten likartad, men där är det framför allt takets reflexionsförmåga som inverkar och gör taket svalare.

## Platta takytor lämpligast

Platta takytor är den bästa kombinationen för gröna tak och solceller. De lämpligaste monteringssystemen är så kallade upplutade system (10-40 grader), antingen ballastsystem eller sådana som fästs in i taket. Det är inte nödvändigt att investera

SOLEL

i ett skräddarsytt system. Med hjälpa av enklare justeringar, till exempel genom att plocka bort vindskivor, kan man få in ljus på solpanelerna och kan då använda ett av marknadens standardsystem.

## Handbok

Projektet har samlat ihop erfarenheter från befintliga installationer samt lärdomar från studier på området. Det har resulterat i en handbok. Några praktiska råd från handboken:

- Det finns stora fördelar med att anlägga gröna tak och solcellssystem samtidigt eftersom det då går att samordna lyft och taksäkerhet. Det underlättar också monteringen.
- Välj lämplig vegetation och undvik vegetation på ställen som riskerar att skugga solcellerna. Det senare gäller framför allt vid solcellsmodulernas framkant där mycket nederbörd samlas och där vegetationen ofta blir väldigt hög. Där kan det vara lämpligt att lägga en sträng med singel som håller borta vegetationen.
- För att föra in vatten under modulerna, dit nederbörden annars inte når, kan det vara bra att ha så kallade kapilärmattor.

## Lönsamhet och produktion

I projektet har undersökts hur stor produktionsökning som behövs för att en solcellsanläggning på ett grönt och vitt tak ska motivera den högre investeringskostnaden jämfört med en standardinstallation på ett svart tak. Resultaten visar att produktionsökningen ensam inte motiverar en investering i varken gröna eller vita tak om syftet bara är att höja verkningsgraden på solcellerna och om kostnaderna för takytorna allokeras solcellsanläggningen. Däremot, om ett grönt tak redan ligger på plats och en solcellsanläggning eftermonteras kan produktionsökningen potentiellt kompensera för de eventuella merkostnader en solcellsinstallation på ett grönt tak innefattar. Slutsatsen är det blir fortsatt viktigt att ta med alla värden i beräkningen för en satsning på tak där grönytor ska kombineras med solceller.

Vita tak reflekterar solens strålar, vilket innebär att temperaturen blir lägre än på svarta tak. Detta kan bidra till högre utbyte från solceller och dessutom sänka behovet av kylning inomhus i byggnader med sparsam takisolering.

I princip kan alla växter användas på tak, men det gröna takets uppbyggnad måste då anpassas efter växterna. Idag är det vanligast med sedumtak och sedum-ört-tak. Sedumtak består oftast av sedum- och mossarter. Sedum-ört-tak är vanligen semi-intensiva tak som har ett mer ängsliknande utseende än sedumtak. De innehåller vanligen en blandad vegetation av sedum, torktåliga örter och gräs. Bilden ovan visar ett exempel på ett sedum-ört-tak. Bilderna på föregående sida visar ett sedumtak.

**–Solceller på gröna tak till och med kan producera mer el än solceller på svarta tak!**

### Fullständig rapporttitel

Solceller på svarta, vita och gröna tak.
En handbok om miljösmarta tak i Sverige.

### Rapportnummer

2017:383

### För resultaten ansvarar

Anna Bengtssom och Mårten Lind, Solkompaniet

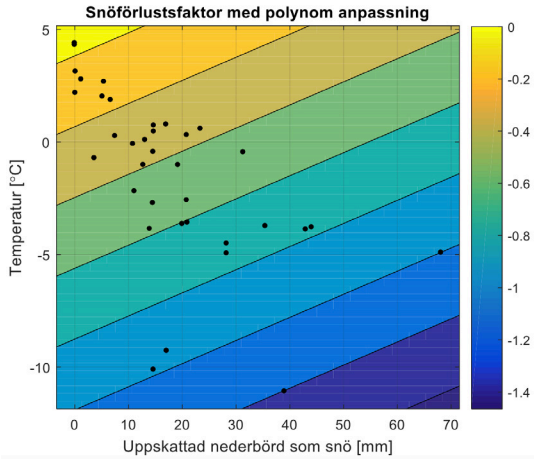
### Vill du läsa mer:

www.energiforsk.se

Energiforsk

**Energiforsk AB** | Org.nr 556974-2116 | Telefon: 08-677 25 30 | Fax: 08-677 25 30 | E-post: kontakt@energiforsk.se
Besök: Olof Palmes gata 31, Stockholm. Nordenskiöldsgatan 6, Malmö | Post: 101 53 Stockholm | www.energiforsk.se

SOLEL




# Räkna med snöförluster i Norra Sverige – första steget mot en beräkningsmodell klar

- **Kunskap om produktionsförluster till följd av snö kan leda till större investeringsvilja och säkrare kalkyler.**
- **Information om hur snön täcker solcellsmoduler ger möjlighet att optimera solcellsanläggningens vinkel och placering, vilket i sin tur kan leda till maximal produktion av el.**
- **I projektet har en preliminär modell utvecklats som fastighetsägare, konsulter och installatörer ska kunna använda vid projektering och optimering av solcellsanläggningar.**

Att kunna förutse produktionsförluster på grund av snö är viktigt för anläggningsägare och potentiella investerare. Ökad förståelse av snöeffekter ger en bättre säkerhet i bedömningen av en investering, vilket kan leda till att fler satsar på solelanläggningar.

Positiva antaganden om elproduktion från solelanläggningar kan ge upphov till "glädjekalkyler" som kan slå tillbaka på framtida satsningar. Risken med att inte att känna till hur snön påverkar produktionen, är att anläggningen optimeras för elproduktion under en period när anläggningen delvis är täckt med snö.

Det är värdefullt att vi får mer exakt kunskap om hur mycket produktionen minskar på grund av snö, eftersom den bedömning då kan göras av hur mycket el som kan produceras på en speciell plats. Produktionsförluster från snö påverkar projektekonomin och återbetalningstiden för solelanläggningen. Kunskapen om hur snö täcker solcellsmoduler på en anläggning (och ökad instrålning från reflektioner på snö i omgivningen) kan användas för att bättre optimera solcellsanläggningarnas vinkel och placering så att anläggningen kan ge maximalt utbyte. Vet man att solcellsmodulerna kommer att vara snötäckta från november till mitten av mars kan man kanske ställa solcellsrader på ett platt tak tätare än vanligt och därmed få plats med flera solcellsmoduler och högre solcellseffekt. För tillverkare av solcellsprodukter är det viktigt med kunskap om vilka faktorer som påverkar snötäckning. På så sätt kan produkter som är mindre känsliga utvecklas.

Målet är att kartlägga vilken påverkan snö har i de norra delarna av Sverige samt koppla informationen till befintliga meteorologiska data. I det här projektet har en modell för beräkning av snöförluster tagits fram. Det är en enkel modell för grov uppskattning av månatliga snöförluster som har skapats som en funktion av medeltemperatur. På sikt ska detta leda till en modell som fastighetsägare, konsulter och installatörer kan använda vid projektering och optimering av en solcellsanläggning.

Projektet bygger på studier av sex takmonterade solcellsanläggningar i Norra Sverige, fördelat över tre geografiska platser: Umeå, Örnsköldsvik och Bleka. Anläggningarna är låglutade, med lutningar mellan 14 och 30 grader, och vetter mot syd och väst i

Umeå samt Örnsköldsvik och mot sydsydväst i Bleka. På plats i varje ort har globalstrålningen i både modulplanen och i horisontalplanet mätts, liksom modultemperatur, lufttemperatur med flera väderparametrar. Två gånger per dygn har anläggningarna fotograferats. Produktionen har loggats. Med hjälp av globalinstrålningen, produktionen och kamerabilderna har en månatlig Performance Ratio beräknats för varje anläggning under snöfria förhållanden. Denna snöfria Performance Ratio används sedan för att beräkna produktionsförlusterna (snöförlusterna) för dygnen med ett (delvis) snötäckt solcellsfält.

Resultaten visar på snöförlustfaktorer upp till 100% per månad och på årsbasis landar snöförlusterna mellan 1,6 % och 3,7 % för vintersäsong 2014–2015 och mellan 4,6 % och 9,8% för vintersäsong 2015–2016. Båda dessa vintrar har varit mindre snörika än klimatmedelvärden. Samtliga snöförlustfaktorer per månad och anläggning har analyserats utifrån de främsta drivande väderparametrarna: lufttemperatur, snömängd och instrålning. Modellen förutsäger att månaderna med medeltemperatur över ca 2,6 °C skulle vara fria från snöförluster, medan månader kallare än 5,6 °C förväntas tappa all produktion. Däremellan ger modellen ett lineärt samband.

Modellen är en stark förenkling av verkligheten som kan förbättras genom att i framtiden även inkludera snömängd och eventuellt globalstrålning i en modell. En polynomfit på lufttemperatur och snömängd har gjorts som ger ett grafiskt verktyg för uppskattning av månadsförlustfaktorn.

Baserat på resultaten och observationerna av snösmältning och avglidning rekommenderas att solcellsanläggningar i Norra Sverige projekteras med solcellsmoduler i ”landscape”-orientering. En större buffertzon för avglidande snö och lutningar över 30°-40° rekommenderas också för att bidra till minskade snöförluster.

Projektets väderstation i Örnsköldsvik.

**Fullständig rapporttitel**
Snöpåverkan på solelproduktion –
Om snöförluster på takanläggningar i Norra Sverige

**Rapportnummer**
**2017:381**

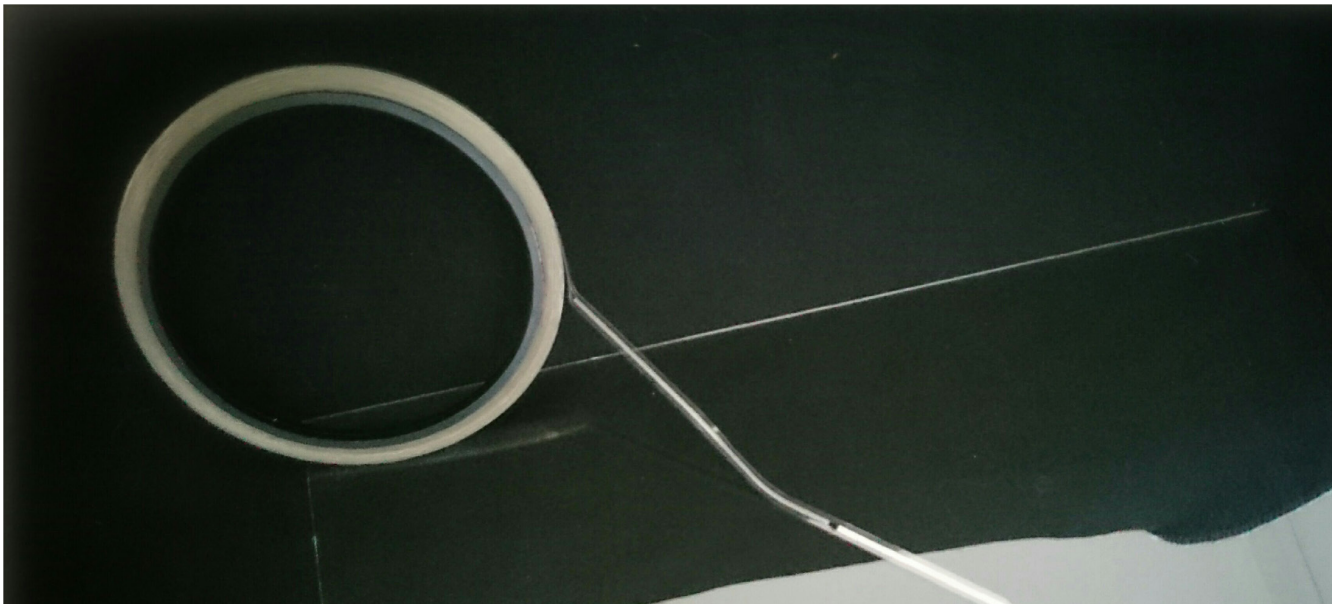
**För resultaten ansvarar**
Michiel van Noord, Torsten Berglund (Esam AB), Mark Murphy (Umeå Universitet, Inst. för tillämpad fysik och elektronik)

**Vill du läsa mer:**
www.energiforsk.se

Energiforsk

**Energiforsk AB** | Org.nr 556974-2116 | Telefon: 08-677 25 30 | Fax: 08-677 25 30 | E-post: kontakt@energiforsk.se
Besök: Olof Palmes gata 31, Stockholm. Nordenskiöldsgatan 6, Malmö | Post: 101 53 Stockholm | www.energiforsk.se

SOLEL



# Billigare solceller med hjälp av specialtillverkad tejp

- **Om den traditionella lödningen som sammanfogar solcelllerna i en modul byts ut mot en specialtillverkad tejp kan produktionskostnaden sänkas rejält.**
- **Med hjälp av tejpen ökas solcellsmodulens livslängd.**
- **Tejpen är kompatibel med befintliga standarder för solceller och moduler.**
- **Genomförda tester visar att solcellsmoduler som sammanfogats med tejpen, uppfyller kraven enligt europeisk standard.**

Tillverkningskostnaden för solcellsmoduler kan sänkas avsevärt om den traditionella lödningen byts ut mot en tejp som sammanfogar enskilda solceller till solcellsmoduler. Tejpen leder till att mängden silver i den grid som samlar in ström från solcellens framsida kan reduceras med mellan 25-50%. Andra fördelar med tejpen är att temperaturen vid sammanfogningen av solcellerna kan sänkas radikalt från ca 240 grader till 150 grader. Det leder till minskad risk för sprickbildning i solcellerna och ökad tolerans mot termisk stress i solcellsmodulen. Sammantaget gör detta att solcellens livslängd ökar, vilket i sin tur ger mer elproduktion och i slutändan ett lägre pris på den producerade solelen.

Den specialutvecklade tejpen är kompatibel med befintliga standarder för solceller och moduler. Tester har utförts av SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut (SP) i Borås samt Fraunhofer ISE i Tyskland. Prestandan är jämförbar med den i standardmoduler.

## Tester

En solcells livslängd är omkring 25 år. Under den tiden utsätts den för mycket stress i form av temperaturskiftningar, fukt och UV-strålning. För att säkerställa att tejpen som används för att sammanfoga solcellerna i modulen är robust nog, har ett antal tester genomförts. Solceller tillverkade med tejpen har testats utifrån den standard för certifiering som finns för solceller, IEC 61215. På detta sätt har solcellerna testats med en iterativ metod som fått resultatet att tejpen har vidareutvecklats. Vid tidigare tillfällen har moduler med tejpen genomgått testerna som damp heat och thermal cycling med mycket goda resultat.

I projektet har modulerna genomgått tester för wet current leakage, hot spot samt humidity freez. Samtliga tester som genomfördes under projektet visade att moduler tillverkade med tejpen klarar kraven i testförfarandet IEC 61215. Testerna visar att tejpen fungerar för att sätta samman solceller och att den uppfyller kraven som gäller för att ge en solcell en lång livslängd.

SOLEL

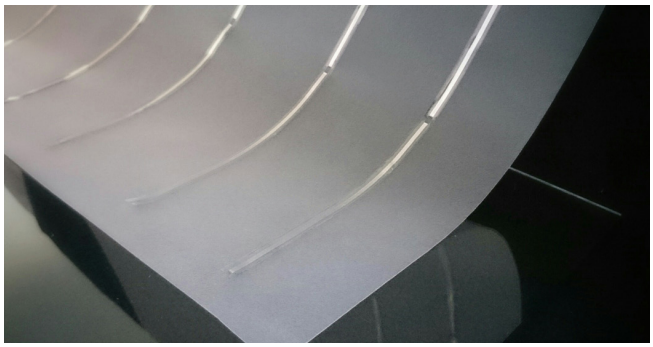
## Finskt samarbete

Under projektet har ett samarbete inletts med den finska tillverkaren av tabbing wire, Luvata. Luvata säljer idag tabbing wire globalt till ca 5GW årlig produktion av solcellsmoduler. Nästa steg blir att tillsammans med Luvata kommersialisera tejpen och att utveckla en automatiserad produktionslösning.

## Holländskt utvecklingsprojekt

Ett utvecklingsprojekt har inletts i samarbete med Energy research Centre of the Netherlands (ECN). ECN utvecklar en metod för att trycka tunna gridmönster på dubbelsidiga solceller. Tester kommer att utföras för att se om tejpen kan användas när dessa celler ska sammankopplas till moduler.

För att effektivisera solcellsmodulernas tillverkningsprocess kan tejpen i förväg appliceras på EVA skikten som då fungerar som kretskort med ledningsbanor.



### GENOMFÖRDA TESTER

• WET LEAKAGE CURRENT TEST

Modulen sänks ner i en saltvattenslösning där en hög spänning, 500V och sedan 1000V, kopplas mellan solcellens kontakter och lösningen. Detta för att simulera överslag då spänningen i de strängar solcellsmodulerna kopplas upp i ofta ligger mellan 800-1000V.

• HOT SPOT TEST

För att simulera den påfrestning som modulen utsätts för vid partiell skuggning utför man hot spot test. När delar av solcellsmodulen skuggas kan det uppkomma hot spots. De delar som skuggas kan inte producera någon ström, men ström tvingas ändå igenom solcellen som skuggas, eftersom solcellerna i modulen är seriekopplade. De skuggade delarna blir då varma och kan skadas. Är till exempel lödningen inte uniform kan det rusa höga strömmar i trånga passager som sedan kan överhettas och gå sönder, så kallade hot spots.

• HUMIDITY FREEZ

Modulerna utsattes för ett klimattest på 10 cykler från -40 ° C ± 2 ° C till 85 ° C ± 2 ° C med 85% RH i enlighet med IEC 61215 §10.12. Humidity freez är utvecklat för att simulera de tuffa förhållanden som solcellsmoduler utsätts för under sin livstid. Sommar med hög värme och luftfuktighet och vinter med kyla, snö och is. Modulernas prestanda karaktäriserades före och efter klimattestet.

**– Tejpen som ger solcellen en lång livslängd!**

## Fullständig rapporttitel

Accelererade långtidsstabilitetstester på solcellsmoduler. En testserie för att utvärdera solceller tillverkade med metod för kostnadsreducering.

## Rapportnummer

2017:378

## För resultaten ansvarar

Jonas Buddgård, JB Ecotech AB

## Vill du läsa mer:

www.energiforsk.se

Energiforsk

**Energiforsk AB** | Org.nr 556974-2116 | Telefon: 08-677 25 30 | Fax: 08-677 25 30 | E-post: kontakt@energiforsk.se
Besök: Olof Palmes gata 31, Stockholm. Nordenskiöldsgatan 6, Malmö | Post: 101 53 Stockholm | www.energiforsk.se

SOLEL

# Kunder och bransch behöver bättre data för tillförlitligare elproduktionsprognoser

- **Branschen efterfrågar tillförlitliga prognosprogram och väderdata för att kunna göra bättre produktionsprognoser.**
- **SMHIs modell STRÅNG ger alltför stora avvikelser i beräknad årlig produktion jämfört med den uppmätta produktionen. Utveckling av modellen krävs.**
- **En ny solkarta behövs. Osäkerheten om solinstrålning på olika platser i Sverige är för stor.**
- **Simuleringsprogrammen behöver utvärderas för svenska förhållanden.**

Intresset för solceller ökar kraftigt i Sverige. Från 2010 till 2015 har priserna för ett nyckelfärdigt solcellssystem minskat med upp till 75%. Installationstakten i Sverige har ständigt ökat sedan 2010. Efterfrågan från branschen om tillförlitliga prognosprogram och väderdata ökar. Behovet att i detalj förstå hur en solcellsanläggning fungerar och vad den kan producera blir alltmer centralt. Den tekniska kunskapen som solcellsanläggningar är relativt väl dokumenterad, men det saknas underlag för att kunna göra noggranna prognoser för elproduktionen.

## Årsproduktion

Målet med projektet har varit att i detalj studera hur stor inverkan den varierade solinstrålningen och lufttemperaturen i Sverige har på årsproduktionen från solcellsanläggningar. Olika prognosprogram och väderdata har utvärderats för att ge mer tillförlitliga elproduktionsprognoser. Både kunder och leverantörer har nytta av att osäkerheterna minskar.

## Solinstrålning

Den årliga solelproduktionen från en solcellsanläggning kan variera 10-13% beroende på solinstrålning just det året. Det ger en relativt stor osäkerhet om man vill ha reda på om en anläggning producerat som förväntat under ett år. Solstrålning och lufttemperatur är avgörande för elproduktionen, och är ibland svåra att bedöma. Solinstrålning bör mätas på plats för bästa noggrannhet. Solstrålningen mäts idag av SMHI vid 18 platser i Sverige. Nätet av mätstationer är glest och SMHI har därför tagit fram STRÅNG-modellen, som beräknar solstrålningen mellan mätpunkterna med en upplösning på 11 x 11 km. SMHI ser nu över

modellen och möjligheter till förbättring diskuteras. Projektets resultat visar att STRÅNG gav alltför stora avvikelser i beräknad årlig elproduktion jämfört med den uppmätta produktionen. Det gör att STRÅNG inte kan anses vara en tillförlitlig metod vad det gäller solinstrålningen i nuläget. Vid simuleringar kan man i de flesta fall använda temperaturdata från närmaste SMHI-väderstation. Variationerna i vindhastighet har så liten inverkan på den årliga solelproduktionen att den inte är viktig att mäta.

## Albedo

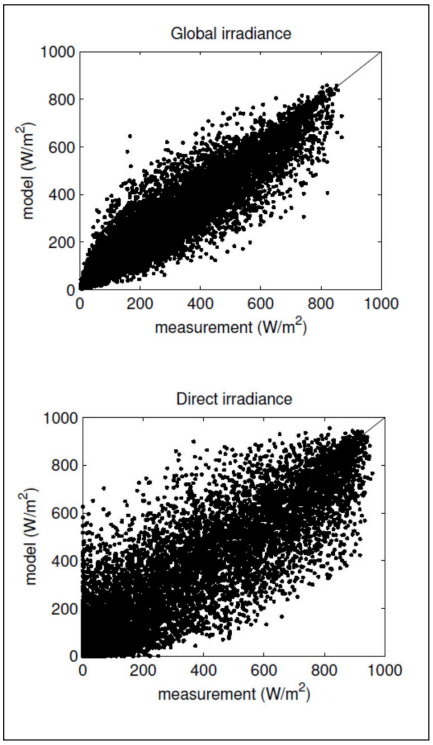
Albedo är ett mått på en ytas reflexion. För normala modullutningar på 30-45 grader ger en avvikelse på +- 0,1 i albedo en förändring av den årliga solelproduktionen med +-0,5 - 1.1%. För fasadmonterade system blir inverkan av albedo betydligt större.

## Utvärderade simuleringsprogram

Tre olika simuleringsprogram har undersökts. PVsyst och Polysun, är program med många parametrar som passar bra för erfarna användare. PVsyst bedömdes som ett mera tillförlitligt program än Polysun. PVsyst kontrollerar matchning mellan komponenter, spänningar, temperatur, strömmar med mera, som det enklare Polysun inte gör. PVGIS är ett gratisprogram och det mest lättanvända av de program som testats i projektet. Programmet gav dock med standardvärden, vanligen alltför låga värden i jämförelse med den verkliga elproduktionen. Simuleringsprogrammen beräknar medelvärden för elproduktionen under en tidsperiod av många år och det går därför inte att använda dem för att utvärdera solelproduktionen för ett givet år.

## Solkarta och ytterligare utvärdering

En noggrannare solkarta för Sverige behöver tas fram snarast. Osäkerheten är alltför stor om solinstrålningen på olika platser i Sverige idag. Simuleringsprogrammen behöver ytterligare utvärderas för svenska förhållanden.




Jämförelse av modellerade timvärden från STRÅNG och uppmätta data från SMHI stationer för global horisontell strålning(överst) och direktstrålning mot en yta med normalen mot solen (underst).

**–Årlig solinstrålning kan variera mellan 10-13 procent. Det gör det svårt att exakt ta reda på vad en solcellsanläggning har producerat under ett år.**

### Fullständig rapporttitel

Elproduktionsutvärdering från solcellanläggningar

### För resultaten ansvarar

Bengt Stridh, Pietro Campana, Tomas Landelius, Sandra Anderssomn, Erik Holm, Mårten Lind

### Rapportnummer

2017: 387

### Vill du läsa mer:

www.energiforsk.se

Energiforsk

Energiforsk AB | Org.nr 556974-2116 | Telefon: 08-677 25 30 | Fax: 08-677 25 30 | E-post: kontakt@energiforsk.se
Besök: Olof Palmes gata 31, Stockholm. Nordenskiöldsgatan 6, Malmö | Post: 101 53 Stockholm | www.energiforsk.se

SOLEL

# Ett enkelt program för att göra översiktliga beräkningar kring solelsystems lönsamhet

- **Solelekonomi låter dig ställa in de viktigaste parametrarna som inverkar på ett solcellssystems elproduktion och ekonomi och kör en simulering baserad på dessa parametrar.**
- **I programmet kan geografisk plats, systemkomponenter och en elanvändningsprofil väljas.**
- **Simuleringen ger information om instrålning, elproduktion, användning och utbyte med elnätet per månad. Utifrån denna information kan en detaljerad ekonomisk analys göras.**
- **Programmet kan laddas ner från Energiforsks hemsida.**

Programmet Solelekonomi är en beräkningsmodell för solcellsystem. Tanken är att den ska som användas tidigt i projekteringsfasen för att ge en snabb bedömning av elproduktion och ekonomi hos ett system.

## Möjligt att ange de viktigaste parametrarna

Beräkningsmodellen är ett simuleringsprogram där de viktigaste parametrarna som inverkar på ett solcellssystems elproduktion och ekonomi kan ställas in. Modellen gör sedan en simulering baserad på dessa parametrar. Simuleringen görs på timbasis över ett år. De instrålningsdata som används i modellen kommer från SMHIs databas STRÅNG. Schablonmässiga timprofiler över elanvändning för några typiska svenska slutanvändare används för att beräkna solelens matchning mot elbehovet.

## Detaljerad ekonomisk analys

I programmet kan geografisk plats, systemkomponenter och en elanvändningsprofil väljas. Simuleringen ger information om instrålning, elproduktion, användning och utbyte med elnätet per månad. Utifrån denna information kan en detaljerad ekonomisk analys göras.

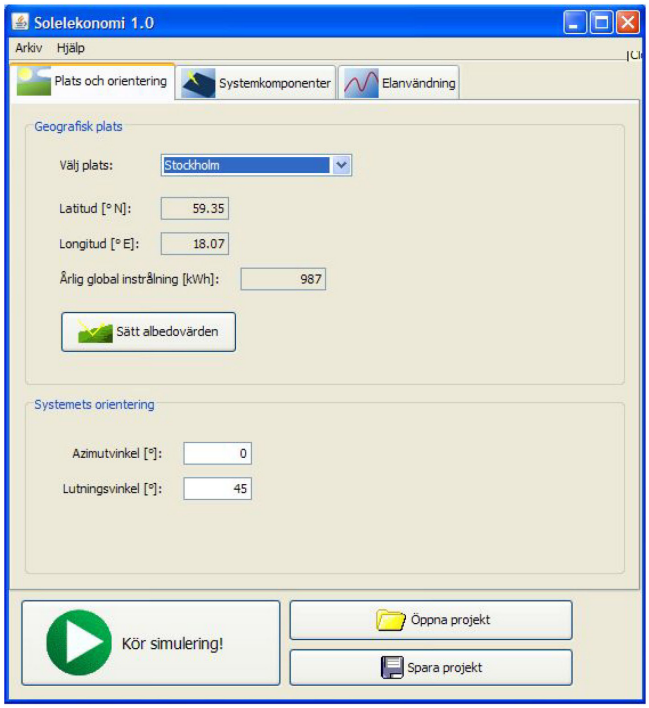
SOLEL

De solelanläggningar som installeras idag kommer att ha en fysisk livslängd på omkring 30 år. Det är därför centralt för det ekonomiska utfallet att beslut om utformning av systemen tar hänsyn till de faktorer som har en avgörande betydelse för anläggningens elproduktion och ekonomi. Sådana faktorer är till exempel instrålning, systemets orientering, elförbrukningens storlek och profil, systemkomponenternas kostnad, marknadsvärdet för el samt möjligheten till investeringsstöd och avräkning för producerad el. Användaren kan i modellen lägga in alla dessa parametrar och på så sätt få en tillförlitlig optimering av både små och stora solcellsanläggningar.

Resultat från beräkningarna har jämförts både med mätningar på svenska solcellssystem och med det kommersiella verktyget PVSYST 4.1. Slutsatsen är att modellen ger mycket realistiska respektive nästan identiska resultat med andra program på marknaden.

## SOLEKONOMI

Programmet kan laddas ned från Energiforsks hemsida (www.energiforsk.se) och köras på egen dator. För att kunna köra programmet måste man ha programmet Java installerat, detta kan laddas ned kostnadsfritt från internet. Vi har tyvärr inte möjlighet att erbjuda någon support på programmet.




Programmet är uppbyggt kring ett huvudfönster där val av data och inställningar görs. När simuleringen körs skapas ett nytt fönster som visar resultatet av simuleringen och ger användaren möjlighet att göra en ekonomisk analys.

**– Ett enkelt simuleringsprogram som fungerar som ett komplement till mer avancerade kommersiella verktyg.**

### Fullständig rapporttitel
Beräkningsprogrammet Solekonomi

### Rapportnummer
10:103

### För resultaten ansvarar
Joakim Widén, Uppsala Universitet

### Vill du läsa mer:
www.energiforsk.se

Energiforsk

Energiforsk AB | Org.nr 556974-2116 | Telefon: 08-677 25 30 | Fax: 08-677 25 30 | E-post: kontakt@energiforsk.se
Besök: Olof Palmes gata 31, Stockholm. Nordenskiöldsgatan 6, Malmö | Post: 101 53 Stockholm | www.energiforsk.se

SOLEL

# Event för nya solcellsidéer

- **Solar Hackathon, ett årligen återkommande event för att få fram nya solenergilösningar.**
- **En internationell tävling med tvärvetenskaplig inriktning.**
- **FN:s globala utvecklingsmål står på programmet.**

Hackathon är en metod som länge använts inom IT-branschen för att finna nya idéer för solenergilösningar. Idéer som genom nya produkter, processer, affärsmodeller, samarbetsformer etc kan bidra till energiomställningen. Tanken är att skapa ett årligen återkommande event med start i Göteborg 2018 och sedan etablering i full skala år 2021, när Göteborg fyller 400 år. Arbetsnamnet på eventet i Göteborg är *Gothenburg International Greentech Hackathon*. Långsiktigt är målet att medverka till svensk marknadstillväxt och ökat företagande inom bland annat solenergi.

## Pilothackathon

Ett pilothackathon genomfördes i Göteborg i november 2016. Intresset var stort och många frågade efter en fortsättning. 11 lag deltog med bidrag som till exempel en ny valuta kallad *Suncoin*, en ny webbplats, Solcellskollen, där husägare ska kunna räkna ut hur lönsamt det är att sätta solceller på sitt tak och webbplatsen *Ett soligt Göteborg* där fastighetsägare kan göra en snabb bedömning av lönsamhet och utseende av solceller på fasaden.

## Gothenburg International Solar Hackathon

Erfarenheterna från piloteventet har tagits tillvara och förberedelserna för ett event med start 2018 och etablering i full skala år 2021, har inletts. Ett av målen är att få fram globala hållbara lösningar. För det krävs nationella och internationella deltagare med erfarenheter från flera olika områden. Det är viktigt att de tävlande deltagarna får möjlighet att samarbeta i nya tvärvetenskapliga konstellationer. Det är också centralt att locka aktörer som kan bidra till att utveckla de idéer som kommer fram. Viktiga grupperingar är:

- Problemägare & potentiella kunder
  - Städer
  - Industrier & företag
  - Politiker
  - Myndigheter
- VC-bolag
- Bidragsgivare och företrädare för offentlig innovationsfinansiering
- Företrädare för det regionala, nationella & globala innovationssystemet
- Inkubatorer & acceleratorer

Centralt för eventet är att det ska bidra till innovation. Det är därför viktigt att innovatörer och entreprenörer för möjlighet att pröva sina tankar och idéer på framförallt potentiella kunder, men också andra intressenter som partners, leverantörer och inte minst finansiärer.

## Temaområden

Nyttan med eventet ökar markant om det också kopplas till andra aktuella utmaningar som till exempel transporter, byggande och

stadsplanering eller mer icke tekniska utmaningar som integration och segregation. FN:s globala utvecklingsmål erbjuder en bred ram för möjliga utmaningar och har i projektet bland annat lyfts som en möjlighet att förankra eventet internationellt.

## Färdplan mot 2021

- Genomföra ytterligare intervjuer och möten med relevanta aktörer inom sol/greentech, men också med regionalt västsvenskt näringsliv och näringslivsutveckling i Sverige i allmänhet.
- Ett förslag på en organisationsmodell har tagits fram och i ett nästa steg planerar man att etablera en professionell projektorganisation som med stöd av ett antal centrala aktörer ska föra konceptet vidare.

Projektet föreslår att Gothenburg International Greentech Hackathon byggs upp steg för steg genom årligen återkommande, successivt växande event. Målet är att i samband med att Göteborg firar 400 år 2021, landa i ett fullskaligt idéevent. Arrangemanget byggs upp kring tre olika moment: Tävling, Konferens/ Kunskapsspridning och Utställning/ Labb/ Workshops. För att etablera eventet internationellt föreslås bland annat en förturné.

Fyra organisationer har medverkat i studien: RISE, Chalmers Ventures, Business Region Göteborg och Hållbar Utveckling Väst.

Värdefulla erfarenheter inför en fortsättning inhämtade från ett pilotevent"SOLution Göteborg" med Göteborg Energi som värd. Elva lag tävlade under 24 timmar om flera fina priser.

SOLution Göteborg

**– Ett event som ska bidra till energiomställningen!**

### Fullständig rapporttitel
Solar hackathon från idé till genomförande

### För resultaten ansvarar
Peter Kovács, RISE

### Rapportnummer
2017:381

### Vill du läsa mer:
www.energiforsk.se

Energiforsk

**Energiforsk AB** | Org.nr 556974-2116 | Telefon: 08-677 25 30 | Fax: 08-677 25 30 | E-post: kontakt@energiforsk.se
Besök: Olof Palmes gata 31, Stockholm. Nordenskiöldsgatan 6, Malmö | Post: 101 53 Stockholm | www.energiforsk.se

SOLEL

Watt-s
SOLENERGI – FÖR EN RENARE VÄRLD

# Solceller för alla

- **Tjänsten Watt-se. erbjuder privatpersoner att bli delaktiga i energiomställningen, genom att köpa några watt solcell, på ett tak med solceller i närområdet.**
- **Mikrofinansiering av solceller gör att alla kan delta i utbyggnaden av solceller.**
- **Fler fastigheter utrustas med solceller till följd av att privatpersoner köper Watt-s.**
- **Forskning visar att en investering i solceller ofta leder till ett större miljöengagemang.**

Alla borde få möjlighet att känna glädjen i att producera solel, oavsett boendeform och inkomstnivå. Det är utgångspunkten för en ny affärsmodell, där alla får möjlighet att investera i solel. Det sker genom ett mikrofinansieringskoncept där man köper enskilda watt solcell.

## Ökad utbyggnad av solceller

Projektet vill bidra till solcellsutbyggnaden i Sverige genom att göra det möjligt för alla att medverka. Även de som inte bor i villa eller ett flerbostadshus med solceller, kan ta en aktiv roll i omställningen till ett hållbart samhälle.

## Fastigheter i närområdet

Solcellerna installeras på fastigheter i närområdet och den producerade elen används lokalt i fastigheten. Tjänsten erbjuder privatpersoner att köpa en eller flera watt installerade solceller. Priset är lågt, 20 kr/w vid köp av 3W och kunden får feedback på produktionen och en årlig återbäring som kan ges till välgörande ändamål eller bli till mer solceller. Pengarna som kommer in från försäljning går till nya installationer.

## Ökat miljöengagemang

I projektet undersöks intresset för den här typen av tjänster för att se i vilken mån de kan öka intresset för fler installationer i kundernas närhet och om intresset för energifrågor ökar. Forskning visar att aktiva prosumenter är mer energimedvetna. Det leder i sin tur till att fler bör få möjligheten att bli både konsumenter och producenter. Tjänsten Watt-s gör det möjligt för fler att både konsumera och producera, även om det är i liten skala. Solceller är enkla att förstå och identifiera sig med – därför är det just solceller som Watt-s erbjuder.

SOLEL

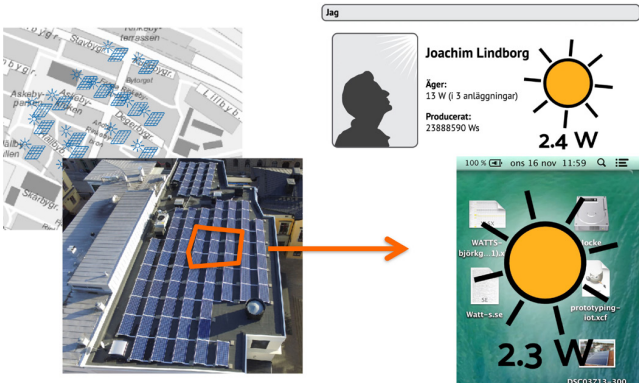
Ihus solcellsanläggning på Björkgatan 4 i Uppsala.

## Installationer

Tillsammans med fastighetsägaren Ihus har en solcellsanläggning satts upp i Uppsala. Det är en medelstor anläggning på 31500 W max effekt. Det finns 30 000 watt för kunder att investera i. Gensvaret har varit stort och cirka 20 000 watt har sålts hittills. Ihus ser samarbetet med tjänsten Watt-s som en viktig satsning och hoppas att den ska  öka mängden installerade solceller i företagets fastigheter. Engagemanget ingår i Uppsala Kommuns strategier för att öka mängden installerade solceller i kommunen.

## Slutsatser

Tjänsten har idag enbart en "göra gott"-koppling och fungerar som en kompensationstjänst. Det är svårt att få ihop ekonomin med en investering som ger vinst. Tjänsten behöver förbättras på några punkter. Ett framtida mål om att kunna garantera pengar tillbaka. Det skulle kunna leda till ett ökat intresse hos privatpersoner. Det finns redan idag många företag som ger watt i gåva till sin personal. Studien visar att kunder som idag har tjänsten är positiva och säger att de upplever sig som prosumenter. Upplevelsen av att kunna påverka andra genom att ge bort watt-s upplevs också som positiv. Watt-s har på ett år gått från en idé till en välfungerande tjänst. Baserat på feedback har förändringar och tester genomförts för att utveckla tjänsten. Projektet visar att gåvor och produktionsfeedback kan skapa en upplevelse av mikroandelsägd solenergi. En teknisk lösning har tagits fram som med nära på feedback i realtid kan visualisera produktion och även relatera det till egen användning. Genom ett öka engagemang kan tjänstleda till många fler solceller monteras, inte bara genom tjänsten watt-s utan också i egna anläggningar.




Tjänsten Watt-s är enkel, du erbjuds att köpa en eller flera watt:
– När du köper en Watt är du en del av förändringen av energisystemen på jorden. För varje Watt vi installerar åt dig så måste en annan sluta producera en miljöskadande Watt, och på det sättet ändrar vi på hela världens energisystem. Istället för att köpa en solpanel med 3360W för 69 990 kronor kan du hos Watt-s ge någon du gillar 3W för 60 KR!

Kopplingen mellan solcellers produktion och användningen av el är mycket viktig del av upplevelsen  http://watt-s.se

**– Som Watt-s ägare kan du peka på din solcell och vara förvissad om att du bidrar till en mer hållbar värld!**

### Fullständig rapporttitel

Watt för watt – solceller till alla

### För resultaten ansvarar

Joachim Lindborg, Lindborg systems

### Rapportnummer

2017:377

### Vill du läsa mer:

www.energiforsk.se

Energiforsk

Energiforsk AB | Org.nr 556974-2116 | Telefon: 08-677 25 30 | Fax: 08-677 25 30 | E-post: kontakt@energiforsk.se
Besök: Olof Palmes gata 31, Stockholm. Nordenskiöldsgatan 6, Malmö | Post: 101 53 Stockholm | www.energiforsk.se

SOLEL

# Modeller för solenergiplanering i städer

- **Med hjälp av modeller kan uppskattningar göras av hur mycket solel som kan produceras i en stad.**
- **Ett sensornätverk konstruerades för att samla in instrålningsdata var femte minut.**
- **Byggnader som är lämpade för solceller kan kartläggas med hjälp av Lidar-data.**
- **De framtagna modellerna kan användas av kommuner och andra organisationer för energiplanering.**

Under de senaste decennierna har vi fått en stor ökning av nätanslutna solcellssystem i världen. Det betyder att framtidens städer inte bara kommer att vara lastcentra, de kommer också att bli stora nettoleverantörer av elkraft. Stora mängder förnybar el i kraftsystemet kommer att leda till utmaningar för både distributions- och transmissionsoperatörer.

Lokalt kan den momentana totala effekten från utspridda solsystem orsaka spänningshöjningar, problem med omvänt effektflöde och överbelastade komponenter. Behovet av snabb effektbalansering och en förstärkning av transmissionsnätet påverkas av variationerna i framtida solkraft och den geografiska utbredningen.

## Medelstor svensk stad

Projektet har studerat variationen i solkraft över en geografisk skala om 1-10 km, vilket motsvarar utbredningen av en medelstor svensk stad. Projektets syfte har varit att utveckla metoder för att uppskatta variationerna i solelproduktion från byggnadsapplicerade solcellssystem i städer.

## Hur mycket solel kan en stad producera?

Projektet har tagit fram modeller för att ta fram den totala produktionen av solel i en stad. Framtida solelproduktion i Uppsala, Sverige, analyseras i scenarier baserade på kommunens angivna mål för solel om 30 MW installerad effekt år 2020 och 100 MW år 2030. Modellerna används för att karakterisera den totala solelproduktionen i staden vad gäller genomsnittlig dygns- och säsongsvariation, sannolikhet för olika momentana produktionsnivåer och förändringar i effekt över olika tidshorisonter.

## Sensornätverk

I Uppsala konstruerades ett sensornätverk som användes för att samla in värden för solinstrålning var femte minut under ett år. Solinstrålningsvärdena samlades in via 24 solmätare monterade vid 13 olika solcellssystem runt om i Uppsala. Statistiska modeller anpassades efter de mätdata som samlats in och användes sedan tillsammans med simuleringsmodeller för solcellsystem för att karaktärisera mängden solel som produceras i staden.

SOLEL

## Världen över

Modellen som har utvecklats i projekt kommer att kunna användas världen över eftersom den kan generera tillförlitliga solinstrålningsdata för godtyckliga uppsättningar av geografiskt utspridda solcellssytem.

## Kartläggning av var solceller bäst kan monteras

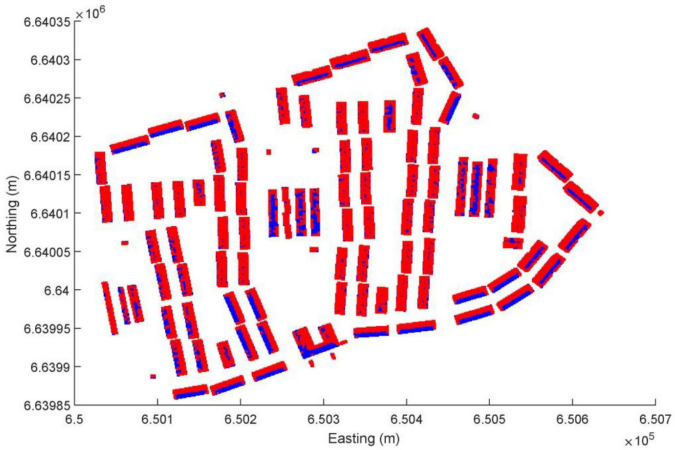
Fallstudien för Uppsala stad omfattar en kartläggning av vilka byggnader i staden  där solceller med fördel kan monteras. Kartläggningen görs via Lidar-data, vilket ger ett mycket detaljerat underlag för simuleringarna.

## Resultat

Simuleringsresultaten som utförts i Uppsala visar att variationerna i solinstrålning är små om hela staden tas med i beräkningen, i jämförelse med solinstrålningen på en enskild plats, där risken för höga effekter är mer påtaglig.

## Användning

Data, modeller och resultat från projektet kommer att kunna användas av kommuner och andra organisationer för energiplanering. Informationen kan också användas för att ta fram solbruksplaner och solkartor. Operatörer kan använda modeller och data för planering och drift av elnät med höga andelar solkraft. De här tillämpningarna är alla intressanta för framtida forskning och utveckling.




Figur 1: Ett exempel på ett bostadsområde fotograferat uppifrån i Uppsala (överst). Bilden under visar samma område baserat på Lidar-data. De röda formerna visar på byggnader som har en årlig solinstrålning under 1000 kWh/m², och de blå en solinstrålning över 1000 kWh/m².

**– Stora mängder förnybar el i kraftsystemet leder till nya utmaningar i städer!**

## Fullständig rapporttitel

UpScaleSolar – Stora mängder solceller kan ge kraftiga effektvariationer

## För resultaten ansvarar

Joakim Widén, Gustav Elfving, Emil Jansson, Joakim Munkhammar, David Lingfors

## Rapportnummer

2017:388

## Vill du läsa mer:

www.energiforsk.se

Energiforsk

**Energiforsk AB** | Org.nr 556974-2116 | Telefon: 08-677 25 30 | Fax: 08-677 25 30 | E-post: kontakt@energiforsk.se
Besök: Olof Palmes gata 31, Stockholm. Nordenskiöldsgatan 6, Malmö | Post: 101 53 Stockholm | www.energiforsk.se

# SLUTRAPPORT SOLELPROGRAMMET

Här har vi samlat syntesartiklar och resultatblad från de 15 projekt som har ingått i Solel mellan 2013 och 2017. Solel är ett tillämpat program för forskning och utveckling som har drivits i olika etapper i närmare 20 år för att öka användningen av solceller, främja svenskt näringsliv och för att öka kunskapen om solcellsanläggningar.

Som ett led i programmets arbete med kommunikation och resultatspridning har Energiforsk i samarbete med Energimyndigheten valt att ta fram fem syntesartiklar som på ett populärvetenskapligt sätt sammanfattar, tydliggör och för ut resultaten från forskningen. Rapporten innehåller också ett förklarande resultatblad från varje projekt. Du som blir intresserad av något resultat är välkommen att gå in på energiforsk.se och läsa mer om resultat och ny kunskap från forskningen i Solel.

Vi gör energivärlden smartare!

Genom samarbete och dialog bedriver vi energiforskning så att ny kunskap skapar värde för näringsliv, kunder och samhället i stort. Vi är det naturliga navet i energiforskningen – en opartisk aktör till nytta för framtidens energisystem.

Energiforsk

**Energiforsk AB** | Org.nr 556974-2116 | Telefon: 08-677 25 30 | Fax: 08-677 25 30 | E-post: kontakt@energiforsk.se
Besök: Olof Palmes gata 31, Stockholm. Nordenskiöldsgatan 6, Malmö | Post: 101 53 Stockholm | www.energiforsk.se