

Hållbara energisystemlösningar inom solenergiområdet

- Beslutsguide, installations- och
driftserfarenheter samt upphandlingsrutiner



**Bosse Wikensten
Åsa Wahlström**

Göteborg, januari 2016

Förord

I samband med implementering av det omarbetade direktivet om byggnaders energiprestanda och det nu kommande energieffektiviseringsdirektivet sätts allt större krav på egenproducerad energi. Samtidigt kommer nya applikationer av produkter som kan utöka användningsområdet för solenergi och de senaste åren har kostnaderna för solcell minskat rejält. Flera medlemmar inom BeBo har uttryckt ett intresse att tillämpa olika former av solenergiteknik, främst solcell - särskilt i samband med renovering av flerbostadshus men också för nybyggnad och andra typer av byggnader.

Föreliggande rapport syftar till att dra erfarenheter av gjorda installationer och bidra med hjälp i form av checklistor och upphandlingsunderlag.

Den första delen av projektet, framtagande av upphandlingsrutiner och beslutsguide vid val mellan solvärme och solcell, har utförts av Åsa Wahlström, Stefan Aronsson och Peter Filipsson, CIT Energy Management och Charlotta Winkler, WSP.

Arbetet med erfarenheter från installationer har genomförts av Bosse Wikensten på CIT Energy Management med stöd av Jan-Olof Dalenbäck, Chalmers/Svensk Solenergi och Stefan Aronsson och Åsa Wahlström, CIT Energy Management. Vi vill särskilt tacka Henrik Lindberg, Lunds kommun samt Vanja Månberg och Stefan Weddmark, Bostadsbolaget i Göteborg, som har tillhandahållit mätningar på deras anläggningar och bidragit med värdefull information till projektet.

Bosse Wikensten & Åsa Wahlström
Göteborg i januari 2016

Sammanfattning

Solcellspaneler har minskat kraftigt i pris de senaste åren. Av olika anledningar har intresset för att producera sin egen el ökat. För några år sedan identifierades i BeBo-rapporten "Hållbara energisystemlösningar inom solenergiområdet" behov av

- beslutsguide vid val mellan solvärme och solel
- installations- och driftserfarenheter för solenergi, främst solel
- förbättrade upphandlingsrutiner

Föreliggande arbete har haft ambitionen att tillgodose dessa behov. En beslutsguide har tagits fram. Två solcellsanläggningar har studerats utifrån installations- och driftserfarenheter och förbättrade upphandlingsrutiner föreslås.

Beslutsguiden avser att hjälpa en fastighetsägare att avgöra om solel eller solvärme är mest lönsamt under givna förutsättningar. Med hjälp av guiden får fastighetsägaren ett bättre underlag för att gå vidare med en fortsatt upphandling av solenergi. Guiden är ett enkelt Excel-verktyg och kan tillhandahållas via BeBo (www.bebostad.se).

De två solcellsanläggningar som studerats är Lunds kommuns installation på Fäladshallen i Lund och Bostadsbolagets testanläggning i Göteborg. Installationen i Lund består av 500 m² polykristallina solceller, med lutningen 15° (mot horisontalplanet), hälften är riktade mot öster och hälften mot väster. Installationen i Göteborg är en testanläggning, med fem grupper av solceller om vardera 10 m². Av dessa grupper är en riktad mot söder med 45° lutning, två mot sydost respektive sydväst med 10° lutning (nästan horisontellt) och två mot sydost respektive sydväst med 90° lutning (vertikalt).

Installationserfarenheterna är övervägande positiva. Leverantörer och installatörer, såväl som fastighetsägare har goda erfarenheter av solcellsinstallationer. Den viktigaste erfarenheten är att följa takets lutning (trots något sämre verkningsgrad) vid installation för att undvika vindlaster.

Driftserfarenheterna är också övervägande positiva. Några driftserfarenheter:

- Horisontella eller nästan horisontella solpaneler gynnas av s.k. diffus solinstrålning och ska därför ses som goda alternativ till söderläge med 45° vinkel.
- Ta reda på byggnadens elanvändning över dygnet och försök matcha behovet (om möjligt). Alternativet är att överväga möjligheter till lagring (batterier) eller export till elnätet.

Innehållsförteckning

Sammanfattning.....	2
Innehållsförteckning.....	3
1 Inledning	4
2 Beslutsguide	5
3 Installations- och driftserfarenheter, solex.....	7
3.1 Installationserfarenheter	7
3.1.1 Lunds kommun	7
3.1.2 Bostadsbolaget, Göteborg.....	9
3.1.3 Allmänna installationserfarenheter	9
3.2 Driftserfarenheter av elproduktion och elanvändning	10
3.2.1 Lunds kommun	10
3.2.2 Bostadsbolaget, Göteborg.....	12
3.2.3 Allmänna driftserfarenheter	27
4 Förbättrade upphandlingsrutiner	28
4.1 Förbättrad kravspecifikation, solex.....	28
4.2 Checklista, solex	28
5 Slutsatser, kommentarer och tankar	31
Referenser.....	33
Bilaga 1: Beslutsguide.....	1
Bilaga 2: Sammanställning av Bostadsbolagets månatlig produktion i olika väderstreck och lutning.....	1
Bilaga 3: Upphandling av solvärmeanläggning för befintliga flerbostadshus	1
Bilaga 4: Upphandling av solexanläggning för befintliga flerbostadshus	4
Bilaga 5: Exempel på verklig kravspecifikation från upphandling av solexanläggning.....	8

1 Inledning

2012 gjordes en nulägesanalys med titeln "Hållbara energisystemlösningar inom solenergiområdet" (Wahlström et al., 2012). Rapporten konstaterar att för en snabbare implementering av solenergi i befintliga flerbostadshus finns behov av en samlad kunskap med syfte att ge en ökad kompetens, särskilt hos beställare. Den samlade kunskapen bör innehålla:

- Beslutsguide: Guide för beslut vid val av solenergi (el eller värme).
- Förbättrade upphandlingsrutiner: Kravspecifikation och mall för anbudsfrågan, samt rutiner för enkel upphandling av både solel och solvärme, i kommande renoveringsprojekt.
- Installations- och driftserfarenheter: Dokumenterad kunskap om vilken kompetens som behövs i beställarorganisationen vid installation och vid drift och underhåll.

2013 utfördes delar av arbetet med att ta fram en samlad kunskap. En beslutsguide togs fram, och även kravspecifikationer för solvärme och solel. Bedömningen var att kravspecifikationen särskilt för solel behövde förbättras med hjälp av erfarenheter från fler installationer. Vidare behövdes en checklista tas fram – en checklista med aspekter att beakta vid upphandling av solelanläggningar. Slutligen behövdes fortsatt erfarenhetsåterföring från installation och drift. Fortsatt arbete har därför fokuserat på solel.

Föreliggande arbete har:

- Samlat erfarenheter beträffande installation och drift av solelanläggningar med fokus på matchning av produktion och användning av fastighetsel.
- Tagit fram en förbättrad kravspecifikation för solel.
- Tagit fram en checklista med aspekter att beakta vid upphandling av solelanläggningar

Solvärme är också aktuellt i vissa sammanhang – kanske främst i biobränsle-eldade bostadshus och för produktion av fjärrvärme i samråd med fjärrvärmebolag och fastighetsägare. Solvärme har dock inte studerats vidare i detta arbete. Den senaste tiden har mycket sagts och skrivits om lagring av el, men lagring har inte studerats i detta arbete.

2 Beslutsguide

Vid övervägande att installera solenergi är det viktigt att tänka igenom vad man har för motiv, behov och möjligheter.

Motiv kan vara:

- Ekonomiska aspekter
- Miljömässiga aspekter
- Självförsörjning
- Lagkrav på byggnadens köpta energi
- Andra aspekter

Behov kan vara:

- El
- Tappvarmvatten
- En kombination av el och tappvarmvatten
- Kyla

Beträffande behov behöver man också beakta lagring av el, värme och/eller möjligen kyla. Beslutet om lagring beror på flera faktorer, som lagerkostnad, utrymme och förluster. I detta projekt har huvudfokus varit matchning av elproduktion med elanvändning, varvid lagringsaspekten inte studerats.

Möjligheter kan vara:

- Tillgänglig yta (tak, fasad, mark, övrigt) som finns i lämpligt väderstreck (sydost till sydväst), med lämplig lutning (20°-60°) och utan skuggning.
- Tillgänglig hållfasthet (takstolar etc.)

Nulägesanalysen "Hållbara energisystemlösningar inom solenergiområdet" (Wahlström et al., 2012) konstaterade att tekniken för solenergi är väl utvecklad och det finns gott om bra exempel som installerats av erfarna installatörer. Montagesystem finns för alla typer av tak och alla regioner i världen. Det finns med andra ord inga tekniska hinder för mer utbredd installation av solenergi i befintliga flerbostadshus.

De nya kraven på energieffektivitet och den förändrade kostnadssituationen (främst för solel) ger ett ökat intresse för solenergi. Studien konstaterade dock att beställaren (fastighetsägaren) inte visste riktigt vad han skulle fråga efter och konsulterna hade inte tillräcklig förståelse för beställarnas förutsättningar vid val av solel eller solvärme. Om anläggningen dessutom ska leverera energi till ett fjärrvärmenät eller elnät så behövdes också kunskap om till exempel trepartstillträde. Med andra ord är det många frågor som ska beaktas vid val av solel eller solvärme. Entreprenörer hade sällan kunskap om både solel och solvärme, vilket gör det svårt för beställarna att få det underlag som behövs för att kunna fatta rätt beslut för den specifika byggnaden. För att fastighetsägaren ska kunna veta hur och till vem en anbudsfrågan ska ställas för att få en rätt dimensionerad anläggning

behöver fastighetsägaren först göra ett val mellan solex och/eller solvärme som passar den specifika byggnaden.

I projektet har därför en enkel beslutsguide tagits fram som hjälper fastighetsägaren att välja mellan solvärme och/eller solex utifrån ekonomiska aspekter och byggnadens energibehov. Beslutsguiden finns tillgänglig hos BeBo. För en översikt, se bilaga 1.

3 Installations- och driftserfarenheter, solel

Sedan föreliggande arbete påbörjades har flera solcellsanläggningar installerats, och erfarenheter finns från såväl installation som drift. Beträffande solvärme har inte mycket hänt de senaste åren. Fokus i detta arbete är installations- och driftserfarenheter för solel.

De solelanläggningar som har utgjort basen för studier av installations- och driftserfarenheter är en anläggning installerad av Lunds kommun och en anläggning installerad av Bostadsbolaget i Göteborg, som installerat solcellspaneler i olika väderstreck. Vidare har erfarenheter erhållits från Svensk Solenergi, Solar Test Bed, Solelprogrammet och diskussioner med Jan-Olof Dalenbäck.

Detta avsnitt bygger på intervjuer av deltagande projektansvariga i Lund och Göteborg, samt tal med medlemmar i branschorganisationen Svensk Solenergi samt webb-material och rapporter.

Erfarenheter från detta projekt visar att det är viktigt att ha en engagerad ansvarig person (anställd eller konsult) som följer hela projektet, från idé till uppföljning av installation, funktion och produktion.

3.1 Installationserfarenheter

3.1.1 Lunds kommun

I Lund har man lagt solcellspaneler på en idrottshalls tak. Solcellerna ligger i fyra sektioner med en växelriktare per sektion. Tre av de fyra sektionerna har kinesiska solceller, och en sektion har tyska solceller.



Bild 1: Solceller på Fäladshallen, Lunds kommun

Lunds kommun har medvetet velat visa att man använder solceller, och eftersom solpanelerna inte syns på taket har displayer använts. Nedan visas foton från ett par av dessa displayer, samt en bild från en dataskärm och en bild från en växelriktare.



Bild 2: Att visa solelproduktion avser att öka intresset. Exempel från Lunds kommun.

De främsta erfarenheterna från installationen i Lund är:

- Bra samarbete med erfaren konsult var av stort värde, inte minst på grund av ett internt personalbyte.
- Installatören var bra (Norden Solar, som installerade såväl de kinesiska som de tyska sektionerna).

Fakta om installationen i Lund:

- Ca 500 m², polykristallina solceller med total topp effekt på 74 kW, varav 216 kinesiska moduler (ET 250 W) fördelade på 3 växelriktare och 72 tyska (Centrosolar 250 W) på 1 växelriktare (SMA STP 15000TL-10).
- Placering: Stativ på idrottshallens plana tak.
- Fäste: Ballast – ingen genomföring.
- Vindskyddat av takkant.
- Väderstreck: rakt öster & rakt väster.
- Lutning: ca 14-15°.
- Användare: Skola & idrottshall (fastighets- och verksamhetsel).
- Leverantör: Norden Solar.
- Konsult: Bertil Andersson, ÅF Solceller.
- Mätning: Pyranometer (solinstrålningsmätare).

3.1.2 Bostadsbolaget, Göteborg

För att kunna studera hur mycket solexponering som produceras i olika väderstreck och lutning har Bostadsbolaget i Göteborg installerat solcellspaneler enligt följande:

- Mot sydost, nästan horisontellt (lutning 10° mot horisontalplanet, följer takets lutning).
- Mot söder, 45° lutning (mot horisontalplanet).
- Mot sydväst, nästan horisontellt (lutning 10° mot horisontalplanet, följer takets lutning).
- Mot sydost, 90° lutning (mot horisontalplanet), alltså utmed en vägg.
- Mot sydväst, 90° lutning (mot horisontalplanet), alltså utmed en vägg.



Bild 3: Några av Bostadsbolagets solpaneler & växelriktare i Göteborg

De erfarenheter man dragit av installationen är:

- Räkna inte med bidrag, utan se bidrag som en bonus. Tidsödande administration irriterar.
- Täck eget elbehov. På så sätt undviks administration vid leverans av el ut på nätet.
- Tänk till angående väderstreck och lutning kontra eget behov.
- Dubbelkolla risk för skuggning. Detta missades i projektet trots medvetenhet om risken (se bild 4 nedan).

3.1.3 Allmänna installationserfarenheter

Erfarenheterna från Lund och Göteborg överensstämmer med allmänna erfarenheter, som:

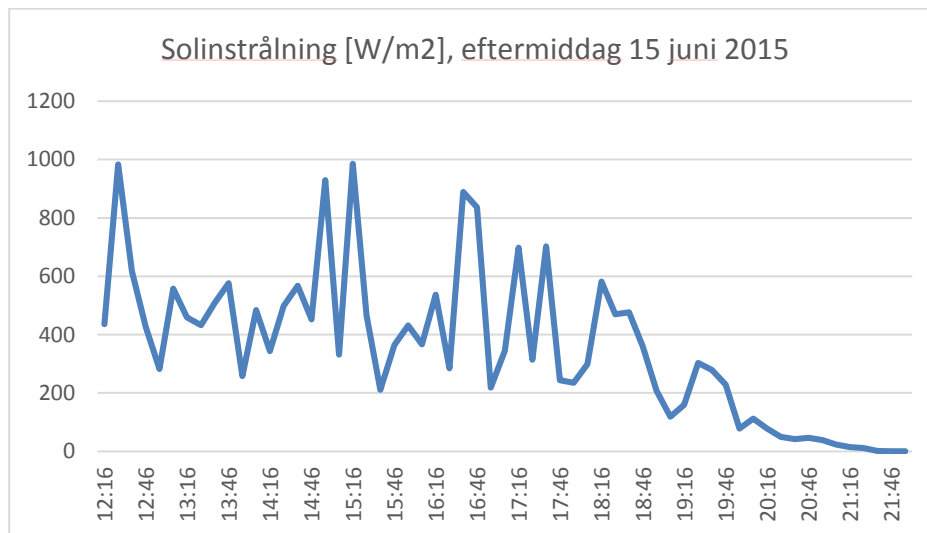
- Leverantörer och installatörerna är överlag pålitliga, och har under de senaste åren fått erfarenhet genom många installationer. Detta visar även Elforsk-rapporten 2015:126: "Erfarenheter från medelstora solcellsinstitutioner".
- Installationer under senare år har även givit fastighetsägare erfarenheter. Referenser kan bland annat fås via Solelprogrammet och Svensk Solenergi.
- Solcellspanelerna bör följa takets lutning. Vindlast kan få ödesdigra konsekvenser. Om byggnaden har ett platt tak är lätt vinklade solceller med barlast att föredra, förutsatt att taket klarar tyngden av solcellspaneler och barlast.
- Dubbelkolla att solpanelerna inte skuggas. Ta gärna hjälp av ett solbanediagram.

- Om inte lagring (batterier) installeras bör den egna elanvändningens timvärden studeras för att så långt som möjligt kunna matcha solcellernas produktion mot den egna elanvändningen.

3.2 Driftserfarenheter av elproduktion och elanvändning

3.2.1 Lunds kommun

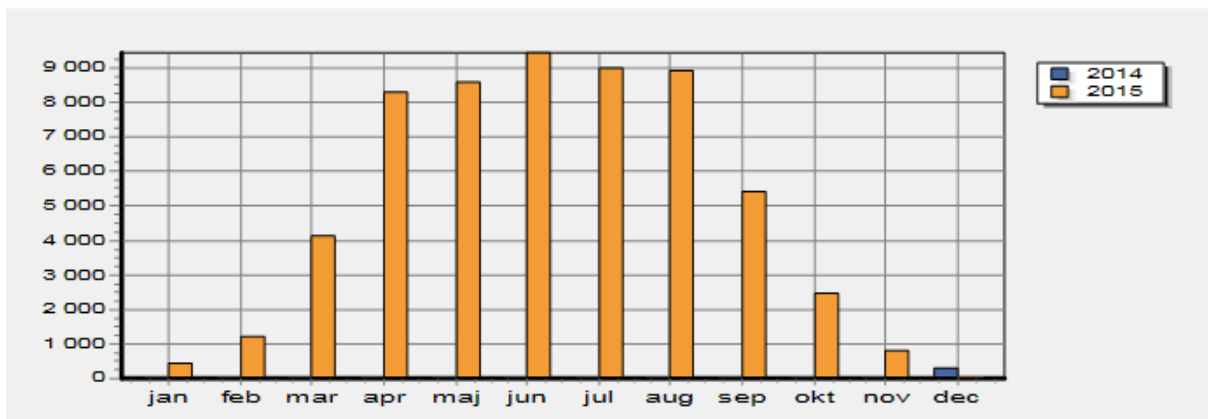
I Lund har man en pyranometer (solinstrålningsmätare) installerad, och nedan inkluderas en bild över variationer i solinstrålning under en sommareftermiddag. Värdena är representativa för en junidag med omväxlande sol och moln. Under juni 2015 var maximalt värde för solinstrålningen vid mätpunkten i Lund 1000 W/m².



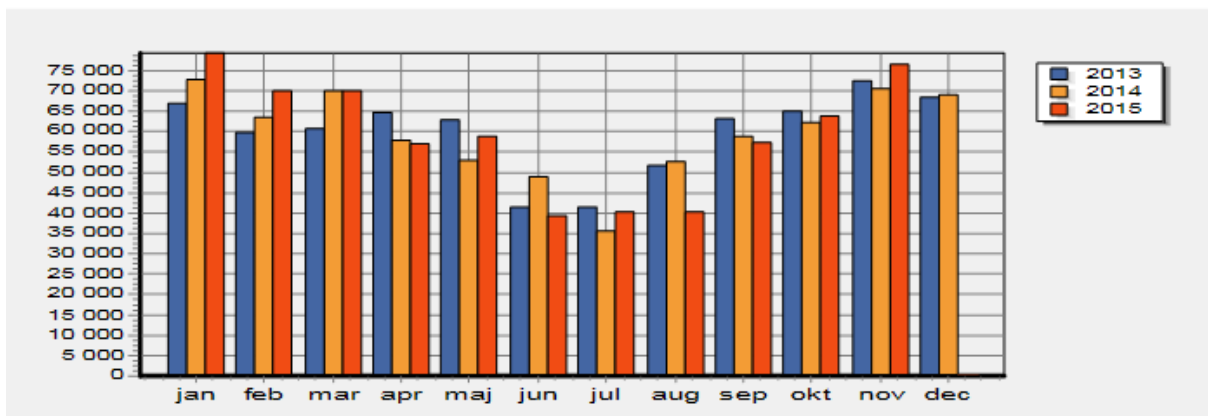
Figur 1: Exempel på solinstrålning [W/m²] vid Fäladsgården i Lund, eftermiddagen den 15 juni 2015.

Analys av solcellernas verkningsgrad (kvoten mellan produktion och solinstrålning) visar att den varierar mellan 10 och 16 % med ett medelvärde på 13 % under en solig junidag. Det kan inte direkt jämföras med verkningsgrader angivna i produktblad eftersom pyranometern här är horisontellt placerad och solcellerna har en lutning på ca 14-15°. Produktbladen anger 15,2 % för de tyska och 15,4 % för de kinesiska solcellerna. Analysen indikerar dock att solcellerna fungerar väl enligt tillverkarnas specifikationer.

Månatlig elproduktionen under 2015 och inköpt el under 2013-2015 åskådliggörs nedan.

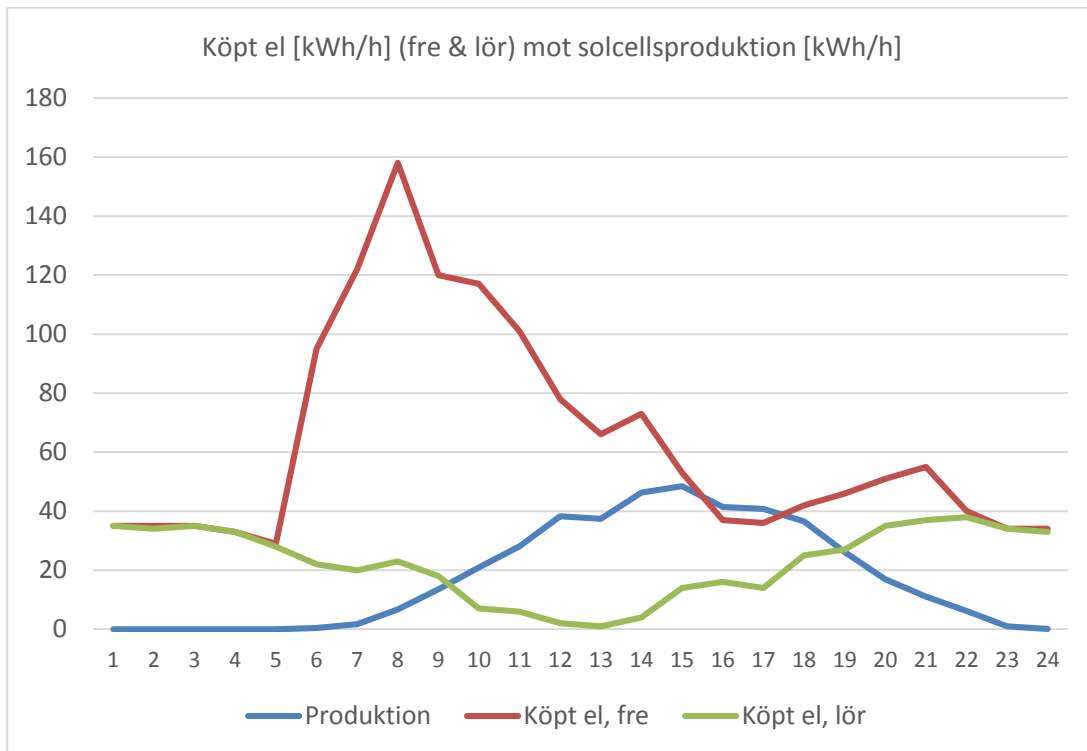


Figur 2: Månatlig solcellsproduktion (kWh), 2015



Figur 3: Månadsvis inköpt el (kWh), 2013-2015

Under juni, juli och augusti är produktionen ungefär 9000 kWh per månad medan inköpt el ligger mellan 35 000 och 50 000 kWh per månad. Enligt Lunds kommun har vid varje enskild timme produktionen varit lägre än den egna användningen. Timvisa värden för juni 2015 har analyserats vilket visas i figur 4 (timvis elproduktion under ett genomsnittsdyn i juni tillsammans med inköpt el en fredag och en lördag). Exemplet visar att ingen el behövdes köpas in under lunchtid på lördagen, dvs soleanläggningen kunde förse byggnadens hela elbehov. I juni är produktionen relativt hög samtidigt som verksamheten är i full gång. Analys av timvis inköpt el i juli och augusti visar att enstaka timmar då ingen el köps in förekommer i några fall och vid två tillfällen upp till två timmar i rad. Elproduktion utöver byggnadens elbehov kan därmed anses vara ytterst liten.



Figur 4: Produktion timvis under ett genomsnittsdrygn och köpt el en fredag och en lördag i juni 2015.

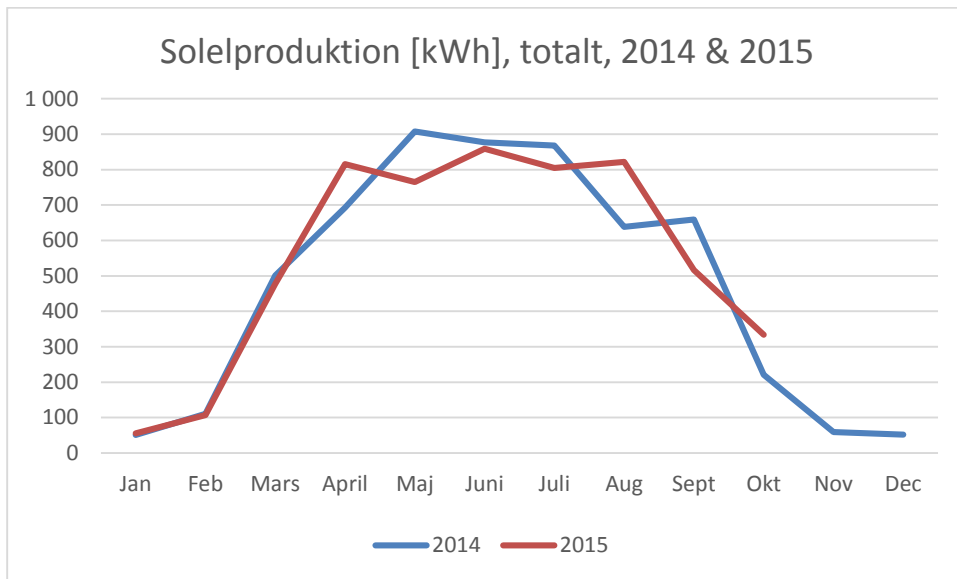
Lunds kommuns mätningar visar vidare att de kinesiska och tyska modulerna har givit samma elproduktion per kvadratmeter solcell. Detta bekräftar den allmänna erfarenheten att skillnaden i produktion mellan olika moduler är liten. En annan erfarenhet är att panelerna behöver tvättas rena från fågelspillning då regn inte är tillräckligt då panelernas lutning är liten.

3.2.2 Bostadsbolaget, Göteborg

I projektet har lagring av el inte varit aktuell, varför det varit av vikt att studera matchning mellan produktion och användning. Användningen har begränsats till fastighetsel, då det blir mer komplext för fastighetsägaren att ta hänsyn till hushålls- eller verksamhetsel. Fastighetsel inkluderar i detta projekt all el fastighetsägaren normalt betalar för, således inklusive tvättstuga.

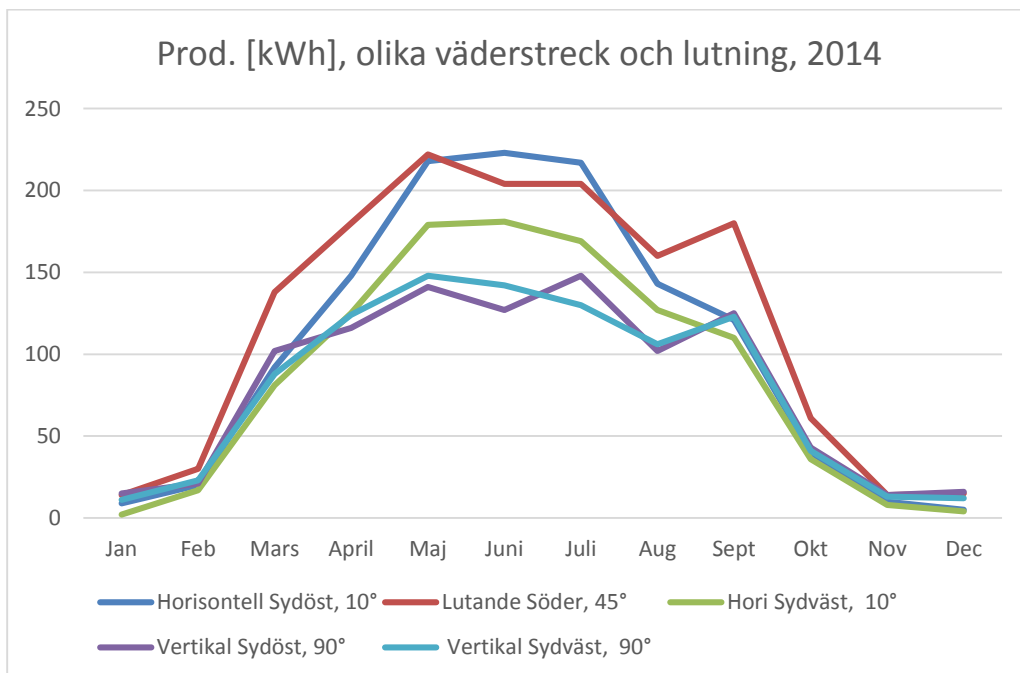
3.2.1.1. Månatlig produktion

Nedan redovisas den totala, månatliga solelproduktionen för 2014 och 2015. Data återfinns i bilaga 2.

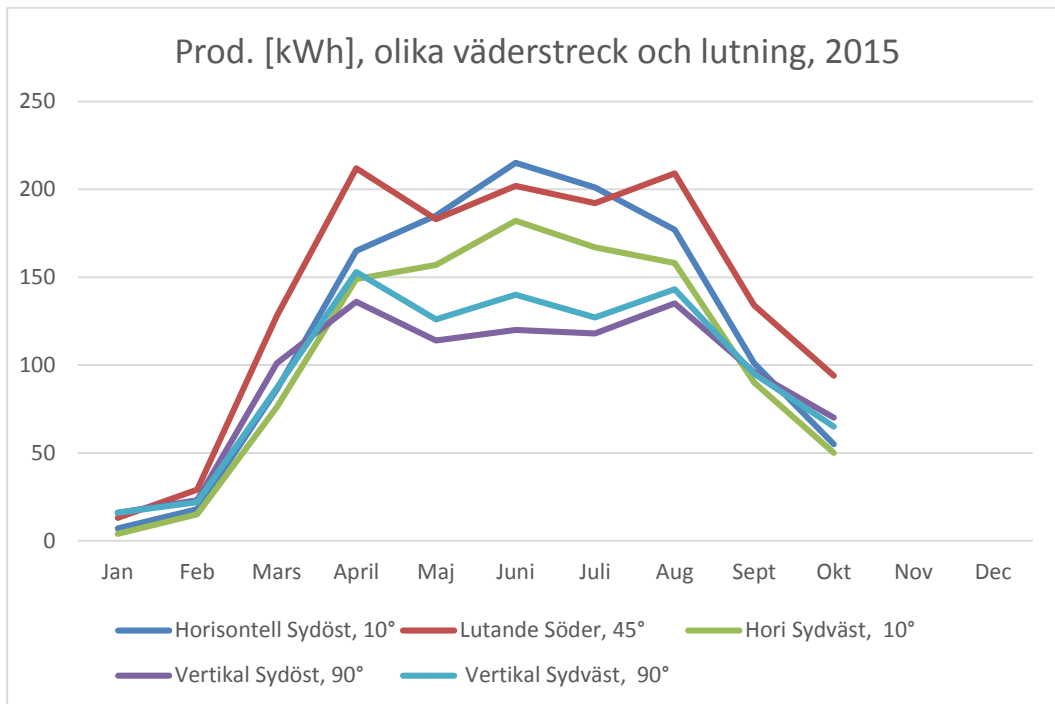


Figur 4: Total månatlig solelproduktion 2014 och 2015.

Figur 4 visar väderberoende variationer i produktionen mellan 2014 och 2015. Störst var produktionsskillnaden mellan åren under augusti och september.



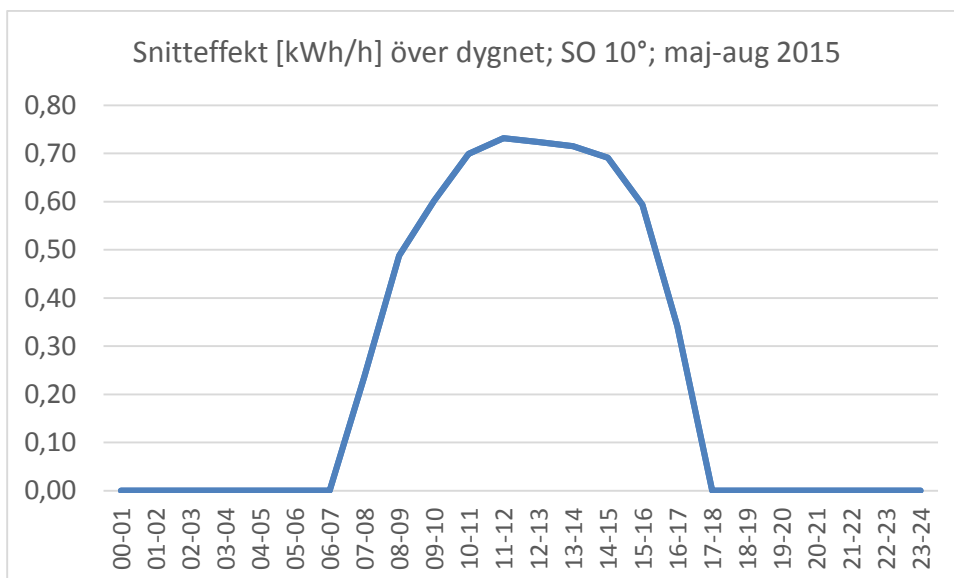
Figur 5: Månatlig solelproduktion 2014 fördelad på de olika panelerna



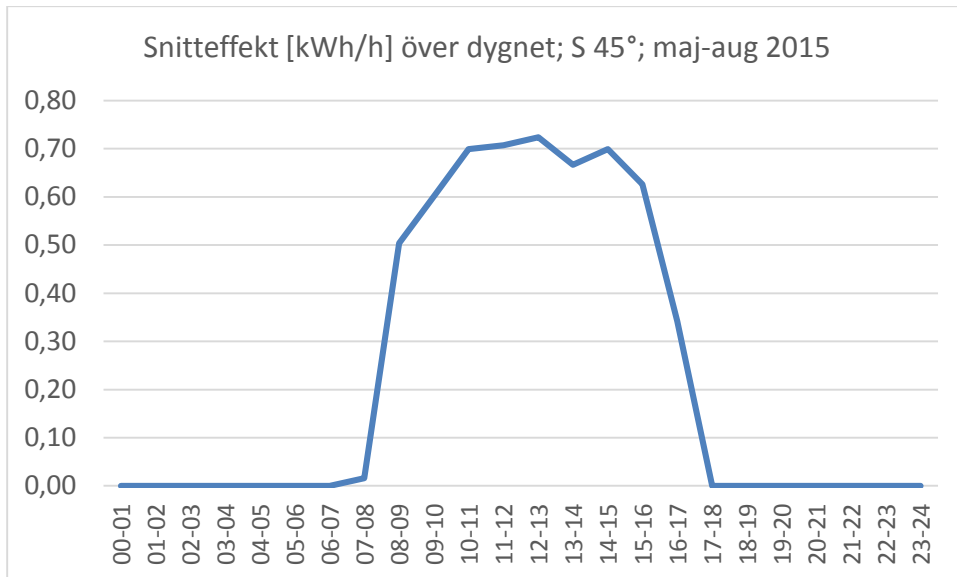
Figur 6: Månatlig solelproduktion 2015 fördelad på de olika panelerna

3.2.1.2 Snittproduktion över dygnet, maj-augusti 2015, olika väderstreck

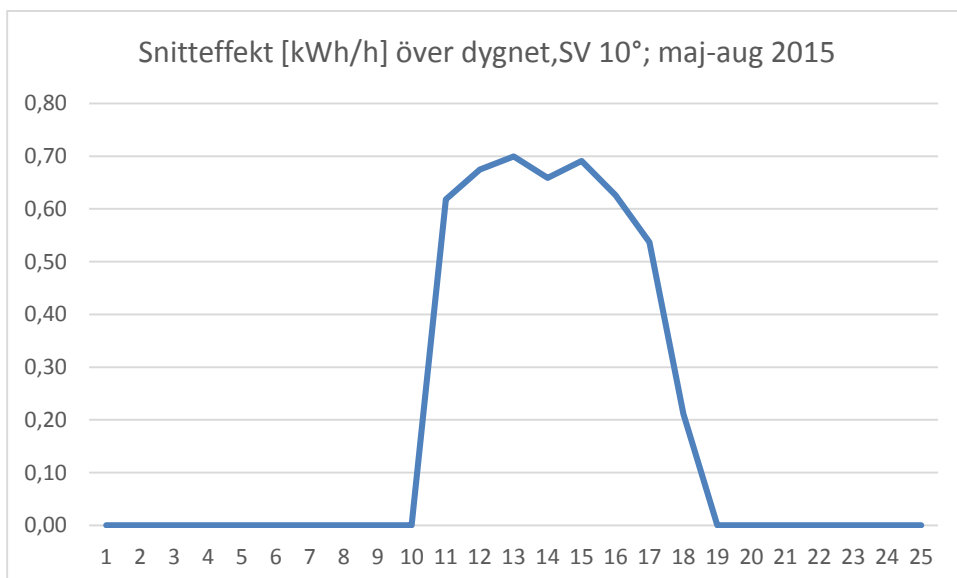
Sommaren 2015 har använts som underlag. Genomsnittet av produktionen alla dygnets timmar under perioden 1 maj till och med 31 augusti har ritats upp. Syftet är inte att visa maxvärden, utan snarare vilka tider på dygnet som produktion sker, för att sedan se hur produktionen bäst kan matchas med fastighetselens användningsprofil.



Figur 7: Produktion från paneler i sydost (SO), nästan horisontellt läge (10° lutning). Produktionen har börjat kl 7 på morgonen och slutat kl 18.



Figur 8: Produktion från paneler i söder, lutning 45°. Produktionen har börjat kl 7 på morgonen och slutat kl 18.

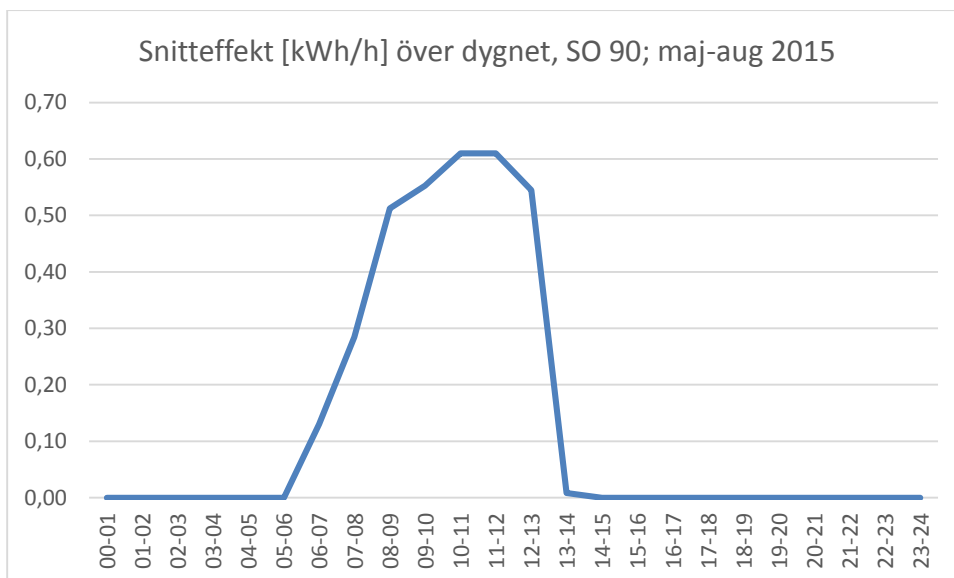


Figur 9: Produktion från paneler i sydväst (SV), nästan horisontellt läge (10° lutning). Produktionen har börjat kl 10 på morgonen och slutat kl 19.

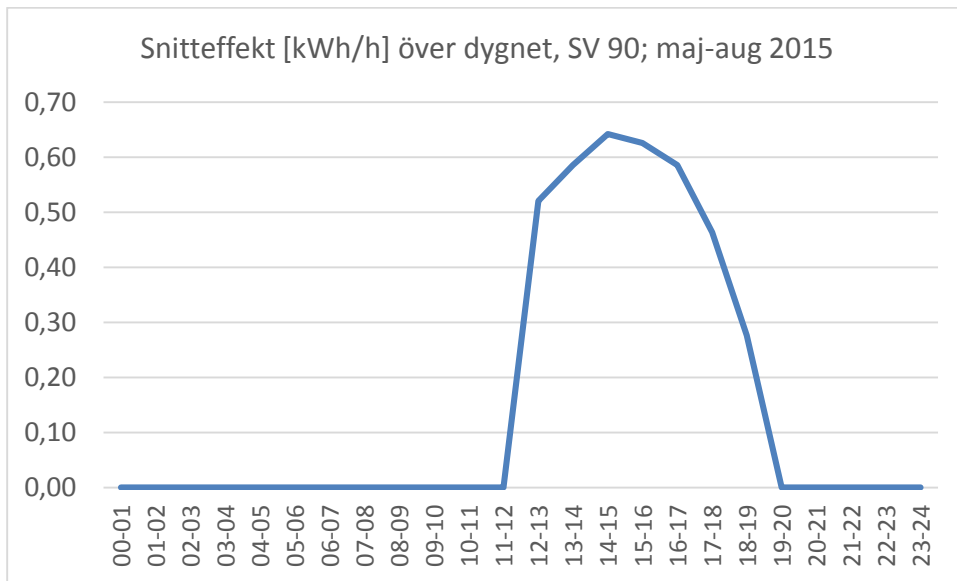
Jämfört med de nästan horisontella panelerna i sydost (Figur 7) har elproduktionen för panelerna i sydväst som förväntat börjat något senare och slutat senare (Figur 9). Notera dock att produktionen inte börjar förrän kl 10 för sydvästpanelerna. Förklaringen är skuggning under morgontimmar, vilket visas i bild 4.



Bild 4: Skuggning av nästan horisontella solpaneler i sydväst under morgontimmar, vilket reducerade dessa panelers elproduktion.

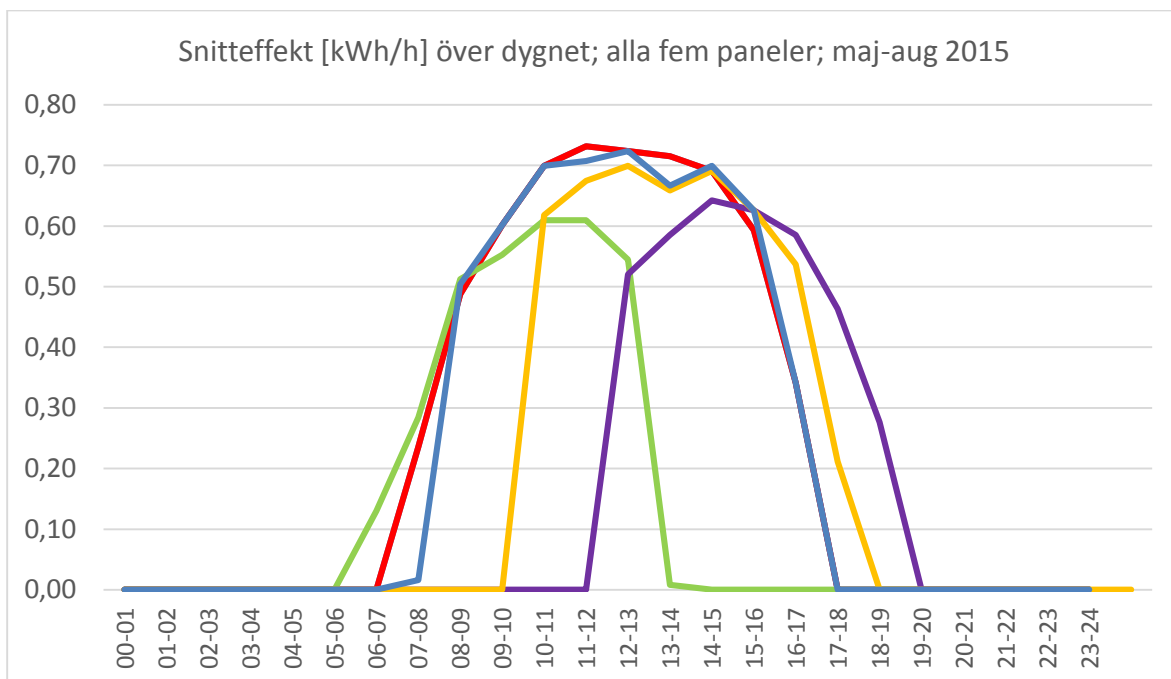


Figur 10: Produktion från paneler i sydost (SO), vertikal placering (90° lutning). Produktionen har börjat kl 5 på morgonen och slutat kl 14.



Figur 11: Produktion från paneler i sydväst (SV), vertikal placering (90° lutning). Produktionen har börjat kl 11 på förmiddagen och slutat kl 20.

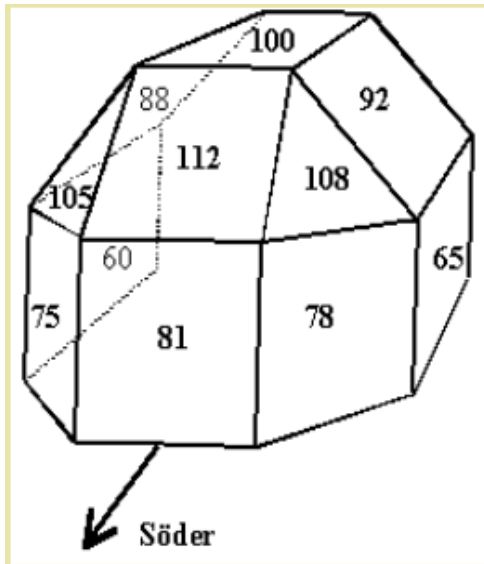
I figur 12 nedan har diagrammen från figurerna 7-11 lagts samman i ett diagram.



Figur 12: Produktion från de olika placerade panelerna i samma diagram. (Röd: Sydest 10°; Blå: Söder, 45°; Gul: Sydväst 10°; Grön: Sydest, 90° (vertikal); Lila: Sydväst, 90°(vertikal))

Figurerna ovan visar att man får ganska mycket produktion med liggande (nästan horisontella) paneler i sydost- respektive sydvästläge. Produktionen är också hög för de lutande panelerna i söderläge. Erfarenheten visar att solceller i sydost och sydväst med 25°-

55° vinkel (mot horisontalplanet) producerar nästan lika mycket el som solceller rakt i söder med 45° vinkel. Detta åskådliggörs i ett par figurer nedan.



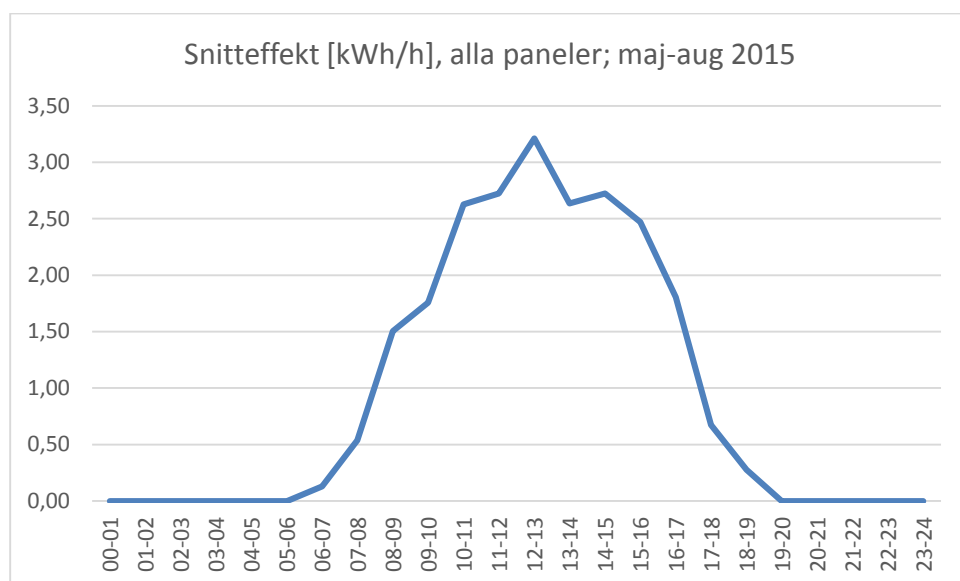
Figur 13: Solinstrålningen i procent av globalstrålningen mot några olika orienterade och lutade ytor. Globalstrålning, definition: Solinstrålningen mätt mot horisontella ytor
Källa: Solel-programmet

Västerås Bengt Stridh 2013-04-12

Lutning	Öster									Söder									Väster	
	-90	-80	-70	-60	-50	-40	-30	-20	-10	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	
Vertikalt 90	52	57	61	65	68	71	73	74	75	75	75	74	72	70	68	64	60	56	51	
85	56	61	65	69	73	75	78	79	80	80	79	78	77	75	72	68	64	60	55	
80	59	64	69	73	77	80	82	83	84	84	84	83	81	79	76	72	68	63	58	
75	63	68	72	77	80	83	85	87	88	88	88	86	85	82	79	75	71	66	61	
70	65	71	75	80	83	86	89	90	91	91	91	90	88	85	82	79	74	70	65	
65	68	73	78	82	86	89	91	93	94	94	94	92	91	88	85	81	77	72	67	
60	71	76	80	85	88	91	94	95	96	96	96	95	93	90	87	84	79	75	70	
55	73	78	82	87	90	93	95	97	98	98	98	96	95	92	89	86	81	77	72	
50	75	80	84	88	91	94	96	98	99	99	99	98	96	94	91	87	83	79	74	
45	76	81	85	89	92	95	97	99	100	100	99	98	97	95	92	88	84	80	75	
40	78	82	86	90	93	96	97	99	100	100	100	99	97	95	92	89	85	81	77	
35	79	83	87	90	93	95	97	99	99	100	99	98	97	95	92	89	86	82	78	
30	80	83	87	90	92	95	96	98	98	99	98	97	96	94	92	89	86	83	79	
25	80	83	86	89	92	94	95	96	97	97	97	96	95	93	91	89	86	83	80	
20	81	83	86	88	90	92	93	94	95	95	95	94	93	92	90	88	86	83	80	
15	81	83	85	87	89	90	91	92	92	92	92	92	91	90	88	87	85	83	81	
10	81	83	84	86	87	88	88	89	89	89	89	89	88	88	86	85	84	83	81	
5	82	82	83	84	84	85	85	86	86	86	86	86	85	85	84	84	83	82	81	
Horisontellt 0	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	

Figur 14: Soldiagram med utgångspunkt från optimalt väderstreck och optimal lutning (söder, 40°). Diagrammet visar solinstrålning som andel av den optimala i olika väderstreck och lutningar. Källa: Bengt Stridh

Solinstrålning består av direkt och diffus solinstrålning ("himmelstrålning"). Då solen står i zenit är den direkta solinstrålningen maximal. Den direkta instrålningen minskar i atmosfären genom partiklar och moln och övergår istället till diffus instrålning. När himlen är helt molntäckt är all instrålning diffus. Eftersom en horisontell yta "ser" en större del av himlen än en lutande, så blir inverkan av den diffusa strålningen större på en horisontell än på en vertikal yta. Detta är en av anledning till att en liten vinkel (nära horisontalplanet) i sydväst och sydostläge producerar relativt mycket el, som figurerna ovan också visat. I Sverige svarar den diffusa solinstrålningen för ungefär hälften av den årliga solinstrålningen, medan andelen är betydligt lägre i sydligare länder med en starkare direkt solinstrålning.



Figur 15: Produktion från samtliga paneler.

I figur 15 visas dygnsprofil av den totala elproduktionen för samtliga paneler. Placeringen av solcellerna ger att elproduktionen är störst vid mitten av dagen. Om man har en sådan här produktionsprofil, och det egna behovet är lägre än produktionen under mitten av dagen, är det naturligt att överväga lagring eller export ut till elnätet.

3.2.1.3 Dygnsprofiler för fastifhetsel

En att matcha elproduktion mot byggnadens elanvändning har timvärden för fastighetsel erhållits ur Göteborgs Energis datasystem för sju av Bostadsbolagets byggnader i Göteborg. Fastighetselanvändning har studerats beträffande följande aspekter:

1. Ventilationstyp.

- a. Självdrag (S)
- b. Frånluft (F)
- c. Från- och tilluft med värmeåtervinning (FTX).

Elanvändningen är naturligtvis lägst med självdrag och högst med FTX.

2. **Tvättstuga eller inte.** Normalt räknas inte el till tvättstugor in i fastighetselen, men eftersom den ofta ligger på samma mätare som fastighetselen kan producerad solel

även användas till tvättstugor. Tvättstugor (framför allt torktumlare och torkrum) använder mycket el. En hypotes var att det finns skillnad i tvätt- och torkanvändning mellan vardagar och helgdagar, varför var- och helgdagar även har studerats separat.

3. Hiss eller inte

Tabell 1: Studerade byggnader med olika bidragande elanvändare i fastighetselen¹.

Nr	Ventilationstyp	Tvättstuga	Hiss
1	S	Nej	Nej
2	F	Nej	Nej
3	S	Ja	Nej
4	F	Ja	Nej
5	F	Ja	Ja
6	FTX	Nej	Ja
7	FTX ²	Nej	Ja

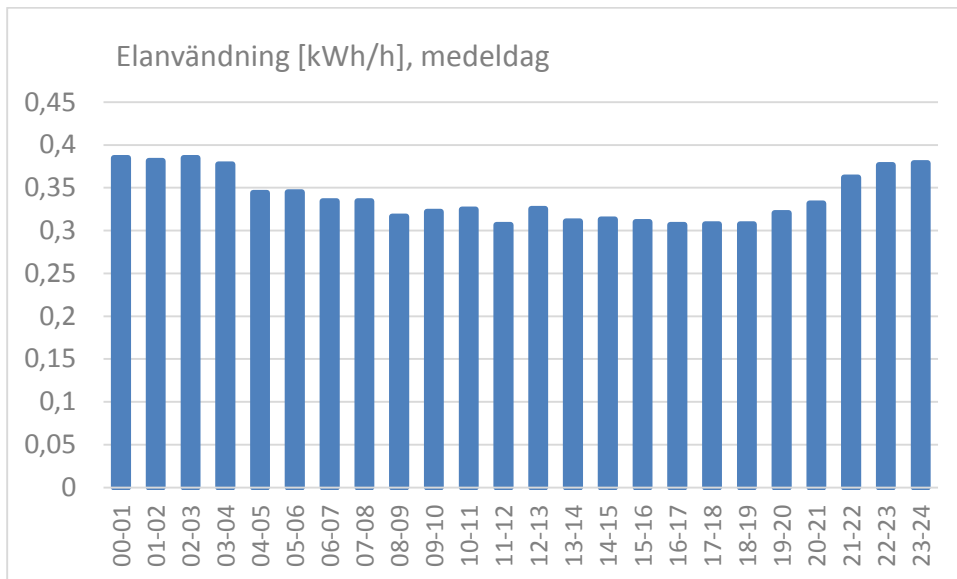
I de följande sju diagrammen visas medeleffekten varje timme [kWh/h] för fastighetselen. Bakomliggande siffror är medelvärden av timvärdena under tiden 1 maj till 31 augusti 2015³.

Syftet med visningen av timvärden är inte bara att visa fastighetselens storlek, utan främst att visa uttagsprofilen över dygnet för att matcha solcellspanelernas storlek, riktning och vinkel så bra som möjligt under givna förutsättningar (som taklutning).

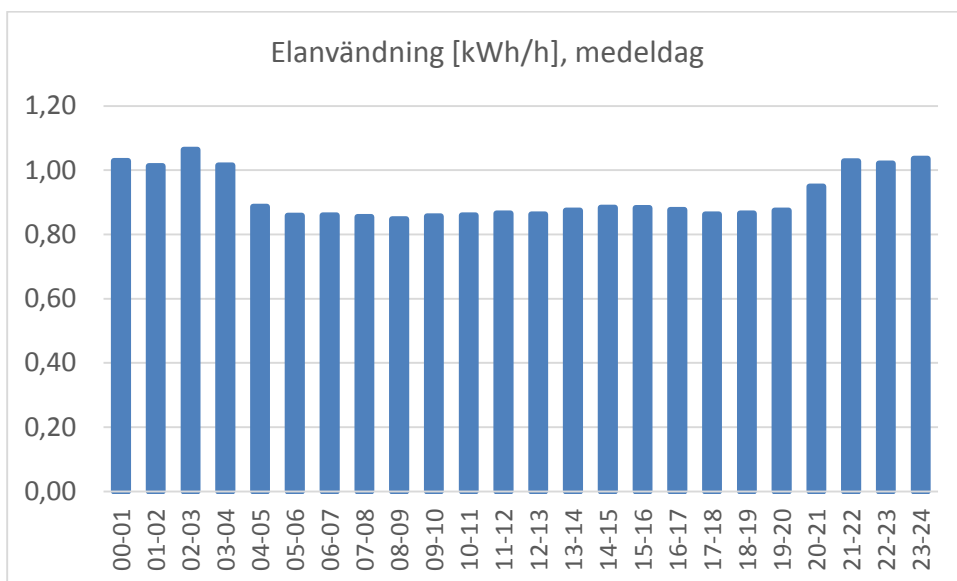
¹ Tvättstugans elanvändning ingår inte i definitionen av fastighetsel enligt BBR, men här avses all el som fastighetsägaren normalt betalar.

² Två byggnader med FTX-aggregat har studerats på grund av att de använder mer fläktel än övriga, och intresse fanns att utröna eventuella skillnader i uttagsprofil mellan de två FTX-byggnaderna.

³ Förutom för diagrammen med veckodag och helgdag. För veckodagarna har medelvärden av timvärdena för dygnet 2015-05-04 (mån) – 08 (fre) och 2015-06-08 (mån) – 12 (fre) använts. För helgdagarna har medelvärden av timvärdena för lördags- och söndagsdygn under perioden 2015-05-09 till 2015-06-13 använts.

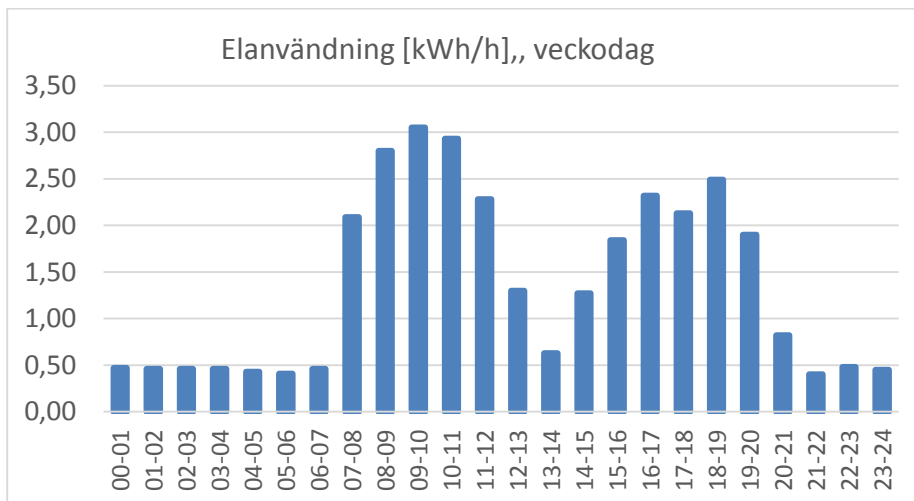
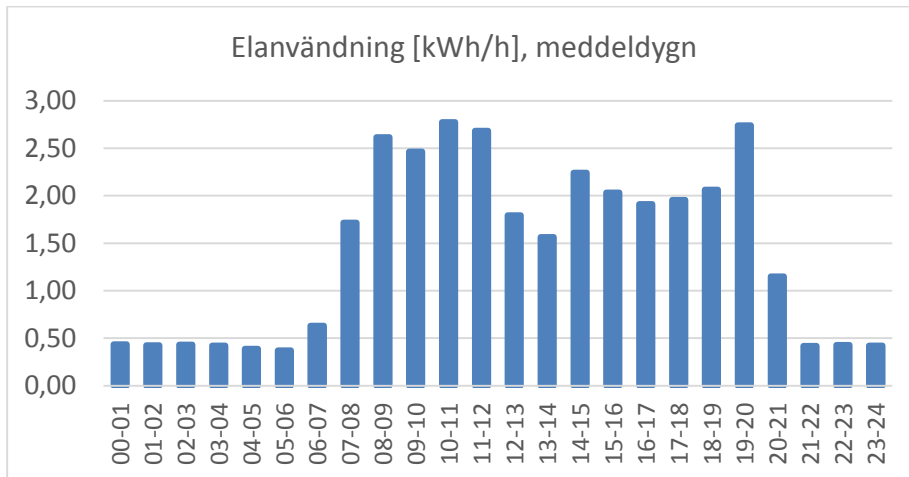


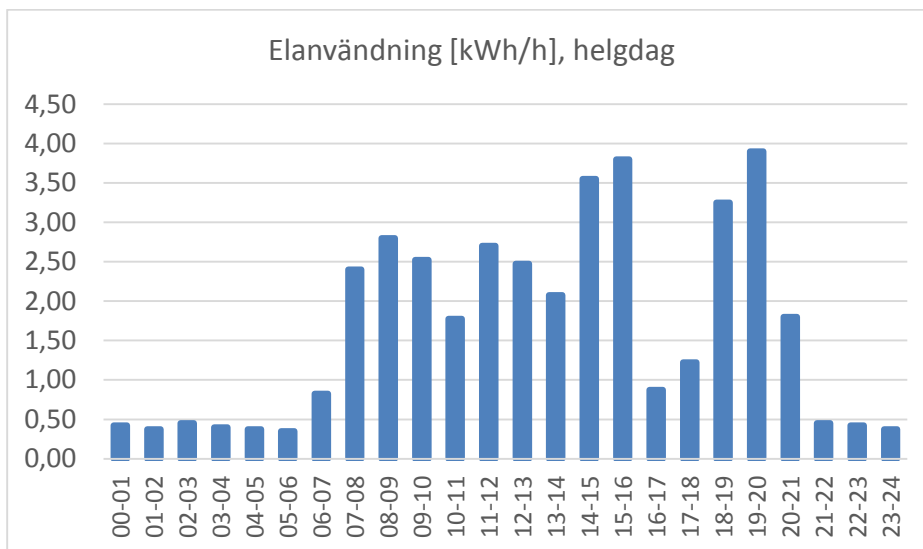
Byggnad 1: Fastighetsel under ett medeldygn för självdragshus utan tvättstuga och utan hiss.



Byggnad 2: Fastighetsel under ett medeldygn för frånluftsventilerat hus utan tvättstuga och utan hiss.

Byggnad 1 och 2 har en jämn uttagsprofil och en låg användning. Installation av solceller bör således ske i 0 till 55° vinkel i alla tre relevanta väderstreck (öster/sydost, söder och sydväst/väster). Att lutningen så långt som möjligt bör följa takets lutning kan begränsa produktionen. Även vertikala ytor (som fasad) i öster och väster kan användas för att bidra till att täcka en del av behovet under morgon- och kvällstimmar.

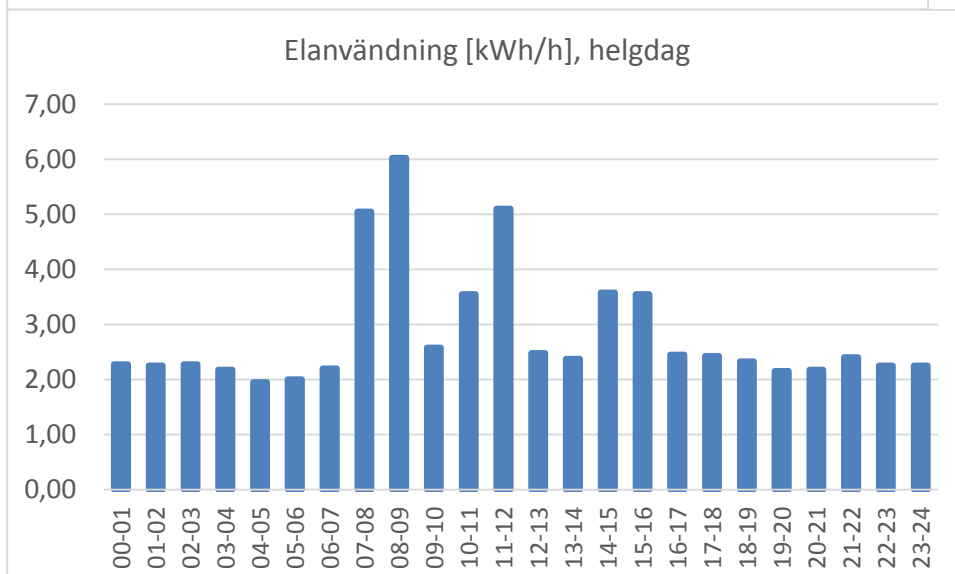
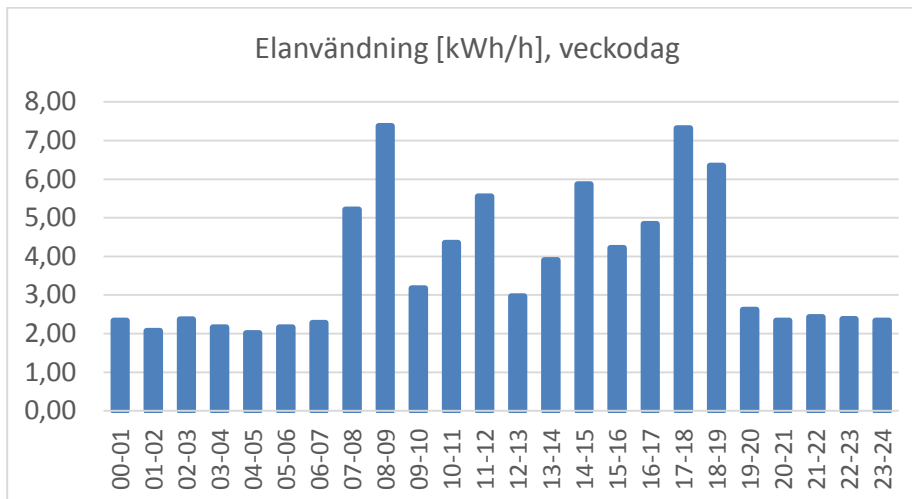
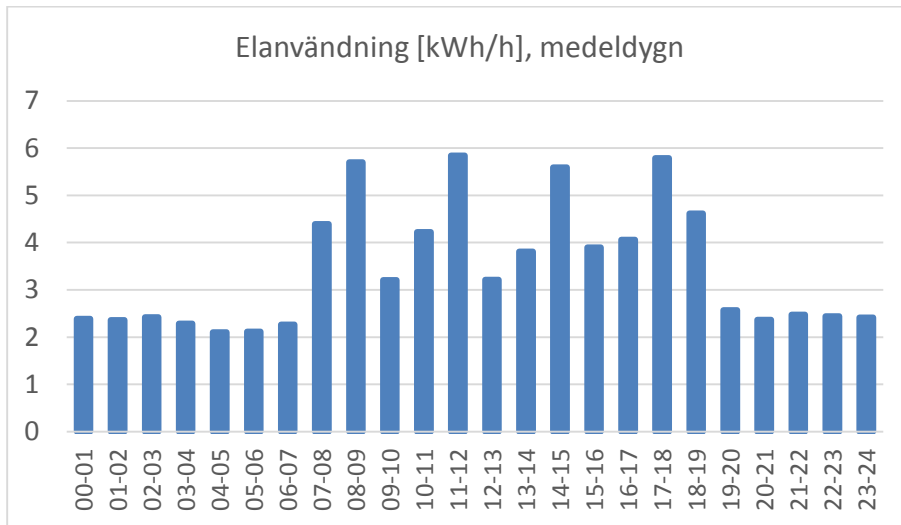




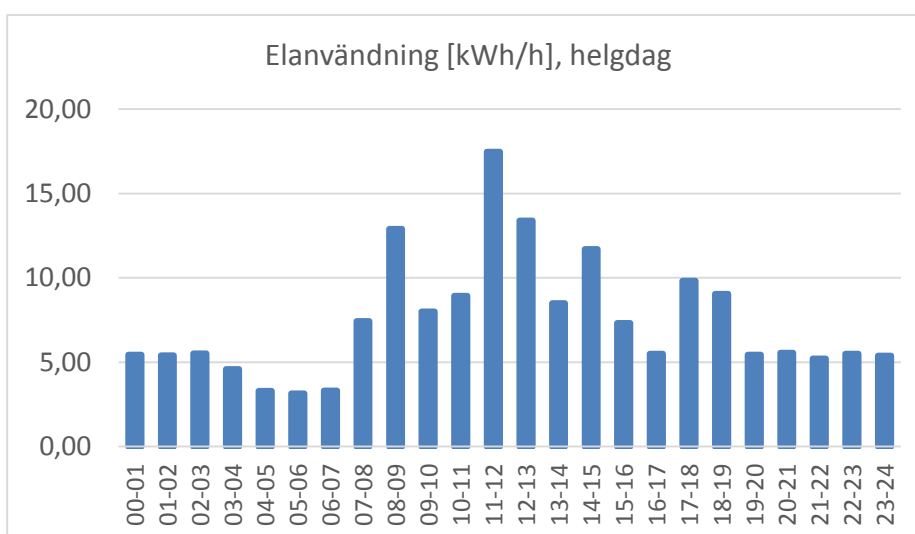
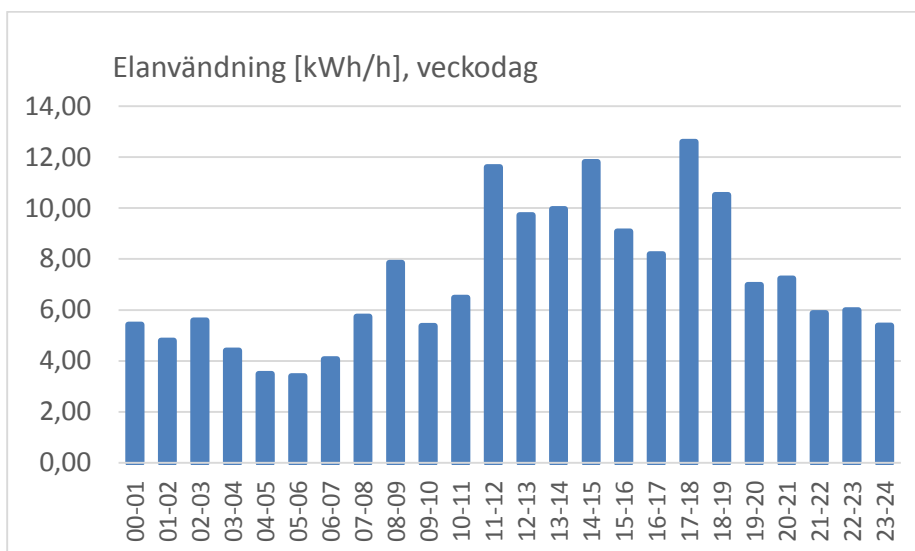
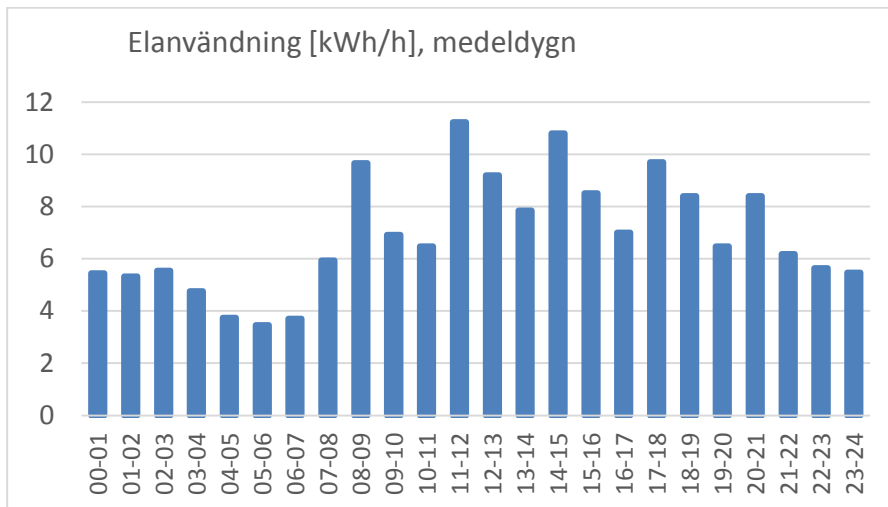
Byggnad 3: Fastighetsel under ett medeldygn (veckomedel samt vardags- och helgdagsdygns) för självdragshus med tvättstuga men utan hiss.

Byggnad 3 har skillnad i uttagsprofil mellan veckodagar och helgdagar. Den översta bilden visar medelvärdet av alla veckodagar. Störst behov föreligger under morgnar/förmiddagar och eftermiddagar/kvällar. I dessa hus bör alltså prioritet ligga på solpaneler i 0 till 55° vinkel i väderstrecken öster/sydost och sydväst/väster. Om man inte har tak i dessa väderstreck kan vertikala ytor (som fasader) vara alternativ. Lutningen bör så långt som möjligt följa takets lutning.

Även byggnad 4 har elanvändningen jämnt fördelad över dagen, varför solceller mot söder bör prioriteras något högre än för Byggnad 3. Timintervallen med de höga topparna kan bero på tvättstugans tidsintervall med först tvätt och sedan tork.

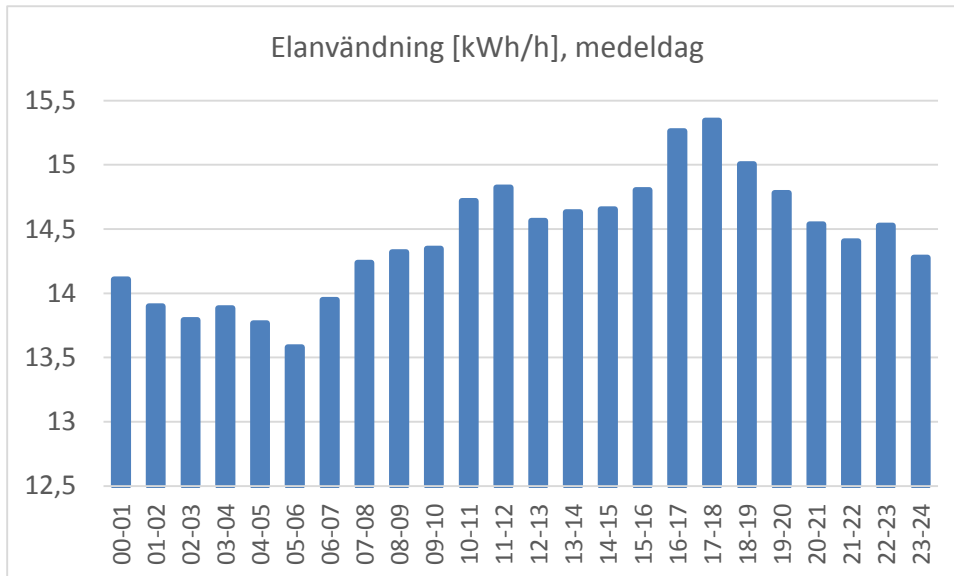


Byggnad 4: Fastighetsel under ett medeldygn (veckomedel samt vardags- och helgdagsdygns) för frånluftsventilerat hus med tvättstuga men utan hiss.



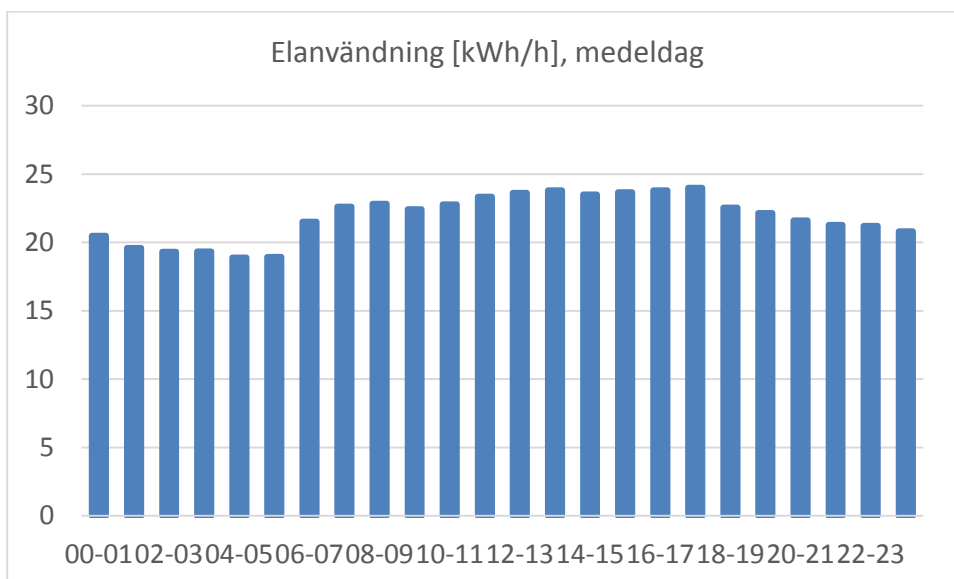
Byggnad 5: Fastighetsel under ett medeldygn (veckomedel samt vardags- och helgdagsdygns) för frånluftsventilerat hus med tvättstuga och hiss.

Byggnad 5 har ungefär samma elanvändning under ett medeldygn som byggnad 4.



Byggnad 6: Fastighetsel under ett medeldygn för FTX-ventilerat hus utan tvättstuga men med hiss.

Byggnad 6 har en jämnt stigande användning under dagen med tydlig topp vid kvällen. Detta kan bero på att många använder hiss efter jobbet och lagar mat med köksfläktar som ligger kopplade på fastighetselen. Prioritera solpaneler i sydväst-/västläge. Lutningen bör följa takets lutning.



Byggnad 7: Fastighetsel under ett medeldygn för FTX-ventilerat hus utan tvättstuga men med hiss.

Byggnad 7 har relativt jämn uttagsprofil över dygnet. Solpaneler bör riktas i alla tre väderstreck och följa takets lutning.

3.2.1.4 Iakttagelser och slutsatser

Ta reda på byggnadens timvärdesanvändning av fastighetsel innan beslut tas om lämpliga väderstreck och lutningar för solpaneler. Timvärden fås från elnätbolaget.

Byggnader med mekanisk ventilation (F och FTX) använder mer el än byggnader mer självdragsventilation, vilket motiverar en större installerad panelyta.

Byggnader med tvättstuga använder också mer el än byggnader utan, vilket också motiverar en större installerad panelyta. Tvätt och torkning ger tydliga användningstoppar, vilket behöver hållas i åtanke vid dimensionering av paneler och övervägande av lagring.

3.2.3 Allmänna driftserfarenheter

Såväl solcellspaneler som växelriktare fungerar bra i de studerade installationerna. Detta bekräftas även i Energimyndighetens aktuella test av solcellspaneler och växelriktare (www.energimyndigheten.se/tester/solenergi). Livslängden för kristallina solcellsmoduler bedöms till 20-30 år, medan tunnfilmsmoduler kan ha något kortare livslängd. Vanligaste fel rör växelriktare. Därför har utvecklingen gått från att installera flera mindre växelriktare i stället för en stor växelriktare. Livslängden för växelriktare bedöms vara 15 år.

Det finns i huvudsak två sätt vad gäller optimal produktion av solceller. Det ena sättet är att producera så mycket som möjligt genom att placera solceller i sydost-söder-sydväst med optimal lutning och lagra eller leverera ut elen på nätet. Lagring ger förluster, och leverans ut på nätet är beroende av stabila villkor. Det andra sättet är som rapporten visat att försöka matcha produktionen mot elanvändningen.

En byggnad med lågt sluttande tak riktade mot öster och väster ger bra förutsättningar, analysen ovan visar att nästan horisontella tak i sydost och sydväst har en produktionsprofil som väl matchar de flesta uttagsprofiler av fastighetsel. Naturligtvis är också tak i söderläge med 45° lutning gynnsamt, men studien vill uppmana till att även se nyttan med tak mot öster och väster.

4 Förbättrade upphandlingsrutiner

I första delen av föreliggande arbete (2013) togs upphandlingsrutiner/kravspecifikationer för upphandling av såväl solet som solvärme fram. Upphandlingsrutinerna för solvärme (2013) finns i bilaga 3. En uppgift för detta arbete har varit att förbättra kravspecifikationen för solet. Vidare har en checklista tagits fram med aspekter att beakta vid upphandling av solet.

Den viktigaste aspekten för en lyckad upphandling och installation är att beställaren engagerar sig själv eller utser en projektansvarig. Alternativet är att anlita en erfaren konsult.

4.1 Förbättrad kravspecifikation, solet

Under de senaste åren har många solcellsinstallationer utförts, vilket givit goda erfarenheter. Många erfarenheter och bra information vid upphandling har samlats inom ramen för SolEl-programmet (www.solelprogrammet.se/Projekteringsverktyg/Upphandling). Dessa upphandlingsaspekter har, tillsammans med erfarenheter från föreliggande studie och erfarenheter från medlemmar i Svensk Solenergi, legat till grund för förbättring av kravspecifikationen från 2013. Den förbättrade kravspecifikationen för solet finns i bilaga 4. I bilaga 5 finns också ett exempel på ett skarpt upphandlingsunderlag/kravspecifikation för en soletanläggning.

4.2 Checklista, solet

Följande aspekter bör beaktas vid upphandling av soletanläggningar.

1. Tänk igenom eget motiv för installation av solenergi
 - a. Ekonomiska aspekter. Framtida prisutveckling på el?
 - b. Miljömässiga aspekter. Hyresgästers önskemål?
 - c. Självförsörjning. Hur blir försörjningstryggheten i ett framtida elsystem?
 - d. Lagkrav på byggnadens köpta energi
 - e. Andra aspekter
2. Eget behov⁴: Ska el eller värme eller både och produceras?
 - a. Värme: vilket behov finns av tappvarmvatten och eventuell uppvärmning i bygganden under sommarhalvåret.
 - b. El: Kan producerad el användas till fastighetsel eller till både fastighets- och hushållsel
3. Hur stor produktion av värme?
 - a. Ackumulatortank för lagring bör dimensioneras och installeras.
 - b. Alternativt, kan solvärme kopplas in på fjärrvärmebolagets primärsida för försäljning.
4. Hur stor produktion av el:
 - a. Matcha egen produktion med momentan egen elanvändning.

⁴ Använd gärna BeBo Beslutsguide för fastighetsägare som är intresserade av solenergi.

- b. Lagring av el: Ska investering i batterier och växelriktare göras (trots stora omvandlingsförluster)?
 - c. Export och försäljning av el till elnätbolaget. Finns stabila villkor?
 5. Gör en förstudie⁵, som bland annat svarar på frågorna:
 - a. Finns tillgänglig, lämplig takyta? Andra möjligheter (fasad, mark etc)?
 - b. Är takstolar starka nog för att klara belastningen från solceller eller solfångare?
 - c. Kan takets lutning följas? Försökt undvika andra lösningar än att takets lutning följs. Vindlast är största problemet, men även takgenomföringar kan ge problem. Tillförlitlighet är viktigare än verkningsgrad.
 - d. Ta reda på byggandens timvisa elanvändning om matchning ska göras av elproduktion. Matcha solpanelernas storlek, väderstreck och lutning mot användningen.
 6. Gör en ekonomisk kalkyl:
 - a. Räkna på livscykelkostnad (med exempelvis nuvärdes- eller internräntekalkyl) snarare än återbetalningstid.
 - b. Tänk på att projekteringskostnaderna utgör en stor del av hela installationen.
 - c. Glöm inte bort kostnad för skötsel och underhåll.
 - d. Behöver taket renoveras innan solpaneler monteras? Fördela kostnad för detta mellan nödvändigt underhåll och investeringen i solceller.
 7. Att tänka på i projekteringsarbetet:
 - a. Upprätta kravspecifikationer som anger funktion och påverkan på byggnaden⁶.
 - b. Upprätta projektgrupp med samtliga berörda (byggherre, arkitekter, elektriker, ventilation/värme, byggentreprenör, lokala elbolag. Klargör ägarförhållanden och kommunicera kontinuerligt vid reguljära byggmöten.
 - c. Tidsplanera projektering och byggaktiviteterna.
 - d. Förankra den tekniska lösningen hos alla parter.
 - e. Om möjligt handla upp hela funktionen som totalentreprenad.
 - f. Vid specialtillverkning av montageutrustning bör projektansvarig/konstruktör noga samt följa konstruktionsförloppet och göra nödvändiga förändringar.
 - g. Eftersträva enkelhet i tekniska lösningar.
 - h. Koordinering mellan solel och fastighetens elsystem är viktig och fysisk samordning måste ske med annan teknikutrustning som ska placeras inom samma utrymmen.
 - i. Förankra säkerhetslösningar hos det lokala elnätbolaget.
 - j. Planera för att undvika att eventuella framtida organisatoriska förändringar kan ge driftproblem, som t.ex. konkurs eller ägarbyte
 8. Fastställ rutiner för förvaltningen. En god förvaltning säkerställer att solelanläggningen fungerar som det är tänkt. Några råd angående skötsel och service:
 - a. Solcellsmodulerna bör inspekteras varje år.
 - b. Rengör modulerna när de blir väldigt smutsiga. Regn sköljer annars bra.

⁵ Redan här bör en projektledare eller konsult kopplas in, och god planering och kommunikation är viktiga aspekter redan från början. Branschföreningen Svensk Solenergi kan förmedla kontakter.

⁶ Använd gärna förslaget i bilaga 3 och 4 som underlag.

- c. Tänk på att skötsel och underhåll kostar.
- d. Utför elektrisk kontroll ett lämpligt antal gånger per år.

Med god förvaltning identifieras också felaktigheter som kan åtgärdas direkt. Vanliga fel eller orsaker till låg elproduktion är:

- e. Trasiga växelriktare.
- f. Toppeffekten är mindre än modulernas märkeffekt
- g. Partiell skuggning förekommer.

5 Slutsatser, kommentarer och tankar

Rapporten har fokuserat på solel, och med de senaste årens prisfall på solceller har marknaden för solel vuxit och således också erfarenheterna. Beträffande solvärme bör den också utnyttjas, såväl i liten skala som i större skala. I liten skala talar vi främst om tappvarmvattenproduktion med biobränsle eller el, och i större skala för fjärrvärmeproduktion i samråd med fjärrvärmebolag.

Av de erfarenheter som gjorts inom projektet är kanske den mest intressanta att det gäller att försöka anpassa solcellspanelernas väderstreck och lutning efter det egna behovet. Tänk alltså inte bara "söderläge med 45° lutning". Det är viktigt att komma ihåg att den diffusa solinstrålningen på våra breddgrader utgör så mycket som hälften av den globala solinstrålningen. Därför är horisontella solcellspaneler relativt effektiva, och kan vara goda alternativ till att följa solens bana under dagen. I soligare länder, där den direkta solinstrålningen är starkare, är det mer värdefullt att ha solföljare. Exempelvis visar ett examensarbete på detta (Stefansson, 2015).

En annan viktig erfarenhet från Svensk Solenergi är att tillförlitlighet är viktigare än verkningsgrad. En erfarenhet med koppling till den just nämnda är att försöka följa takets lutning. Solcellspaneler monterade med stativ har blåst ner, och med de senaste årens stormar i färskt minne bör denna aspekt inte negligeras.

Om lagring (batterier) eller export till elnätet inte är aktuellt så bör byggnadens elanvändning över dygnet identifieras och behovet matchas. En byggnad med lågt sluttande tak riktade mot öster och väster kan ge bra förutsättningar för att matcha fastighetselanvändningen.

Slutligen kommer några personliga reflektioner angående *hinder* för installation av solel. Hinder är som bekant till för att övervinnas.

Lagliga hinder

I regeringens höstbudget ingår ett förslag om en övre gräns för installerad effekt på 255 kW för skattebefriad produktion. Gränsen gäller per juridisk person. Om man installerar mer tvingas man som juridisk person att betala skatt från den första producerade kilowattimmen. Detta lagförslag är idag det största hindret mot att större företag ska installera solceller.

Mentala hinder – vilken funktion har ett tak?

Se all takyta som ett potentiellt underlag för solenergi. Begränsa dock inte möjlig yta till tak, utan se även fasader, balkonger, mark och annan yta som potentiellt underlag för solenergi.

Ekonomiska hinder – el och värme är för billig sommartid

Samtidigt som priset på solceller reducerats kraftigt under de senaste åren har elpriset fallit kraftigt. Vidare är elpriset ofta lägst under sommaren. Frågan är om denna situation kommer att råda i framtiden? Att beakta lagring är idag av stor betydelse, och lagringens betydelse

kommer att öka med mer förnybar kraftproduktion som saknar vattenkraftens balanserande möjligheter.

Lättja

Vad händer i en potentiell krissituation? Kan det ha varit bra att börja processen med egen elförsörjning?

Äger ingen yta att installera solenergi på

Finns det möjlighet att köpa in sig som delägare i större parker?

Referenser

Rapporter

BEBO-rapporten "Hållbara energisystemlösningar inom solenergiområdet – en nulägesanalys", Å. Wahlström, Jan-Olof Dahlenbäck, Johan Paradis, Charlotta Winkler, 2012

Elforsk-rapporten 2015:126: "Erfarenheter från medelstora solcellsinstallationer", D. Olsson m fl, 2015

Examensarbete: "Should we point them away from the sun?", Petter Stefansson, Lund, 2015

Webbplatser

Branschföreningen Svensk Solenergi, www.sse.se

Solel-programmet, <http://www.solelprogrammet.se/> Ett tillämpat, nationellt utvecklingsprogram för solcellssystem som samfinansieras av Energimyndigheten och näringslivet.

Bengt Stridhs blogg: <http://bengtsvillablogg.info/>

Personer

Anläggningsbesök och intervjuer

Henrik Lindberg, Driftingenjör, Lunds kommun

Vanja Månberg och Stefan Weddmark, Energiingenjörer, Bostadsbolaget, Göteborg

Intervjuer

Jan-Olof Dahlenbäck

Stefan Aronsson

Hans-Olof Nilsson

Övrigt

Studiebesök och presentationer i samband med Solar Testbed/Svensk Solenergis inspirationsdagar i Stockholm/Uppsala, oktober 2015:

<http://www.solartestbed.se/sv/about/news/Sidor/PresentationerInspirationsdagar.aspx>

Bilaga 1: Beslutsguide

Beslutsguide för fastighetsägare som är intresserade av solenergi

Energipriser [exkl. moms]

	Vinter	Sommar
Värmepris (köp) [kr/kWh]	1	0,8
Värmepris (sälj) [kr/kWh]	1	0,8
Elpris (köp) [kr/kWh]	1,2	1,2
Elpris (sälj) [kr/kWh]	1,2	1,2

Energihandelsvillkor

Möjlighet att sälja överskottvärme	Ja
Möjlighet att sälja överskottsel	Ja

Byggnadens energibehov

Tappvarmvatten [MWh/år]	500
Uppvärmning [MWh/år]	1400
Fastighetsel [MWh/år]	100

Tillgängliga ytor

	Area [m ²]	Lutning [°] (Platt tak = 0°, fasad = 90°)	Orientering [°] (Syd = 0°, öst/väst = 90°)
1	500	45	90
2	500	30	45
3	45	90	0
4	40	30	10
5	100	0	0

Energiutbyte [MWh/år]

Area [m²]

Investeringskostnad [kr]

Lönsamhet, internränta

Lönsamhet, besparingskostnad [kr/kWh]

Lönsamhet, pay-offtid [år]

Solvärme

Solel

Energiutbyte [MWh/år]	391,2	114,4
Area [m ²]	1135	1135
Investeringskostnad [kr]	6 810 000	2 360 800
Lönsamhet, internränta	2%	4%
Lönsamhet, besparingskostnad [kr/kWh]	1,29	1,50
Lönsamhet, pay-offtid [år]	26	20

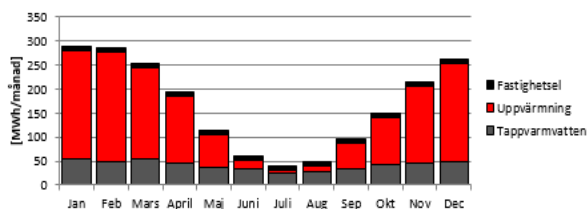
(Ytorna prioriteras i ordningen: 5, 4, 2, 1, 3)



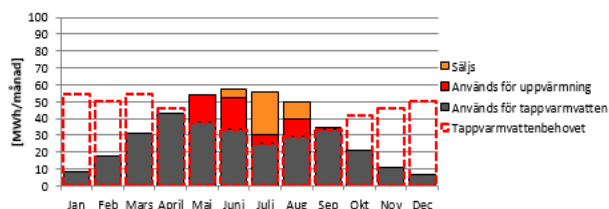
ENERGIMYNDIGHETENS BESTÄLLARGRUPP
FÖR ENERGIEFFEKTIVA FLERBOSTADSHUS

Indata skrivs i grå celler, kostnader och prestanda kan justeras under fliken "Inställningar" och förklaringar finns under fliken "Förklaringar".

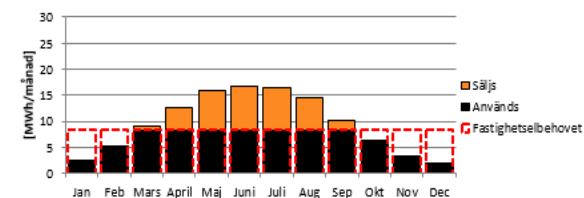
Byggnadens totala energibehov



Solvärmeutbyte



Solelutbyte



© Peter Filipsson, CIT Energy Management AB.

Beslutsguiden är framtagen inom Bebo-projektet HES - Hållbara Energisystemlösningar inom Solenergiområdet.

Bilaga 2: Sammanställning av Bostadsbolagets månatlig produktion i olika väderstreck och lutning

Solceller 2014	Jan	Feb	Mars	April	Maj	Juni	Juli	Augusti	September	Oktober	November	December	Tot				
Engel Horisontell Sydöst, 10°	9	20	92	148	218	223	217	143	121	40	10	5	1 246		100%	88%	
Engel Lutande Söder, 45°	14	30	138	180	222	204	204	160	180	61	14	15	1 422	14%	114%	100%	
Sten Sture Hori Sydväst, 10°	2	17	81	125	179	181	169	127	110	36	8	4	1 039	-17%	83%	73%	
Engel Vertikal Sydöst, 90°	15	21	102	116	141	127	148	102	125	43	14	16	970	-22%	78%	68%	
Sten Sture Vertikal Sydväst, 90°	11	23	88	124	148	142	130	106	123	41	13	12	961	-23%	77%	68%	
Totalt	51	111	501	693	908	877	868	638	659	221	59	52	5 638	kWh			
Solceller 2015	Jan	Feb	Mars	April	Maj	Juni	Juli	Augusti	September	Oktober	November	December	Tot				
Engel Horisontell Sydöst, 10°	7	18	86	165	185	215	201	177	101	55			1 210		100%	87%	
Engel Lutande Söder, 45°	13	29	128	212	183	202	192	209	134	94			1 396	15%	115%	100%	
Sten Sture Hori Sydväst, 10°	4	15	76	149	157	182	167	158	90	50			1 048	-13%	87%	75%	
Engel Vertikal Sydöst, 90°	16	23	101	136	114	120	118	135	96	70			929	-23%	77%	67%	
Sten Sture Vertikal Sydväst, 90°	16	22	87	153	126	140	127	143	95	65			974	-20%	80%	70%	
Totalt	56	107	478	815	765	859	805	822	516	334	0	0	5 557	kWh			
Energieffektivitet 2014	Jan	Feb	Mars	April	Maj	Juni	Juli	Augusti	September	Oktober	November	December	I den övre tabellen ser vi antal producerade kWh per månad och solcell. Ju rödare desto mer producerad el i förhållande till den översta solcellen i listan.				
Engel Horisontell Sydöst, 10°	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%					
Engel Lutande Söder, 45°	56%	50%	50%	22%	2%	-9%	-6%	12%	49%	53%	40%	200%					
Sten Sture Hori Sydväst, 10°	-78%	-15%	-12%	-16%	-18%	-19%	-22%	-11%	-9%	-10%	-20%	-20%					
Engel Vertikal Sydöst, 90°	67%	5%	11%	-22%	-35%	-43%	-32%	-29%	3%	8%	40%	220%					
Sten Sture Vertikal Sydväst, 90°	22%	15%	-4%	-16%	-32%	-36%	-40%	-26%	2%	2%	30%	140%					
Energieffektivitet 2015	Jan	Feb	Mars	April	Maj	Juni	Juli	Augusti	September	Oktober	November	December	Solceller placeras optimalt mot söder och med cirka 45 graders lutning för att få så stort energiutbyte som möjligt. Om solcellerna placeras inom sydost till sydväst och vid lutningar inom 20 till 60 grader är skillnaderna försumbara jämfört med optimal placering. Solcellerna ska inte skuggas, även begränsad skuggning minskar energiutbytet.				
Engel Horisontell Sydöst, 10°	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%							
Engel Lutande Söder, 45°	86%	61%	49%	28%	-1%	-6%	-4%	18%	33%	71%							
Sten Sture Hori Sydväst, 10°	-43%	-17%	-12%	-10%	-15%	-15%	-17%	-11%	-11%	-9%							
Engel Vertikal Sydöst, 90°	129%	28%	17%	-18%	-38%	-44%	-41%	-24%	-5%	27%							
Sten Sture Vertikal Sydväst, 90°	129%	22%	1%	-7%	-32%	-35%	-37%	-19%	-6%	18%							

<https://www.energimyndigheten.se/Hushall/Testerresultat/Testresultat/Solcellssystem-/?tab=3>

Analys av skillnader i elproduktion har gjorts mellan de olika panelerna i den nedre tabellen. Panelen i sydost med lutning 10° har valts som referenspanel för utvärderingen. Anledningen till att installationen är en nästan horisontell panel är att man är medveten om behovet av att följa takets lutning som är 10°. Anledningen till att väderstrecket blev sydost är att man ser denna panel från sitt kontor på andra sidan gatan.

Bilaga 3: Upphandling av solvärmeanläggning för befintliga flerbostadshus

Allmänt

Kravspecifikationen är tänkt att användas som ett stöd för upphandlaren och ger förslag på lämpliga krav med verifiering som bör ingå i en kravspecifikation vid upphandling. Den utgör en checklista för beställaren att tillsammans med entreprenören gå igenom vilka krav som bör beaktas och hur de ska ansvarsfördelas dem emellan.

Omfattning

Upphandlingen omfattar system för att utnyttja solenergi i ett befintligt flerbostadshus.

Upphandlingen omfattar ett fullständigt system inklusive installation och andra åtgärder som krävs för att få ett fungerande och godkänt system (t.ex. tätning av klimatskärm, driftsättning, injustering.) För detta BoBo-projekt är dock upphandlingen uppdelad i två delar:

- Upphandling av komponenter och
- Upphandling av entreprenaden.

De krav och önskemål som här föreslås uttrycks i form av ”ska”- resp. ”bör”-krav.

”Ska”-kraven är minimikrav som alltid ska uppfyllas. ”Bör”-kraven är önskemål som föreslås att tillgodoräknas vid utvärdering av inkomna anbud.

Anbudsförfrågan för komponenter

Följande krav ska uppfyllas

Solvärmepanelerna ska vara godkända enligt teststandarden "Solar Keymark".

Uppgifter som beställaren ska ange

Ange hur mycket ska handlas upp:

- Modulmått och antal moduler eller
- Total prestanda (kWh/år) eller
- Total tillgänglig takarea

Ange förutsättningar för montaget:

- Taklutning och riktning
- Utanpåliggande / integrerade t taket
- Mått för infästning i reglar /stativ
- Bifoga ritningar på tak / montageplatsen och relevanta detaljönskemål

Ange om det är enbart själva solvärmepanelerna som avses att handlas upp eller om andra komponenter ska ingå i offerten.

Ange driftförhållanden och temperaturer om inte värmning av tappvarmvatten avses. "Standard-fallet" är Stockholm, kallvattentemperatur 8,5°C (årsmedel) och varmvattentemp 50°C.

Uppgifter som leverantören ska ange

- Prestanda enligt teststandarden.
- Prestanda för de föreslagna komponenterna vid de angivna driftförutsättningarna.

- Anvisningar för montage, installation och drift / användning.
- Pris, uppdelat på pris för komponenter, frakt till Sverige och tull etc.
- Leveranstid och leveransvillkor.
- Garanti.
- Reservdelar och importörer inom EU.

Anbudsförfrågan entreprenad

Följande krav ska uppfyllas

- Den tekniska lösningen ska utformas så att solenergin minskar behovet av köpt energi till byggnaden och/eller kan säljas till energinätet.
- Genererad energi ska gå att mäta kontinuerligt till exempel genom integration med fastighetens styr- och övervakningssystem.
- Komponenter som monteras utomhus (förutom modulerna avses stativ, plåtbeklädnad, kablage, rör och isolering) ska vara väderbeständiga.
- Systemet ska driftsättas i samråd med beställaren. Drift- och skötselinstruktioner ska ingå och systemet ska vara utformat så att det är lätt att övervaka och underhålla av ordinarie driftspersonal.

Följande önskemål bör uppfyllas:

- Systemlösningen bör vara robust och komponenter som kan behöva bytas under systemets brukstid (t.ex. pumpar, ventiler) bör vara enkla att byta ut.
- Komponenter som är synliga bör ha en design som kan accepteras av byggherre och de flesta boende.
- Installationen bör inte förorsaka påtagliga störningar för de boende.
- Solvärmesystemet bör ha ett högt energiutbyte (>300 kWh/år. m²) och livscykelkostnaden bör beräknas. Beräkning och förutsättningar ska redovisas.

Uppgifter som beställaren ska ange

- Entreprenadens omfattning, en eller flera entreprenader uppdelat på bygg, solpaneler, el, VVS och styr.
- Upphandlingsförfarande och vilken/vilka byggnader som avses.
- Fördelning av ansvar mellan beställare och entreprenör.
- Tider för start och slutbesiktning
- Samordning med andra entreprenader, speciella krav på genomförandet etc.
- Handlingsförteckning
 - Administrativa föreskrifter enligt ABT (exempel på detta ges ej här)
 - Teknisk beskrivning (ges i det följande)
 - Ritningar, övergripande planer, principer och eventuellt konstruktionsdetaljer.
 - Anbudsformulär.

Teknisk beskrivning

Allmän teknisk beskrivning

- Beroende på hur upphandlingen sker repeteras uppgifter enligt " Anbudsförfrågan för komponenter". Detta kompletteras med detaljer kring tappvarmvatten- alternativt värme-behovet.
- Beskrivning av aktuella takytor/delar av takytor.
- Ange vilka delar som avses i denna förfrågan; bygg/montage, VVS, el, styr och gränsdragning mellan dem.
- Vad ingår avseende dimensionering, materialinköp, montage, inkoppling, isolering, återställande etc.

Montage/bygg

- Beskrivning av stativutformning.
- Beskrivning av montage, speciellt villkor för håltagning i taket och tätning.

VVS

- Beskrivning av principen för anslutning till ordinarie system.
- Beskriv kraven på ingående komponenter; ackumulatortank, pump, värmepåväxlare, olika typer av ventiler, rör, dykrör för givare.
- Dimensionerande temperatur och tryck för relevanta komponenter.
- Maximal temperatur och tryck för relevanta komponenter.
- Provtryckning
- Beskriv flöden och tryckfall.
- Beskriv termisk isolering.
- Beskriv frysskydd, frostskyddsmedel.

Styr och mätning

- Beskriv principen för styr.
- Beskriv principen för mätning, vilka storheter ska mätas.
- Beskriv krav på kommunikation, exempelvis med fastighetsautomatiken.

Uppgifter som leverantören ska ange

- Pris, uppdelat på lämpliga delar/system/entreprenader.
- Beroende på hur upphandlingen sker repeteras uppgifter enligt " Anbudsförfrågan för komponenter".
- Arbetsritningar över principer, plan och detaljer vid behov
- Relationshandlingar och ritningar senast vid slutbesiktningen.
- Värmebärandes flöde och tryckfall.
- Garanti, tid och vad som omfattas.
- Information om reservdelar och service erbjuds.

Bilaga 4: Upphandling av solelanläggning för befintliga flerbostadshus

Allmänt

Kravspecifikationen är tänkt att användas som ett stöd för upphandlaren och ger förslag på lämpliga krav med verifiering som bör ingå i en kravspecifikation vid upphandling. Den utgör en checklista för beställaren att tillsammans med entreprenören gå igenom vilka krav som bör beaktas och hur de ska ansvarsfördelas dem emellan.

Omfattning

Upphandlingen omfattar system för att utnyttja solenergi i ett befintligt flerbostadshus.

Upphandlingen omfattar ett fullständigt system inklusive installation och andra åtgärder som krävs för att få ett fungerande och godkänt system (t.ex. tätning av klimatskärm, driftsättning, injustering.) För detta BeBo-projekt är dock upphandlingen uppdelad i två delar:

- Upphandling av komponenter och
- Upphandling av entreprenad.

De krav och önskemål som här föreslås uttrycks i form av ”ska”- resp. ”bör”-krav. ”Ska”-kraven är minimikrav som alltid ska uppfyllas. ”Bör”-kraven är önskemål som föreslås att tillgodoräknas vid utvärdering av inkomna anbud.

Anbudsförfrågan för komponenter

Följande krav ska uppfyllas

- Solcellspanelerna ska vara typgodkända enligt teststandarderna "IEC 61215".
- Växelriktare och övriga komponenter ska vara CE-märkta (elsäkerhet och EMC-säkerhet).

Uppgifter som beställaren ska ange

Ange hur mycket ska handlas upp:

- Modulmått och antal moduler eller
- Total prestanda (kWh/år alternativt kWp) eller
- Total tillgänglig takarea

Ange förutsättningar för montaget:

- Taklutning och riktning (i första hand bör panelerna ligga ned på taket)
- Utanpåliggande / integrerade t taket
- Mått för infästning i reglar /stativ
- Bifoga ritningar på tak / montageplatsen och relevanta detaljönskemål

Ange om det enbart är solcellspanelerna som avses att handlas upp eller om övriga elektriska huvudkomponenter (som växelriktare, DC- och AC-brytare, kablage) ska ingå.

Ange typ av kraftgenerering:

- växel- eller likströmssystem
- spänning och antal faser

Uppgifter som leverantören ska ange

- Prestanda enligt teststandarden
- Prestanda för de föreslagna komponenterna vid de angivna driftförutsättningarna.
- Anvisningar för lämpligt montage, installation och drift / användning.
- Pris, uppdelat på pris för komponenter, frakt med mera.

- Leveranstid och leveransvillkor.
- Garantivillkor för moduler, växelriktare och övrig utrustning.
- Tillgänglighet till reservdelar.

Att tänka på angående el (säkerhet och flexibilitet)– beställare och leverantör

El-DC: Hopkoppling av moduler utomhus utförs med godkänd dubbelisolerad kabel och lämpliga kontakter eller kopplingsdosor för enkel och säker installation. By-passdioder och åskskydd åligger anbudsgivaren att föreslå liksom deras placering. Från varje modulblock (det antal serie- och parallellkopplade moduler som ska anslutas till en gemensam växelriktare) dras en dubbelisolerad kabel med erforderlig area till växelriktarens placering och ansluts till de DC-brytare som anbudsgivaren ska installera före ingången till varje växelriktare. Eventuell håltagning görs med av beställaren godkänd metod.

El-AC: I anbudet ingår att föreslå antal växelriktare och systemspänning på DC-sidan. Växelriktarna ska leverera 230 V växelström (enfas eller trefas). Växelriktare ska monteras i av beställaren angiven central. Det ska framgå att växelriktaren inte kan mata ut farlig effekt om AC-nätet är frånslaget. I anbudet ska växelriktarens fabrikat, märkeffekt och verkningsgrad, som funktion av effekt på växelriktarens DC-sida i området 0 - 100 % av märkeffekt specificeras. Denna sistnämnda verkningsgradsspecifikation kan vara dokumenterad i växelriktarens manual. I anbudet ska ingå AC-brytare anslutna direkt efter varje växelriktarens utgång som möjliggör att varje växelriktare kan frånskiljas för service utan att övriga växelriktare behöver tas ur drift, på samma sätt som på DC-sidan.

Anbudsförfrågan för entreprenad

Följande krav ska uppfyllas

- Den tekniska lösningen ska utformas så att solenergin minskar behovet av köpt energi till byggnaden och/eller kan säljas till elnätet.
- Genererad energi ska gå att mäta kontinuerligt till exempel genom integration med fastighetens styr- och övervakningssystem.
- Komponenter som monteras utomhus (förutom modulerna avses stativ, plåtbeklädnad, kablage, rör och isolering) ska vara väderbeständiga.
- Installationspersonal ska följa de lokala direktiv som gäller på arbetsplatsen beträffande exempelvis avfallshantering, godstransporter och uppställande av fordon.
- Systemet ska driftsättas i samråd med beställaren. Drift- och skötselinstruktioner ska ingå och systemet ska vara utformat så att det är lätt att övervaka och underhålla av ordinarie driftspersonal. Ett funktionstest av installationen ska också utföras av leverantören tillsammans med av beställaren utsedd besiktningsman.

Följande önskemål bör uppfyllas:

- Systemlösningen bör vara robust och komponenter som kan behöva bytas under systemets brukstid (t.ex. pumpar, växelriktare) bör vara enkla att byta ut.
- Komponenter som är synliga bör ha en design som kan accepteras av byggherre och de flesta boende.
- Installationen bör inte förorsaka påtagliga störningar för de boende.
- Solelsystemet bör ha ett högt energiutbyte (>800 kWh/år/kW) och livscykelkostnaden bör beräknas. Beräkning och förutsättningar ska redovisas.

Uppgifter som beställaren ska ange

- Entreprenadens omfattning, en eller flera entreprenader uppdelat på bygg, solpaneler, el, VVS och styr.
- Upphandlingsförfarande och vilken/vilka byggnader som avses.
- Fördelning av ansvar mellan beställare och entreprenör.
- Tider för start och slutbesiktning
- Samordning med andra entreprenader, speciella krav på genomförandet etc.
- Handlingsförteckning
 - Administrativa föreskrifter enligt ABT (exempel på detta ges ej här)
 - Teknisk beskrivning (ges i det följande)
 - Ritningar, övergripande planer, principer och eventuellt konstruktionsdetaljer.
 - Anbudsformulär.

Teknisk beskrivning

Allmän teknisk beskrivning

- Beroende på hur upphandlingen sker repeteras uppgifter enligt "Anbudsförfrågan för komponenter".
- Beskrivning av aktuella takytor/delar av takytor.
- Ange vilka delar som avses i denna förfrågan; bygg/montage, el.
- Vad ingår avseende dimensionering, materialinköp, montage, inkoppling, återställande etc.

Montage/bygg

- Beskrivning av stativutformning.
- Beskrivning av montage, speciellt villkor för håltagning i taket och tätning.

El

- Beskrivning av kablagens typ, dimensionering och förläggning.
- Beskrivning frekvensomriktares och mätarens placering.
- Beskrivning anslutning till elcentral.

Mätning

- Beskriv principen för mätning, vad ska mätas.
- Beskriv krav på kommunikation, exempelvis med fastighetsautomatiken.

Uppgifter som leverantören ska ange

- Pris. Pris för den kompletta anläggningen inklusive driftsättning m m som ingår i anbudet. Dessutom ska separata priser lämnas för lämpliga delar/system/entreprenader. Beställaren ska upplysas om att komponentpriser varierar över tid.
- Beroende på hur upphandlingen sker repeteras uppgifter enligt "Anbudsförfrågan för komponenter".

- Arbetsritningar över principer, plan och detaljer vid behov
- Relationshandlingar och ritningar senast vid slutbesiktningen.
- Garanti, tid och vad som omfattas. Komponenter som vid funktionstest innan eller vid idrifttagande inte uppfyller anbudsgivarens specifikation ska omgående bytas.
- Information om huruvida reservdelar och service erbjuds.

Uppgifter som leverantören bör ange

- Referenslista över utförda projekt
- Leveranstid. Villkor för ersättning vid försenad leverans diskuteras vid kontraktsförhandlingarna.
- Installationstid uppdelad på olika delaktiviteter.
- Anbudets giltighetstid.
- Erbjudande om serviceavtal för växelriktare som beskriver åtaganden såväl före som efter garantitidens slut.

Bilaga 5: Exempel på verklig kravspecifikation från upphandling av solcell-anläggning

1. På taken på fastigheten Xxx hall A installera en solcellsinstallation på minst 22 kW, topp effekt. Option, att på taken på fastigheten Xxx hall B installera en solcellsinstallation på minst 14 kW, topp effekt
2. Infästning till byggnadens tak, ska ske med ballast, och utföras enligt Boverkets konstruktionsregler – BKR. Taket kommer att vara beklätt med papp, och vara dimensionerat för solceller inkl. montagematerial med en maxvikt på 100kg/m, totalt 1800kg/takstol. Utrustningen skall centreras rakt över takstol.
3. Solcellsinstallationen skall dimensioneras efter normenliga vindlast, vindlastberäkningar utförs av entreprenören.
4. Arbetarskyddsstyrelsens anvisningar
5. Hus AMA 08
6. Solceller och samtliga ingående komponenter ska vara CE-märkta.
Solcellspanelerna ska ha mycket hög kvalitet och robust tålig konstruktion samt uppfylla krav och specifikationer enligt IEC 61215 och IEC61730, samt att de är TÜV Power Controlled
7. Solcellspanelerna ska kunna avge en effekt på minst 174 W/m² på aktiv yta, vara antirefleterande, för att inte blänkfenomen ska uppstå, samt utförda i fler kristallint kisel med skyddande glas, uppfylla krav och specifikationer enligt IEC 61215 och IEC61730, samt vara testade enligt TÜV Power Controlled. Solcellspanelerna skall ha en garantilängd från tillverkaren på minst 30år, med max 0,35% degradering per år (effektgaranti på minst 86,8% efter 30 år)
8. Växelriktare skall vara av fabrikat SMA eller likvärdig, och ha en garantitid från tillverkaren på minst 5 år.
9. Monteringsystem ska vara Solarwords montagesystem Suntube, eller likvärdigt montagesystem.
10. Bruksanvisning inklusive säkerhetsanvisningar, ritningar och annan dokumentation som krävs för att man ska kunna installera, använda och underhålla anläggningen.
11. Sol-effekt-kurva skall redovisas för ett produktionsår, för respektive tak (A o B)
12. Anläggningens DC effekt, redovisas via flashprotokoll där varje individuell modul redovisas, varje modul är märkt och spårbar. Dessutom skall kontrollmätning ske av varje slinga. Vilket sedan kan användas för kontroll/felsökning av solceller.
13. Solcellsinstallationens totala märkeffekt, skall redovisas för respektive tak (A o B)
14. Solcellspanelernas eltekniska uppgifter
 - Växelriktare skall ha en garantitid från tillverkaren på minst 5 år. Växelriktaren skall ha en verkningsgrad om ca: 98%. Växelriktaren inkopplas symmetriskt mot trefasnätet. Växelriktarnas märkeffekt, verkningsgrad skall anges i anbudet. Samtliga inställningar och skyddsfunktioner skall testas och protokollföras.
 - Skyddssystemet ska se till att solcellspanelerna automatiskt frånkopplas vid fel i elnätet (utan nätmatning), eller om frekvens och spänning i nätet avviker från det normala ska skyddssystemet i solcellsinstallationen se till att det automatiskt kopplas bort från elnätet.
 - Elektriska skydd och brytare ska fungera i två riktningar och frånskiljande utrustning ska möjliggöra säkert underhållsarbete på både elnät och solcellsinstallationen. Ett säkert brytställe ska finnas vid produktionsanläggningen.
 - Det skall finnas en låsbar elkopplare med skylt, alltid tillgänglig för elnätsägaren.
 - Det skall finnas en justerbar begränsning av tiden mellan två inkopplingar.
 - Effekter, Strömmar fasvinklar, flicker och övertoner skall redovisas.
 - Jordning, montageställning för solceller anslutes mot fastighetens åskskyddssystem samt även mot PUS.
 - Åskskydd skall redovisas
 - Överspänningsskydd skall redovisas.

15. Solcellsutrustningen skall kommunicera så att data från anläggningen kan presenteras på en digital tavla i fastigheten vid entrén på plan 1, samt via web.

- a. Digitala tavlan skall presentera följande data:
- b. Aktuell produktion i kW med minst två decimaler
- c. Dagens produktion i kWh, min 3 siffror
- d. Total produktion i kWh, min 7 siffror

16. Leveransprov och prestandaprov ska utföras i närvaro av representant från beställare.

17. Leverantör ska tillhandahålla teknisk beskrivning, samt drift och underhållsinstruktioner i digitalt format på CD- eller DVD skiva samt tre papperskopior i pärm.

18. Utbildning av underhållspersonal vid minst ett tillfälle.