

Solceller i Industriell tillämpning på DB Schenker i Jönköping

M Sc Andreas Molin

2013-11-10



Länsstyrelsen
i Jönköpings län

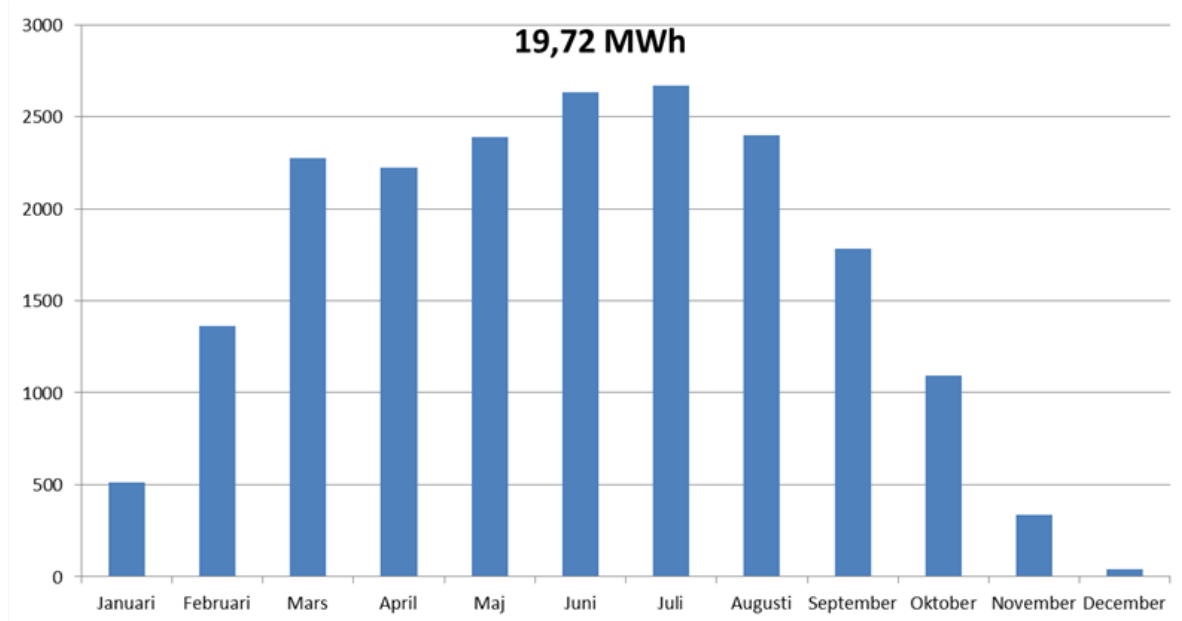
Denna rapport sammanfattar studien Industriell tillämpning av solceller på DB Schenker AB i Jönköping. Uppdraget är:

- Optimering av solcellseffekt
 - Olika sorter krystallina solceller
 - Ställbar lutning 20-68 grader.
 - Reflekterande takmaterial i kombination med krystallina och "bifacial" solceller
- Laddning av eldrivna truckar för att undvika överskottsel.
 - Förändring av laddningsmönster

1 Utvärderade parametrar

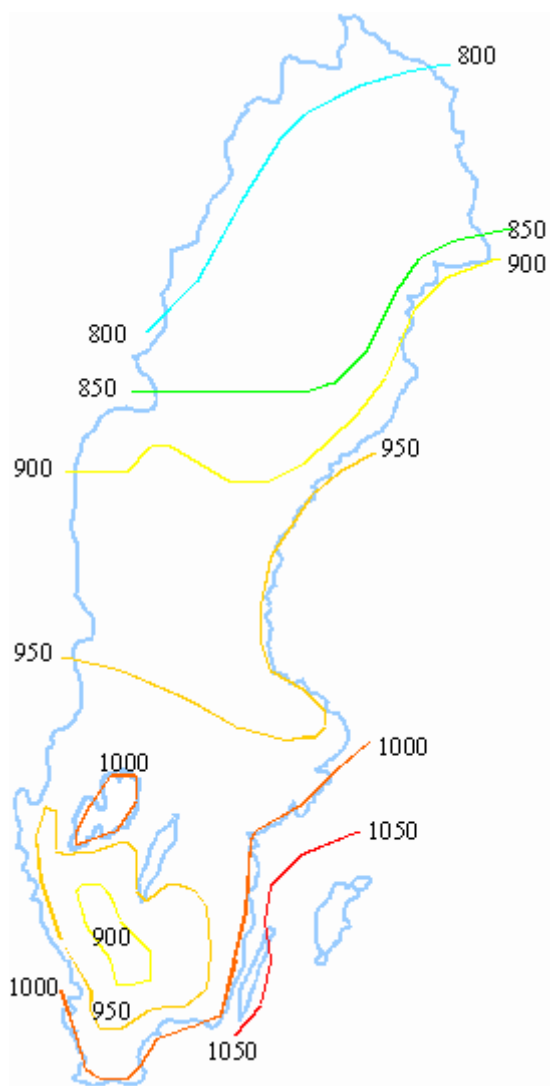
1.1 Pilotanläggning DB Schenker Jönköping

DB Schenker installerade en nätansluten anläggning på 20 kilowatt topp effekt (kW_p eller kW_t) som driftsattes oktober 2011. Anläggningen består av 3 st växelriktare och 77 st solcellspaneler av varierande storlek och egenskaper (Se kapitel 1.2). År 2012 utvärderades denna anläggning och produktionsdata syns i Figur 1.



Figur 1. Producerad energi 2012 i kWh.

Det som kanske förvånar är att i Sverige är kylan en bidragande orsak till god produktion vilket gör att marsproduktionen står i paritet med övriga månaders produktion. Anläggningen har haft en del planerade driftstopp vilket gör att om man bortser från dem en produktion under 2012 på över 1000 kWh/ kW_p ,år vilket kan ses som ett standardindex för en anläggning i Jönköping. Om man installerar 20 kW_p solceller i söderläge så får man alltså ca 20000 kWh/år. I grova drag gäller liknande förhållande i hela Sverige, se Figur 2. Bästa förutsättningar finns på Öland, Gotland och i hela kustbandet. Tittar man i Tyskland är det lika goda förutsättningar generellt, där södra Tyskland (München) utgör lika god potential som Gotland. Längre söderut finns mer instrålning, men det blir också varmare vilket inte gynnar solelproduktionen i solceller.



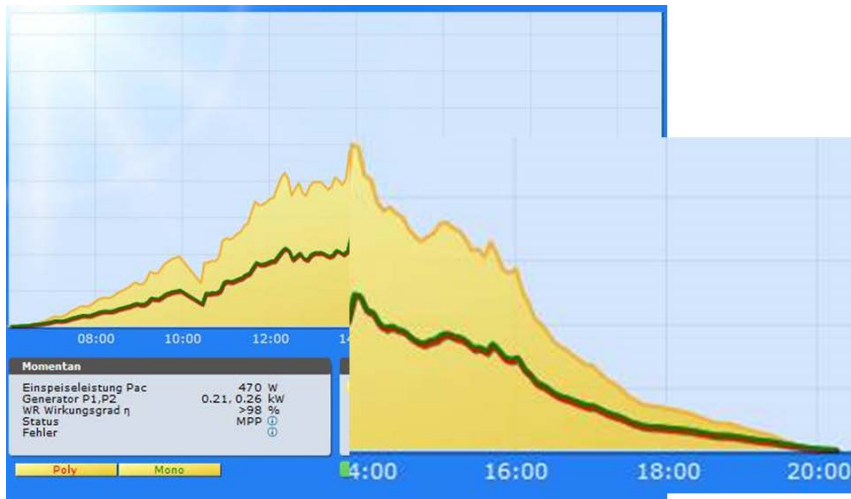
Figur 2. Globalinstrålning i Sverige i kWh/m²,år [Källa: SMHI]

1.2 Teknik i detaljnivå

4 olika krystallina solcellstekniker har testats på DB Schenker. Mono, Poly, Bakkontakterad mono samt bifacial mono. Dessa har också testats med olika backsheet (Vit, transparent och svart).

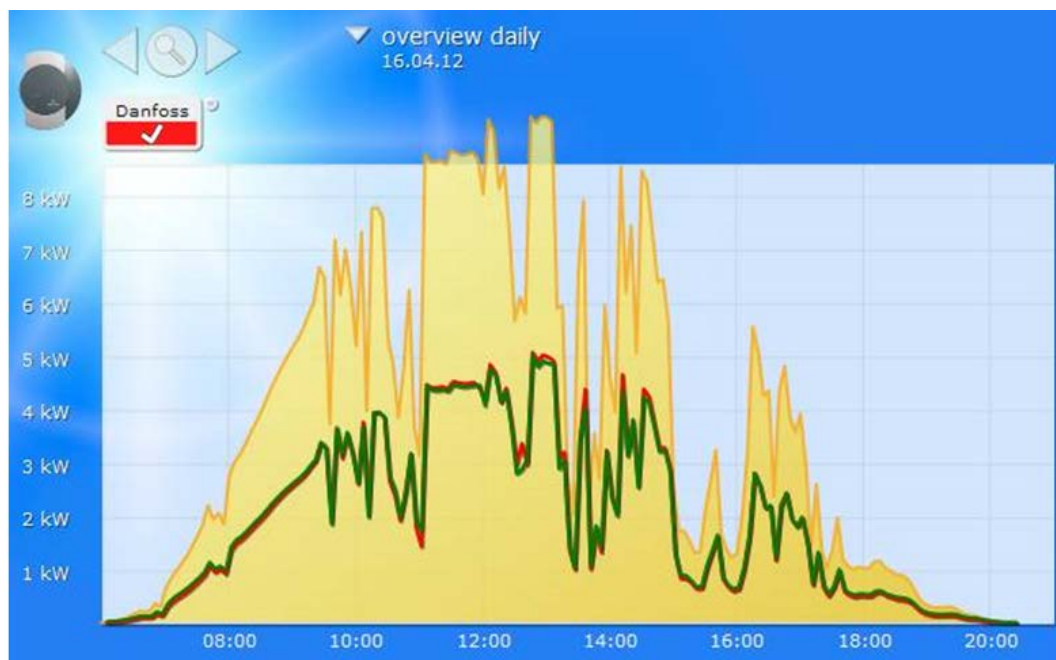
Bakkontakterad mono har högst utbyte på likströmsnivå, men kräver transformatorväxelriktare med galvanisk isolering, vilka har en ca 3 % lägre verkningsgrad än transformatorlösa växelriktare.

Monokrystallin solcellsmodul visar ett något högre utbyte vid molnigt eller kallt väder. Detta kan till viss del förklaras av att solcellerna i dessa moduler har 2 kontakteringar (bus-bar), medan alla övriga har 3 kontakteringar.



Figur 3. Utbyte vid molnigt väder visar att monokrystallin modul (grön kurva ligger något över polykrystallin modul (den röda).

Polykrystallin solcellsmodul visar fördelar vid varm eller solig väderlek.



Figur 4. Vid hög instrålning syns det ganska tydligt att den polykrystallina modulen (röd) överträffar den monokrystallina (grön).

Bifacial solcellsmodul

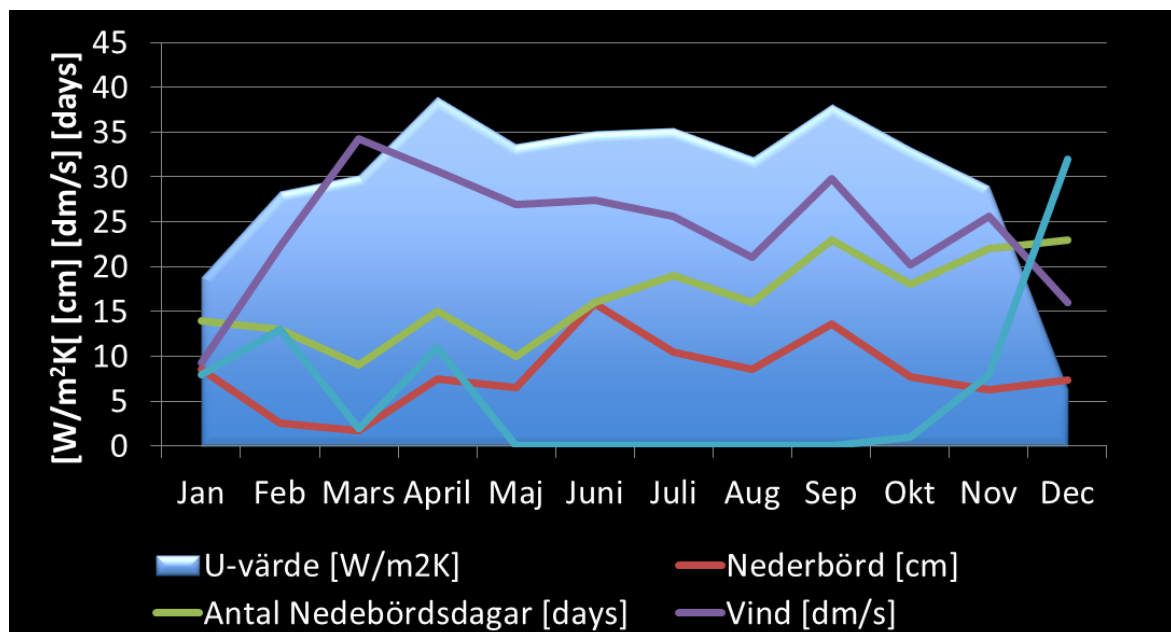
Vårt provexemplar visar ett ungt exemplar av Bifacial tekniken som inte är "up-to-date" längre. Noggrann mätning av nyare versioner av Bifacial-moduler bör göras.

Färg på "backsheet"

Vit "backsheet" ger ett ca 2 % högre årsutbyte än övriga. Performance Ratio (PR) är ca 2 % högre än de med svart eller transparent "backsheet" tedlar, även om svart "backsheet" torde kunna påvisa en högre absorption av värme och därmed minska utbytet ytterligare.

Ventilation av solcellsmoduler

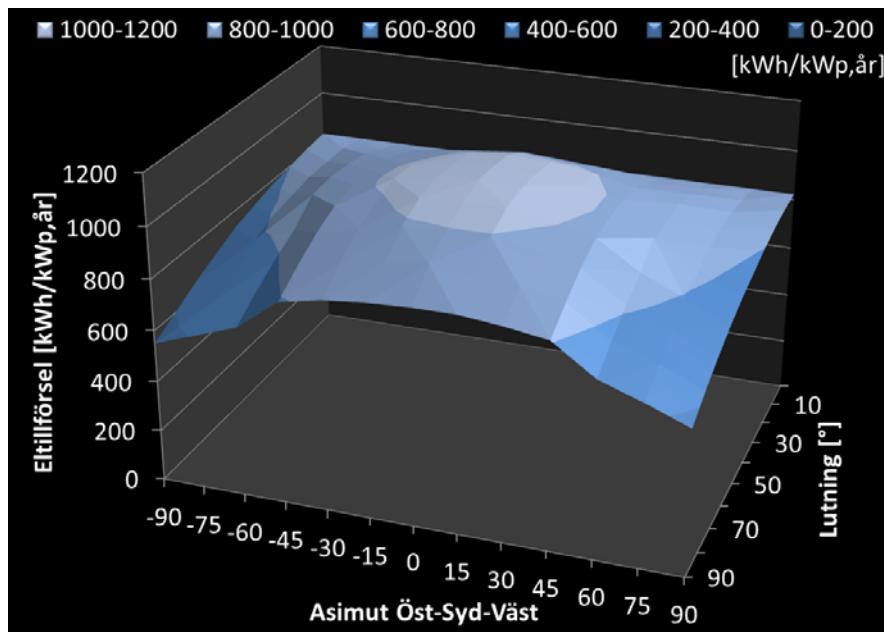
Det är av stor vikt hur mycket solcellerna kan ventileras. I pilotprojektet på Schenker har detta lyckats särdeles bra och en ventilationskoefficient på $\sim 35 \text{ W/m}^2\text{K}$ har uppnåtts. I vanliga fall uppnås som mest $29 \text{ W/m}^2\text{K}$. Projektet har också visat att genom att ha en viss förhöjning av solcellsmoduler så ökar vindhastigheten förbi solcellsmodulerna vilket gör att snö inte fastnar under modulerna.



Figur 5. Uppmått ventilationskoefficient (U-värde, även kallat h-värde) i $\text{W/m}^2\text{K}$ som funktion av vindhastighet och mängd nederbörd.

Riktning/upplutning av solcellsmoduler

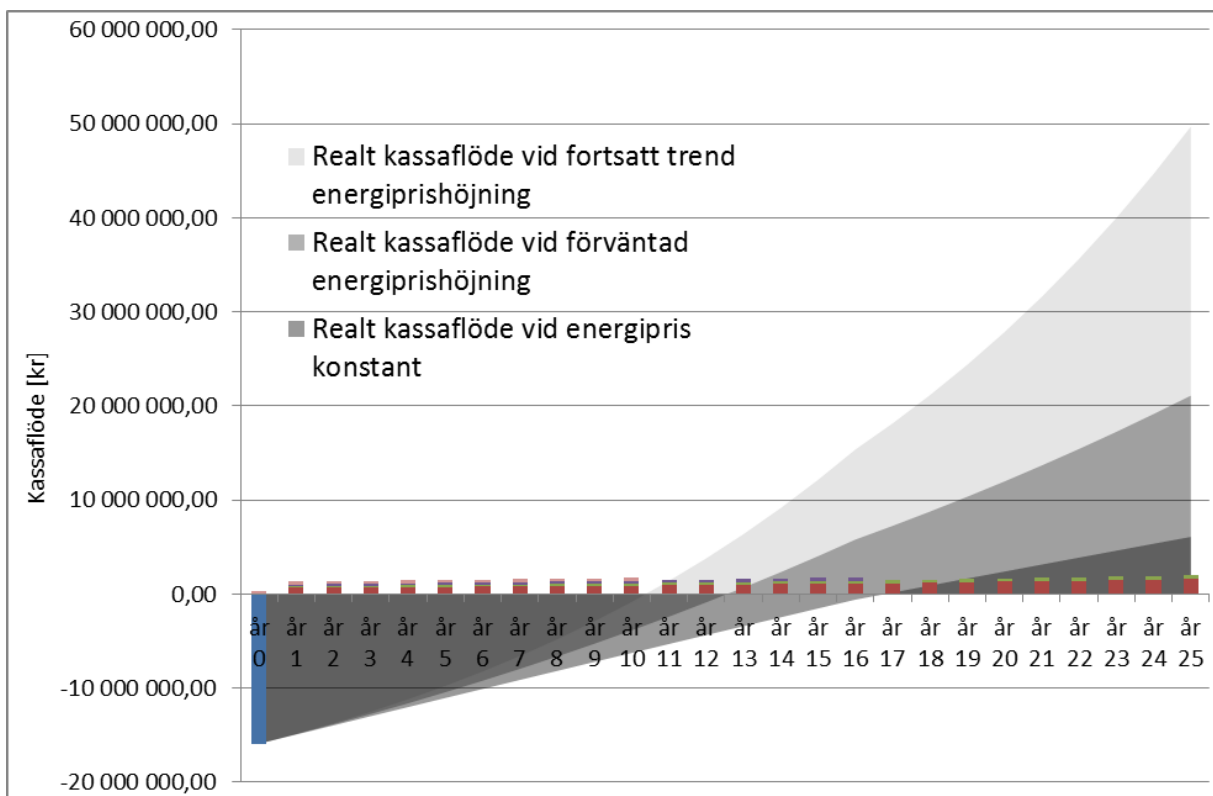
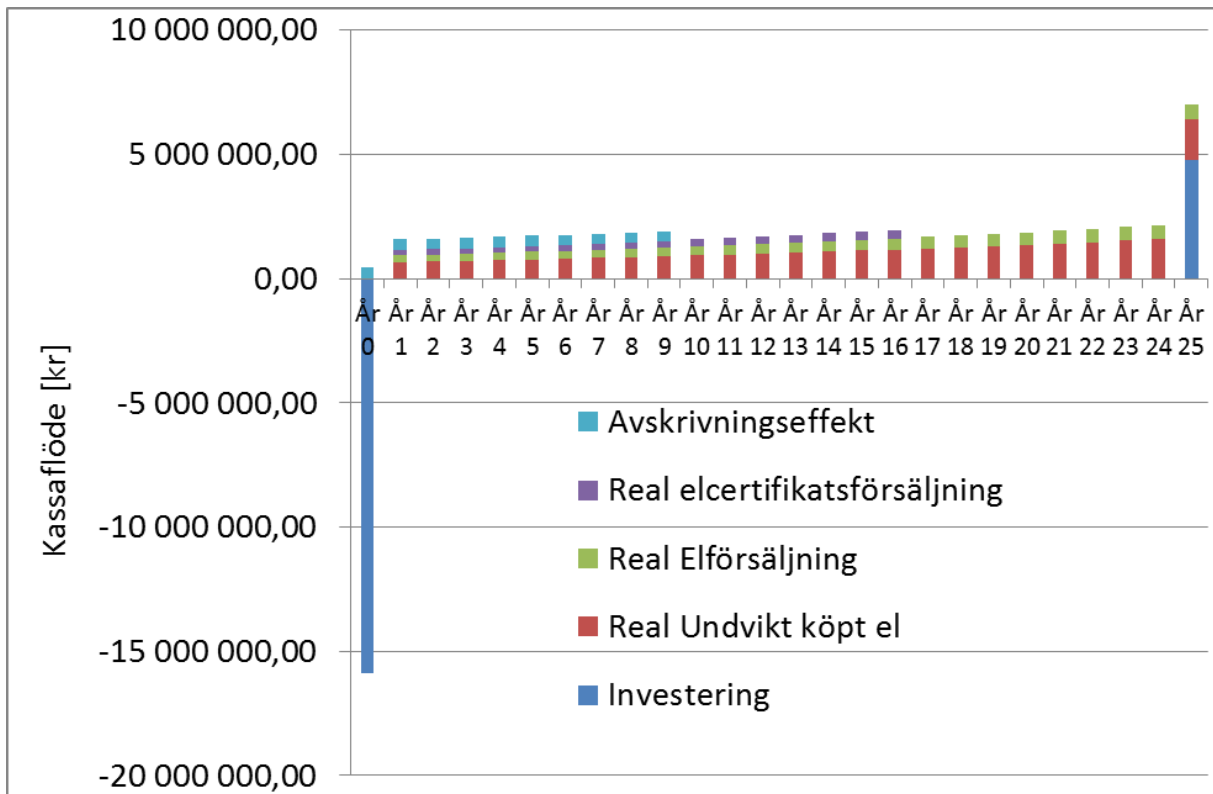
Solceller i fast montage har optimal lutning ca 40° från horisontalplanet rakt mot söder, asimut 0 grader. Det är dock liten minskning av elproduktion av att luta dem åt t ex sydväst ($+45^\circ$ asimut). Att luta dem mot både öst och väst ger mindre energi [kWh] per panel och år, men möjliggör större installation utan skuggning samt att det går att minska mängden växelriktareffekt. I Figur 6 visas solelproduktionen som funktion av lutning och asimut.



Figur 6. Riktning resp upplutning av solcellsmoduler. Inverkan på solcellselproduktion i kWh/kW toppeffekt och år.

1.3 Utvärdering på systemnivå och ekonomi

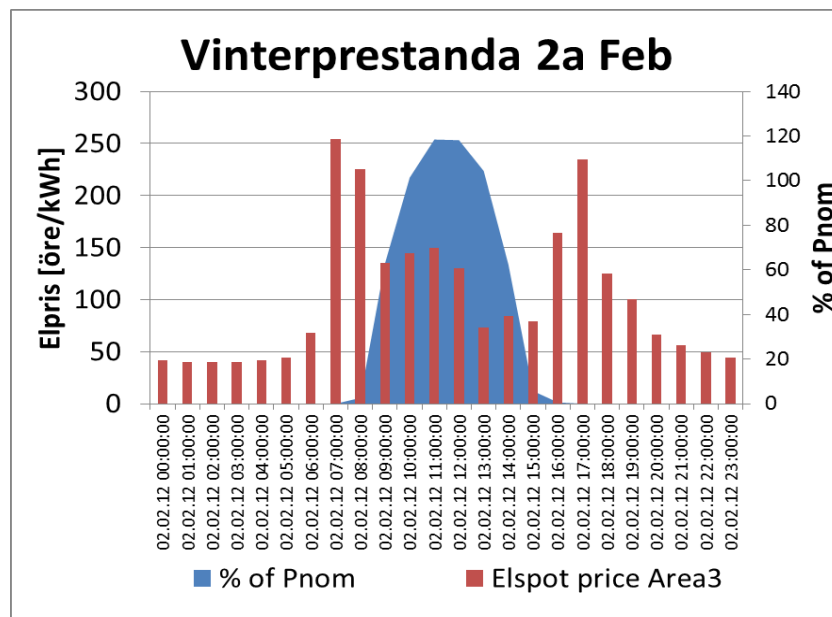
Solcellsinstallationer kan göras oberoende av skala, vilket är en stor fördel. Kassaflödesanalysen ger ofta en pay-off på ca 10-15 år, vilken beror av elprisutvecklingen. Det finns också möjlighet att söka stöd för anläggning, vilket i så fall ytterligare skulle gynna pay-off tiden. Granatitid för solcellsmoduler är 25 år och den tekniska livslängden bedöms till 30-50 år.



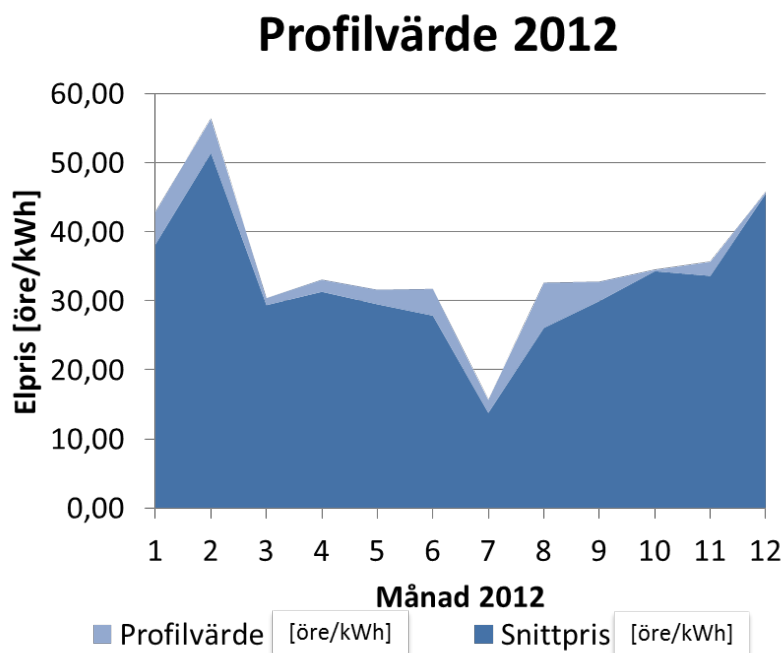
Figur 7. Kassaflödesanalys för solcellsinstallation på 1 MW.

I och med att solcellsmodulerna hålls snöfria ges god möjlighet att få högt utbyte även kalla vinterdagar. I Figur 8 nedan visas exempel på den 2a februari och elpriserna vid detta tillfälle. Solcellerna producerar hög effekt då konsumtionen är hög och därmed finns god möjlighet att kunna

sälja el vid tillfällena som har högre elpriser. Detta visas i genomsnitt hur stor inverkan det har gentemot medelpriset i Figur 9, det s k profilvärdet.



Figur 8. Solcellsproduktion i förhållande till nominell (Pnom) effekt den 2a Februari 2012.

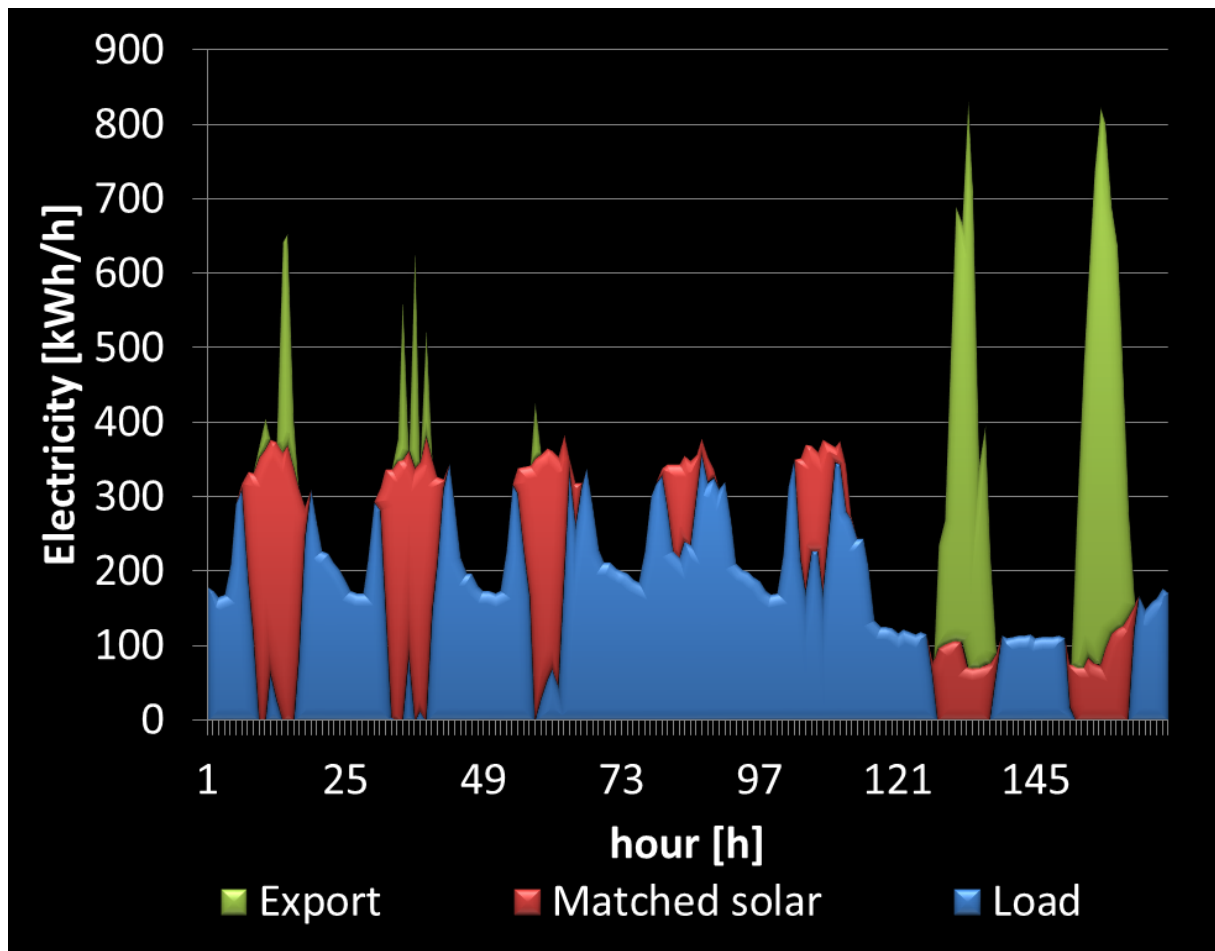


Figur 9. Solelproduktionens profilvärde 2012 där produktionens timvärden utvärderats gentemot månadens snittvärde, d v s soleen producerar vid timmar med högre elpris.

1.4 Batteriladdning

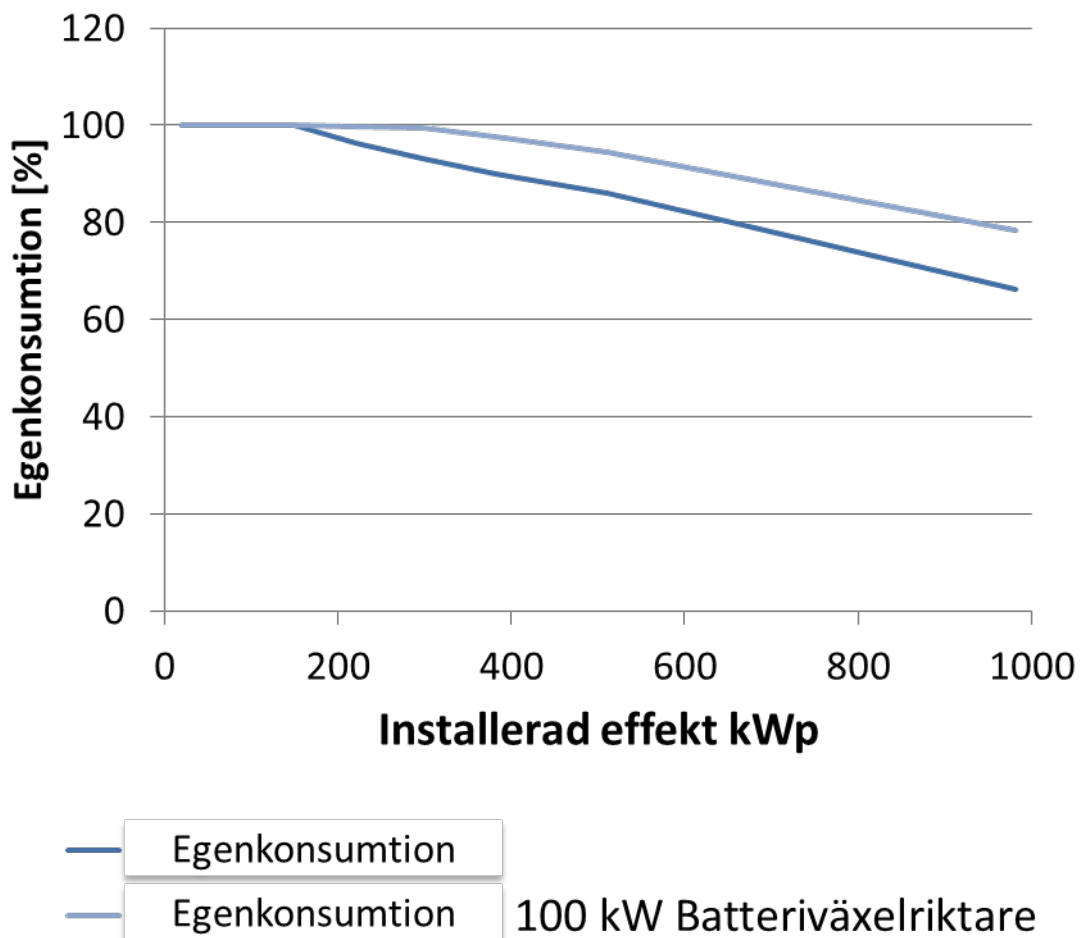
En mycket viktigare del för lönsamheten hos en soleanläggning idag är att kunna använda elen själv som egenkonsumtion, vilket visats i tidigare rapport, "solcellsinstallation hos Schenker". Värdet på

egenkonsumerad el är ca 1,00 kr/kWh exkl moms och för såld el ca hälften av detta 0,55 kr/kWh. Eftersom Schenker har 74 st batterier som används i de 37 st eltruckarna på plats finns möjlighet att använda detta batterilager för att slippa sälja el som överskott. Batterierna har ca 1500 kWh lagringskapacitet och skulle främst användas helgtid vid en expansion av solcellsanläggning. Figur 10 visar veckoelprofil vid en installation av 1 MW solcellsmoduler i 40 graders lutning rakt mot söder. De gröna fälten är överskott.



Figur 10. Veckoelprofil vid 1 MWp solcellsinstallation (produktion 1 GWh/år = 1 miljon kWh/år) Typiskt solelproduktionsmönster i förhållande till konsumtion. Blå fält visar last, röda matchad soleltillförsel med konsumtion, gröna fält visar överskott.

De befintliga batterierna skulle räcka till att kunna ta hand om ca 100 kW effekt vilket således inte tar hela överskottet, men skulle öka egenkonsumtionen med ca 12 % och därmed vara lönsamt, se Figur 11. Urladdningen av batterierna skulle öka med ca 10 % per år, vilket skulle kunna ge visst avkall på livslängd, men marginellt. Ett enklare sätt att åstadkomma åtminstone hälften av ökningen av egenkonsumtion är genom att schemalägga laddningen av truckarna och då inte påverka livslängden av truckarna överhuvudtaget.



Figur 11. Eigenkonsumtion som funktion av installerad solcellseffekt med batteriväxelriktare för truckladdning, resp utan.

I ett framtida scenario är det tänkbart att det kommer att finnas mer elektrifierade transportmedel hos Schenker då det är en logistikcentral. Vardagstid används lastbilarna, men personbilar står på parkeringen. Vid annan tid kan lastbilar finnas tillgängliga. Eigenkonsumtionen skulle i dessa fall kunna öka betydligt.

Riktning/upplutning av solcellsmoduler, inverkan på egenkonsumtion

Eftersom ellasten fortgår hela dygnet och har en viss säsongsvariation spelar det in hur solcellerna är riktade för att täcka så stor del av konsumtionen som möjligt. Figur 8 och 9 visar hur elproduktionen är vid 40 ° rakt mot söder. Genom att ändra till öst-västlig installation minskar behovet av batteriladdningseffekt [kW], men mängden batterilagringkapacitet ökar [kWh]. Genom att höja lutningen på solcellsplanet vid rak söder installation ökar behovet av batteriladdningseffekt [kW], och mängden batterilagringkapacitet minskar [kWh].

2 Slutsats

Pilotprojektet har visat hur logistikcentraler kan minska sin elanvändning genom att producera sin egen el. Med dagens priser är det lönsamt att installera solcellsmoduler, där förräntningen i investeringen kan ligga kring 6-10 % sett på 25 år och pay-off 10-15 år. Logistikcentraler har ofta eltruckar vilkas batterier kan användas för att öka egenkonsumtionen. Vid inköp av eltruck bör krav ställas på att batterierna kan användas dubbelriktat, d v s både laddning och urladdning.

2.1 Förslag till fortsatt arbete

Om installation av mer solcellsmoduleffekt blir aktuellt finns mer studier att genomföra:

Schematisk laddning av batterilagret.

Installation av dubbelriktade batteriväxelriktare istället för traditionella batteriladdare.