



CHALMERS



Solcellsanläggningar i nybyggnadsprojekt **Utvärdering med fokus på beslutsprocessen**

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet Byggingenjör

JOHNNY CHAMAT
EMIL CARLSSON

EXAMENSARBETE BOMX03-17-12

Solcellsanläggningar i nybyggnadsprojekt

Utvärdering med fokus på beslutsprocessen

Examensarbete i högskoleingenjörsprogrammet

Byggingenjör

JOHNNY CHAMAT

EMIL CARLSSON

Institutionen för bygg- och miljöteknik
Avdelningen för installationsteknik
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, 2017

Solcellsanläggningar i nybyggnadsprojekt
Utvärdering med fokus på beslutsprocessen

Examensarbete i högskoleingenjörsprogrammet

Byggingenjör

JOHNNY CHAMAT

EMIL CARLSSON

© JOHNNY CHAMAT, EMIL CARLSSON, 2017

Examensarbete BOMX03-17-12 / Institutionen för bygg- och miljöteknik,
Chalmers tekniska högskola 2017

Institutionen för bygg- och miljöteknik
Avdelningen för installationsteknik
Chalmers tekniska högskola
412 96 Göteborg
Telefon: 031-772 10 00

Omslag:
Solceller på Östra sjukhusets parkering (Solect Power, 2017)

Solcellsanläggningar i nybyggnadsprojekt
Utvärdering med fokus på beslutsprocessen
Examensarbete i högskoleingenjörsprogrammet

Byggingenjör

JOHNNY CHAMAT

EMIL CARLSSON

Institutionen för bygg- och miljöteknik

Avdelningen för installationsteknik

Chalmers tekniska högskola

SAMMANFATTNING

Detta examensarbete är ett samarbete mellan Chalmers tekniska högskola och Skanska. Rapportens huvudmål och inriktning kommer att vara solceller i allmänhet och beslutsfattning kring solcellsinstallationer i synnerhet. Syftet med rapporten är att ge en ökad förståelse för de drivande faktorerna i beslutsfattandet angående installation av solcellsanläggningar vid nybyggnadsprojekt i Sverige.

Solelens tekniska förutsättningar, miljöcertifieringar, stödsystem och regelverk som påverkar beslutsfattandet kartläggs. Solelens tekniska förutsättningar där parametrarna riktning, lutning och skuggning är betydande och viktigt att ta hänsyn till för maximal produktion. I projekt där miljöcertifieringar efterfrågas används solceller för att uppnå de uppsatta målen. Stödsystem och regelverk för solcellsinstallation är olika beroende på om man är privatperson, mikroproducent eller elproducent.

Rapporten undersöker vilka faktorer som har varit betydande för beslutsfattning av solcellsinstallation på fastigheter som kontor, butiker och skola där stort konstant elbehov behöver täckas. Rapporten utvärderar även solceller på taket på ett parkeringsgarage vilket är en oanvänd yta.

Beslut om solcellsinstallation i projekten är beroende av aktörernas målsättning i ämnet. I rapporten har vi kunnat urskilja tre olika kategorier:

1. Offentliga organ som har satsat på miljömål vilket gynnar utbredningen av solceller.
2. Privata företag som genom sitt byggande vill profilera sig gentemot kunder och arbetstagare.
3. Privata företag som vill höja marknadsvärdet på aktuell fastighet gentemot köpare/ hyresgäster.

Nyckelord: solceller, beslutsfattning, nybyggnation, fastigheter, miljöcertifieringar, lönsamhet.

Solar systems in new construction projects

Evaluation with a focus on the decision-making process

Diploma Thesis in the Engineering Programme

Building and Civil Engineering

JOHNNY CHAMAT

EMIL CARLSSON

Department of Civil and Environmental Engineering

Division of Building Services Engineering

Chalmers University of Technology

ABSTRACT

This thesis is a collaboration between Chalmers University of Technology and Skanska. The main focus of the report is solar cells in general and decision making on solar systems in particular. The purpose of the report is to provide a better understanding of the driving factors in decision making regarding the installation of photovoltaic installations in new construction projects in Sweden

The technical conditions of the solar system, environmental certifications, support systems and regulations affecting decision-making are identified. For maximum production it is important to consider the direction, tilt and shading of the solar system. In projects where environmental certifications is requested, solar cells are used to achieve the set goals. Support systems and regulations for solar installation are different depending on whether you are a microprocessor or a large electricity producer.

The report investigates which factors have been significant for decision making of solar cell installations on real estate such as offices, shops and schools where large constant electricity needs to be covered. The report also evaluates solar cells on the roof of a parking garage which is an unused surface.

Decisions on solar installation in the projects are dependent on the actor's objectives in the subject. In the report we have been able to distinguish three different categories:

1. Public companies that have developed environmental goals, which promote the expansion of solar system.
2. Private companies who by their construction want to profile themselves towards customers and employees.
3. Private companies who wants to raise the market value of current real estate to buyers / tenants.

Key words: Solar, decision making, new construction, real estate, environmental certifications, profitability.

Innehåll

SAMMANFATTNING	I
<i>DIPLOMA THESIS IN THE ENGINEERING PROGRAMME</i>	II
ABSTRACT	II
INNEHÅLL	III
FÖRORD	V
1 INLEDNING	1
1.1 Syfte och problemställning	2
1.2 Avgränsningar	2
2 METOD	3
2.1 Litteraturstudie	3
2.2 Projektstudie	3
2.2.1 Intervjuer	4
2.2.2 Lönsamhetsberäkningar	4
3 LITTERATURSTUDIE	7
3.1 Teknisk information	7
3.1.1 Solinstrålning	7
3.1.2 Solcellen	9
3.1.3 Växelriktare	11
3.1.4 Placering	11
3.1.5 Montering	12
3.1.6 Skuggning	13
3.2 Sveriges mål och visioner	13
3.3 Livscykelanalys över olika kraftslag	15
3.4 Ekonomiska förutsättningar	16
3.4.1 Privatperson (Mikroproducent)	17
3.4.2 Företag (Mikroproducent)	18
3.4.3 Företag (Elproducent)	18
3.4.4 Moms	18
3.4.5 Elcertifikat och kvotplikt	18
3.4.6 Prisutveckling solceller	19
3.5 Miljöcertifieringssystem	20
3.5.1 LEED-certifiering	22
3.5.2 Miljöbyggnad	24
3.6 Skanskas mål och visioner	27
4 UTVÄRDERING AV PROJEKT	29
CHALMERS , <i>Bygg- och miljöteknik</i> , Examensarbete BOMX03-17-12	III

4.1	Väla gård	30
4.2	Tennet	37
4.3	Juvelen	40
4.4	KV6 Valand	43
4.5	Vallastadens Skola	46
4.6	Östra sjukhuset	50
4.7	Sammanställning	54
5	DISKUSSION	57
5.1	Faktorer som påverkar lönsamheten	57
5.2	Faktorer som påverkar beslut av solceller	59
5.3	Framtidsutsikter	60
6	REFERENSER	61
7	FIGUR- OCH TABELLFÖRTECKNING	65

Förord

Examensarbetet omfattar 15hp och är den avslutande delen i det treåriga programmet Byggteknik på Chalmers tekniska högskola. solcellsanläggningar i nybyggnadsprojekt och har genomförts i samarbete med Chalmers och Skanska.

Arbetet har präglats av kontakt med beslutsfattande personer inom byggbranschen vilket gett en god inblick av näringslivet. Arbetet har omfattat tidig planering till färdig rapport vilket har varit lärorikt och intressant.

Vi vill rikta ett stort tack till vår eminenta handledare på Chalmers Maria Haegermark samt vår handledare på Skanska Andrea Pap de Pesteny för värdefull vägledning under arbetets gång. Ett tack riktas även till vår examinator, professor Jan-Olof Dalenbäck för tänkvärda inspel.

Till sist vill vi tacka alla de personer vi har intervjuat eller varit i kontakt med under arbetets gång för deras tid och engagemang.

Göteborg 2017

Johnny Chamat
Emil Carlsson

1 Inledning

När boken Tyst vår lanserades år 1962 spreds begreppet hållbar utveckling över världen. Allvarliga konsekvenser började märkas med sura sjöar, växande ozonhål och ökad medeltemperatur för att nämna några.

Världen står således inför många miljöproblem och en stor faktor för en del av dessa är användningen av fossil energi. Samhället behöver därför agera på detta och övergå från fossil energi till förnybar energi. Klimatkonferensen i Paris 2015 resulterade i ett globalt rättsligt bindande klimatavtal där det beslutades att begränsa den globala uppvärmningen till långt under 2.0 grader med en strävan mot 1.5 grad (Regeringen, 2017).

Sverige i sin tur arbetar nationellt med 16 miljömål. Ett av dessa mål är begränsad klimatpåverkan och ett steg i detta mål är en 100 % förnybar elproduktion fram till 2040. Här borde solceller kunna utgöra en viktig del, dock står elproduktionen från solceller för en försvinnande liten andel (0,07 %) av elproduktionen 2015. Kärnkraften i Sverige står för ungefär 40 % av elproduktionen (Energimyndigheten, 2017c).

I Tyskland som har liknade klimatförutsättningar som Sverige uppmättes i juli 2015 en elproduktion av solceller på 5,2 TWh, vilket motsvarar samma storleksordning som den svenska elproduktionen av kärnkraft för en månad (Dalenbäck, 2015). Sveriges elproduktion av solceller uppskattas vara 110 GWh 2015 (R.Palmgren, 2016).

Jan Olof Dalenbäck skriver i rapporten ”solceller i Göteborg” att det finns ungefär 125 miljoner m² takyta på bostadshus och lokalbyggnader i Sverige som är tekniskt lämpliga att använda solcellsanläggningar på. Lågt räknat skulle denna takyta generera 12,5 TWh/år vilket är 113 gånger större än nuvarande solelsproduktion (R.Palmgren, 2016).

Examensarbetet är ett samarbete mellan Chalmers tekniska högskola och Skanska. Rapportens huvudmål och inriktning kommer att vara solceller i allmänhet och beslutsfattning kring solcellsinstallationer i synnerhet. Skanska har installerat solceller på några av sina projekt, vad ligger till grund för dessa beslut och vad krävs för att användningen ska öka?

1.1 Syfte och problemställning

Syftet med den här rapporten är att ge en ökad förståelse för de drivande faktorerna i beslutsfattandet angående installation av solcellsanläggningar vid nybyggnadsprojekt i Sverige. Syftet är även att redogöra för förutsättningarna för att använda sig av solel.

Arbetet ska besvara följande frågeställningar:

- Hur är lönsamheten av solcellanläggningar på fastigheter?
- Hur påverkar placering av solceller energiutbytet och lönsamheten?
- Vilka krav ställer de olika aktörerna vid beslutsfattning vid upphandling av nya projekt?
- Styr byggandet med hänsyn till enbart BBR eller är miljöcertifikat betydande?
- Var går gränserna att uppnå olika nivåer inom de olika certifikaten?
- Hur används solceller för att nå målen för de olika certifikaten?
- Vilka återbetalningstider är godtagbara för beställaren?
- Hur påverkas beslutsfattningen av ägandestruktur?
- Hur används solceller för att uppnå aktörernas mål och visioner för de utvalda projekten?

1.2 Avgränsningar

Rapporten kommer undersöka på tekniska förutsättningar för solel, Sveriges mål och visioner, ekonomiska förutsättningar, miljöcertifieringar. Rapporten kommer fokusera på beslutsfattningen för solceller på fastigheter som kontor, butiker och skola där stort konstant elbehov behöver täckas. Rapporten kommer även att utvärdera solceller på taket på ett parkeringsgarage vilket är en oanvänd yta.

Då rapporten är utförd i samarbete med Skanska kommer även fokus ligga på deras förhållningssätt till solceller gentemot deras olika miljöcertifieringar. För att få en bredare förståelse för hur samhällets olika aktörer arbetar med solcellsinstallation, har projekt valts ut där de tre aktörerna privatägt företag, kommunalt företag samt landsting arbetssätt åskådliggörs.

Antalet studerade objekt är relativt få, vilket gör det svårt att dra generella slutsatser från resultaten. Resultaten ger dock en indikation på hur de olika aktörerna resonerar kring solcellsinstallation.

2 Metod

Examensarbetet omfattar två delar: Litteraturstudie och utvärdering av projekt. Den första delen ger generell information om bland annat solet, miljöcertifieringssystem och hur Skanska arbetar för ett hållbart byggande.

I den andra delen undersöks ett antal färdigställda eller planerade projekt där det valts att använda solceller. I utvärdering av projekten ingår dels studier av respektive solcellsanläggning, både vad gäller soletutbyte och lönsamhet, och dels intervjuer med beslutsfattande aktörer.

2.1 Litteraturstudie

Den första delen av rapporten är en litteraturstudie där tekniska förutsättningar för solet, Sveriges mål och visioner, ekonomiska förutsättningar samt miljöcertifieringar granskas. Till grund för den här delen ligger rapporter från myndigheter, branschföreträdare samt företag. Ett studiebesök på Gothia solenergi i Göteborg samt Skanskas interna hemsida OneSkanska.

Syftet med studiebesöket på Gothia solenergi var att utvidga den tekniska kunskapen om solceller, samt återförsäljarnas syn på utveckling och framtid.

2.2 Projektstudie

Projektstudien innefattar sex olika projekt, varav fyra är färdigställda och två är pågående. Objekten som valts ut är fastigheter med ett relativt högt elbehov under dagtid. För att jämföra olika alternativ har projekt valts med olika solcellstyper, placeringar av solceller och ägandestruktur. De projekt som studeras är:

- Välagård
- Tennet
- Juvelen
- Vallastadens skola
- Kv 6 Valand
- Östra sjukhuset

För respektive projekt ges en beskrivning av solcellsanläggningen och den process som ledde fram till ett beslut om att ha med solceller i projektet. Underlag till detta är projekteringshandlingar och intervjuer med beslutsfattande aktörer. Intervjustudien beskrivs närmare i avsnitt 2.2.1.

För de solcellsanläggningar som är i drift har dessutom uppmätt soletproduktion och soltäckningsgrad (hur stor del av byggnadens energibehov som försörjs av solet) jämförts med beräknade uppgifter.

För samtliga projekt har egna lönsamhetsberäkningar utförts. De metoder som används för att beräkna lönsamheten beskrivs i avsnitt 2.2.2.

2.2.1 Intervjuer

Intervjuerna fokuserar på beslutsfattandet angående solceller på de utvalda projekten. Områden som diskuteras är brukstiden, ekonomiska förutsättningar, miljöcertifiering, framtidsvisioner samt marknadsföringsvärde.

Intervjustudien gjordes för att belysa inställningen och kunskapen angående solceller hos beställarna i de utvalda projekten och för att svara på vad som har varit de drivande faktorerna vid beslutsfattningen vid installation av solceller.

Intervjustudie valdes för att få bättre kunskap på hur resonemanget har sett ut kring beslutsfattandet om solcellsinstallation för respektive projekt. Fördelen med en intervjustudie i jämförelse med en enkätstudie är att svaren blir mer utvecklade och diskussion angående svaren kan föras. Fördelen med en enkätstudie är att den är mindre tidskrävande vilket hade möjliggjort att antalet tillfrågade och därmed potentialen att dra generella slutsatser hade ökat.

2.2.2 Lönsamhetsberäkningar

De lönsamhetsmetoder som används för att beräkna en investerings lönsamhet är nuvärdemetoden, payback-metoden, internräntemetoden och fast elkostnad under solcellens livstid.

Utförda lönsamhetsberäkningar har utförts med Excelberäkningsunderlag ”Investeringskalkyl för solceller” som är skapad i samarbete av Mälardalens Högskola, Stockholm stad, personer inom branschen och Energimyndigheten. Investeringskalkylen beräknar fram nuvärde och internränta med hänsyn till en rad faktorer som påverkar solcellsinvesteringen. ”Projektets syfte är att utveckla en heltäckande analysmodell för investeringsbeslut för solcellsanläggningar. Modellen ska baseras på en internationellt etablerad modell för analys av produktionskostnad av energi (Levelized Cost Of Energy) som ska anpassas till svenska förhållanden” (Stridh, 2016).

Nuvärdemetoden är en kassaflödesmetod som är framtagen för att ta hänsyn till att framtida kapital är mindre värt än kapital du har i dagsläget. Detta görs genom beaktande av in- och utbetalningar vid investeringstillfället (Figur 1). Alla betalningsströmmar med en vald kalkylränta under investeringens livslängd beräknas om till nuvärde och flyttas tillbaka till investeringstillfället. Är grundinvesteringens kostnad mindre än nuvärdet av alla framtida kassaflöden under investeringens livslängd är investeringen lönsam (Per-Hugo Skärvad och Jan Olsson, 2014).

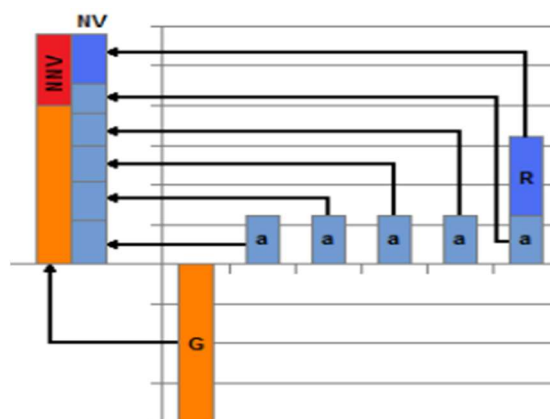
Beräkningsformel nuvärdesfaktor:

$$NV = \frac{1}{(1+r)^n}$$

NV= Nuvärde

r= Kalkylränta

n= Antal år



Figur 1. Nuvärdesmetoden

Nuvärdesmetoden kan användas för att jämföra olika investeringsalternativ och utvärdera vilket alternativ som är mest lönsamt. Nettonuvärdet är nuvärdet av summan av framtida kostnader och intäkter subtraherat med investeringskostnaden. Är nettonuvärdet större än noll är investeringen lönsam och desto högre talet är desto mer lönsamt.

Beräkningsformel för nettonuvärdet:

$$NVP = G + \sum_t^n \frac{C_t}{(1+r)^t}$$

NPV= Nettonuvärde

G= Grundinvestering

n = investeringens livslängd i år

t = året

C_t = Kassaflöde för år t

r = Kalkylränta

Pay back-metoden beskriver hur lång tid det tar att få tillbaka det investerade kapitalet. Denna metod är en enkel metod för att beräkna återbetalningstid av en investering eller jämföra flera. Vid jämförelse mellan investeringsalternativ är den investering med lägst återbetalningstid mest lönsam. I sin grundform tar denna metod ingen hänsyn till kalkylränta utan den framräknade återbetalningstiden bestäms av investeraren om den anser vara acceptabel eller inte. Metoden tar inte heller hänsyn till hur pengarnas värde förändras med tiden och på så sätt är felmarginalen på värdet på återbetalningstiden mindre på kortsiktiga investeringar (Per-Hugo Skärvad och Jan Olsson, 2014).

Om inbetalningsöverskotten a är lika stora varje år ges återbetalningstiden genom:

$$\text{Återbetalningstid} = \frac{G}{a}$$

G= Grundinvestering

a= Inbetalningsöverskott

Internräntemetoden är ytterligare en metod för att bedöma en investerings lönsamhet. Detta görs genom att bestämma vid vilken räntesats investeringens nuvärde är lika med noll. Internräntan ger uttryck för den årliga avkastningen som investeringen ger på det satsade kapitalet. Är internräntan högre än kalkylräntan är investeringen lönsam (Bolmeson, 2008).

$$G - \sum_{i=1}^n \frac{c_i}{(1+IRR)^t} = 0$$

G = grundinvestering

n = Antal år

c_i = Kassaflöde

IRR = internräntan

För att undvika spekulation i marknadsförhållanden som kan ändras med tiden kan en beräkning av det fasta elpriset för den andel av elbehovet som täcks av solet i fastigheten beräknas. Denna metod kan jämföras med LCOE (Levelized Cost of Energy) som kan användas för att jämföra produktionskostnad för olika energislag. Skillnaden mellan dessa metoder ligger i att priset för såld el exkluderas och ingen hänsyn till kalkylränta görs.

$$\text{Fast elkostnad} = \frac{\text{Grundinvestering}}{\text{Årlig solelsproduktion} \times \text{Andel egenanvänd solet} \times \text{Livslängd}}$$

3 Litteraturstudie

I det här kapitlet ges information om solceller och ekonomiska förutsättningar för solen i Sverige, samt en beskrivning av Sveriges mål och visioner relaterade till förnybar el och tillgängliga miljöcertifieringssystem.

3.1 Teknisk information

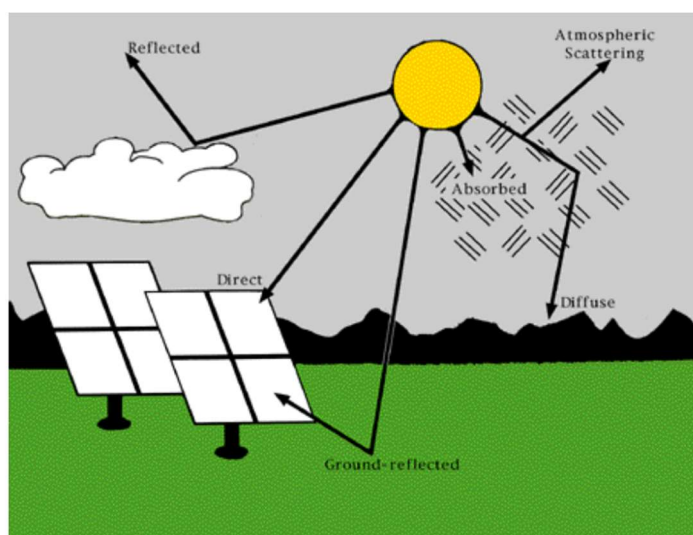
I det här avsnittet beskrivs de viktigaste komponenterna i ett nätanslutet solcellssystem, solcellspanelen och växelriktaren, och ett flertal faktorer som påverkar både energiutbyte och ekonomi diskuteras.

3.1.1 Solinstrålning

Avståndet mellan solen och jorden är i genomsnitt 149,6 miljoner kilometer men varierar med $\pm 1.5\%$ under året. På detta avstånd är effekten från solstrålningen cirka 1366 W/m^2 på en tänkt vinkelrät yta i jordens yttre atmosfär enligt Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut (SMHI, 2017a).

När strålarna sedan når atmosfären sprids och absorberas solens fotoner av moln, partiklar och molekyler. De fotoner som inte ändrar riktning och sprids beskrivs som direkt solinstrålning (Dir) och de som ändrar riktning kallas diffus solinstrålning (Dif). En dag då himlen är totalt molntäckt är alltså all solinstrålning diffus. I Sverige är ungefär hälften av den globala solinstrålningen diffus (Stridh, 2015).

De solstrålar som diffust reflekteras av marken mot en yta kallas reflekterad solinstrålning (ref). Den reflekterande solinstrålningens andel i den globala solinstrålningen är liten om inte ytan har stor lutning eller reflektionen av omgivningen är hög. Den totala solinstrålningen mot en yta, även kallat den globala solinstrålningen (Glob) blir således summan av de olika komponenterna direkt, diffus och reflekterad strålning (Hedén, 2013). Se figur 2.

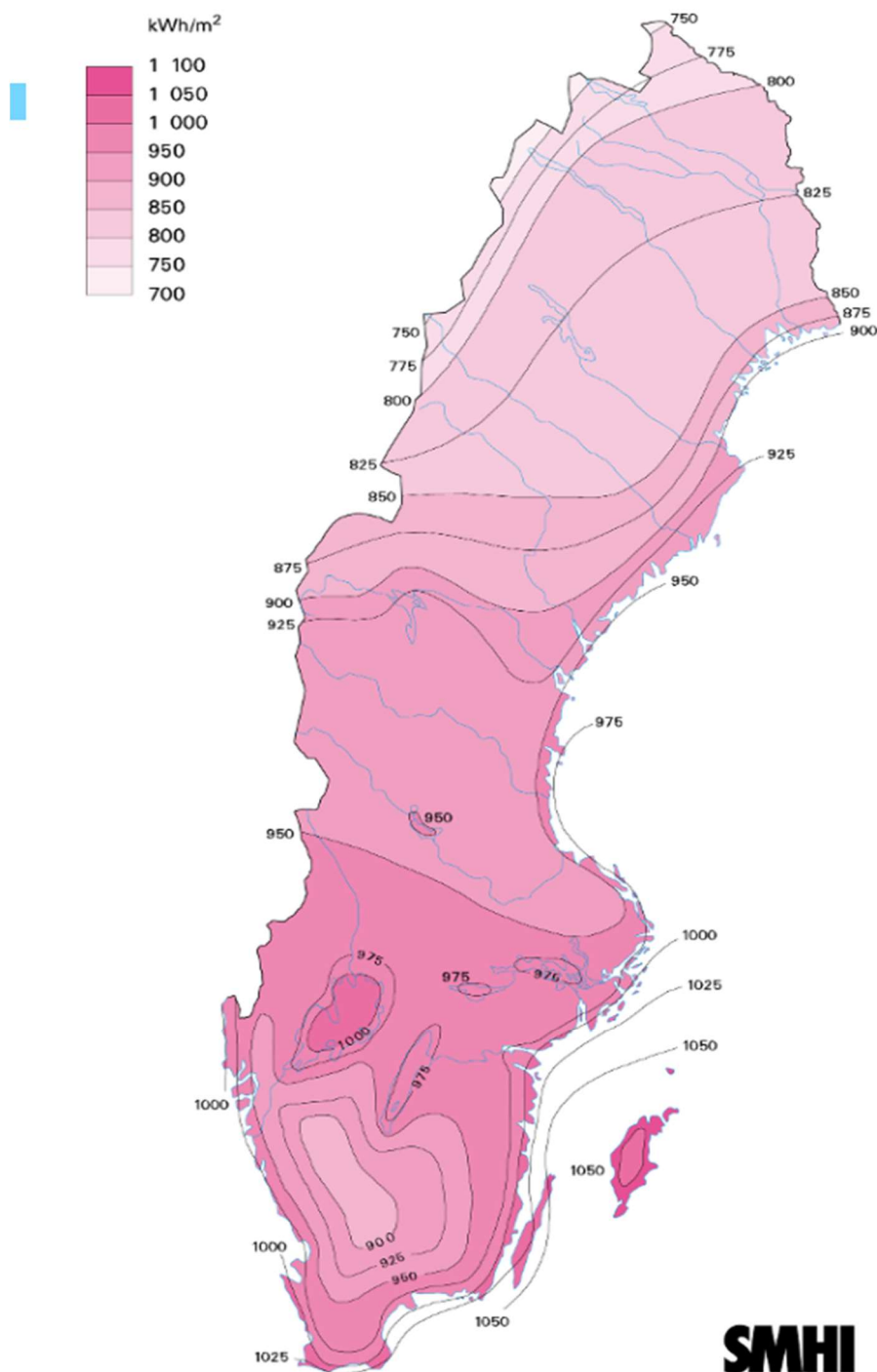


Figur 2. Solinstrålningens olika komponenter (NREL)

För horisontella ytor där ingen reflektion sker från marken blir
 $\text{Glob} = \text{Dif} + \text{Dir}$

För lutande ytor adderas effekten från markreflekterad solinstrålning
 $G_{\text{glob}} = G_{\text{dif}} + G_{\text{dir}} + G_{\text{ref}}$ (Hedén, 2013).

SMHI har tagit fram klimatdata gällande den globala solinstrålningen av ett år i Sverige under den av WMO definierade normalperioden 1961-1990. Mätningen är gjord i horisontalplan (SMHI, 2017b)



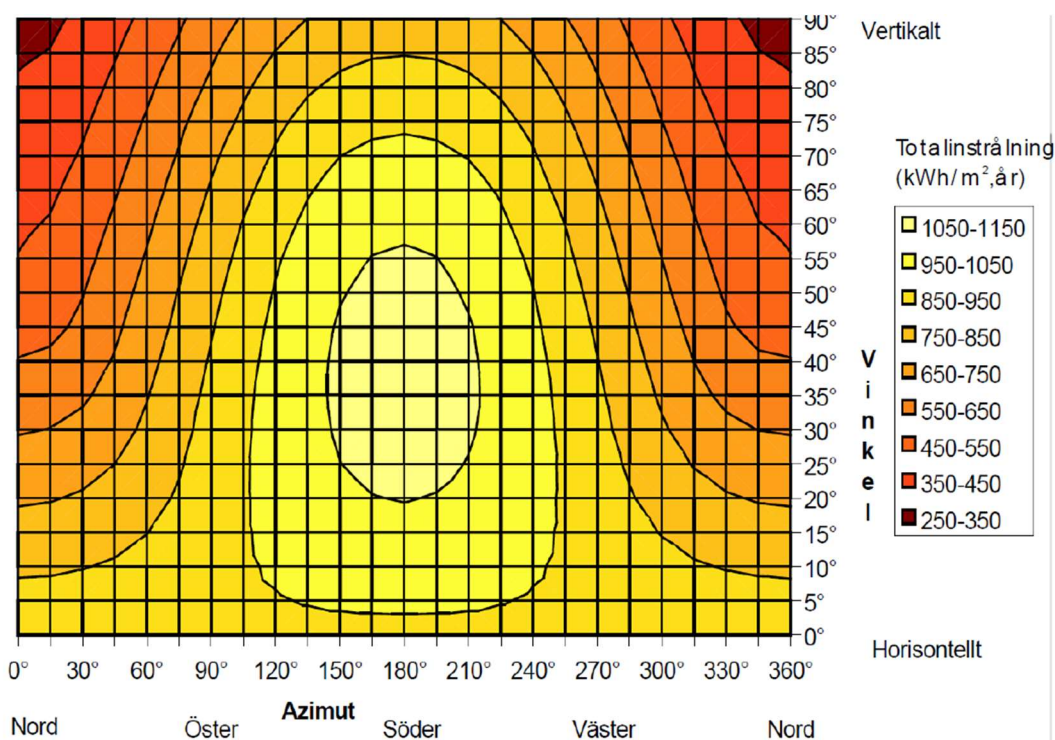
Figur 3. Klimatkarta som illustrerar värdet för globala solinstrålningen ett helt år mellan normalperioden 1961-1990 (SMHI, 2017b)

När solen står i Zenit är den direkta solinstrålningen maximal. Som kan utläsas i Figur 3 är den globala solinstrålningen lägre i norr än i söder. Det beror till stor del på att

solen står lägre i norr vilket minskar koncentrationen av den direkta solinstrålningen på en horisontell yta. Gotland och Öland har högre solinstrålning än söderliggande delar av landet mycket beroende på att molnigheten under sommarhalvåret är lägre där än vid fastlandet. Den globala solinstrålningen är mycket varierande från år till år och kan skilja sig upp mot 10 % över eller under medelvärdet (SMHI, 2017a).

För att få ut maximalt av sina solceller är vinkel och väderstreck avgörande. Optimal placering av en solcellsmodul i Sverige är mot söder i en lutning av ca 35-50° mot horisontalplanet beroende på var i landet solcellsmodullen placeras enligt solelsprogrammet ett utvecklingsprogram utvecklat av energimyndigheten och näringslivet. Avvikelse på 10 grader från optimal lutning ger bara en minskning av 1-2 % av årsproduktionen (Svensk solenergi, 2011).

Figur 4 visar medeldata från Jönköping och redogör för sambandet mellan kWh och vinkel samt väderstreck.



Figur 4. Total solinstrålning i kWh/ m²,år mot horisontalplan i beroende av lutning och väderstreck i Jönköping mellan 1962-1990 (Hedén, 2013)

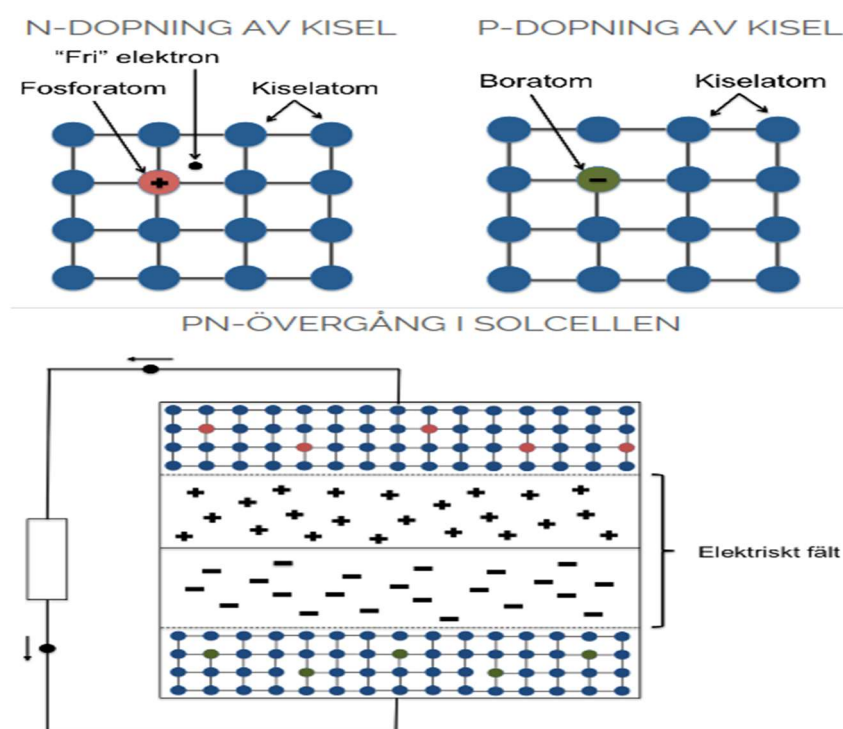
3.1.2 Solcellen

Solcellens syfte är att omvandla solljus till solel och den allra vanligaste principen för detta är PN-övergången (SolarLab, 2016).

Cellen består av två skikt halvledarämnen. Dessa två skikt (vanligtvis kisel) är dopade, det ena skiktet är negativt laddad och det andra är positivt. Det negativt laddade skiktet, N-skiktet innehåller fler elektroner än vad halvledarmaterialet normalt gör, P-skiktet innehåller färre. En potentialskillnad skapas när skikten förs

samman och den överblivna elektronen i N-skiktet söker sig P-skiktet (SolarLab, 2016).

När solljuset fotoner träffar solcellens ovansida N-skiktet bryts en kemisk bindning i kiselkristallen och det frigörs ytterligare en elektron. Denna elektron drivs sedan av potentialskillnaden mellan de två skikten mot det positivt laddade P-skiktet. Därifrån kan den elektronen ledas vidare i en extern elektrisk krets. Elektronen passerar där en elektrisk komponent för att sedan ledas tillbaka till solcellens andra ände, se figur 5. Denna process fortgår så länge som energin i solens fotoner är tillräckligt stor för att lyckas frigöra elektroner. Solinstrålningen är inte konstant vilket gör att energimängden som träffar solcellen varierar och därmed antalet elektroner som frigörs och kan ledas ut till den externa kretsen (Svea Solar, 2013).



Figur 5. PN-övergång i solcellen (Svea Solar, 2013)

Från solen kommer varje sekund en viss mängd energi, denna energi ska omvandlas av solcellen till el. Kvoten mellan dessa bestämmer solcellens verkningsgrad. Den högsta teoretiska verkningsgraden för solceller av kisel ligger på nära 30 %. I labbmiljö har en verkningsgrad på dryga 25 % uppnåtts (SolarLab, 2016).

Kommersiella polykristallina solceller och monokristallina solceller står för 80 % av solcellsproduktionen och har en verkningsgrad av 14-18 % respektive 16-24 %. Storleken på cellerna är vanligen 12,5 x 12,5 cm alternativt 15 x 15 cm. Även om monokristallina solceller når en högre verkningsgrad är polykristallina solceller fortsatt populära då de är ett billigare alternativ. För de kiselbaserade (a-Si) tunnfilm-solcellerna når man en verkningsgrad av 7 % och för de kadmium-Tellur (CdTe) baserade tunnfilm-solcellerna nås en verkningsgrad på 16,3 %. Det finns även tunnfilm baserad på koppar-indium-gallium-diselenid. Kisel tunnfilmssolceller har en

fördel i att tillverkningskostnaden är lägre än för kristallin solcellerna. Nackdelen ligger i att större yta måste tillhandahållas för att producera samma mängd elektricitet (IEA.2015).

Den spänning som en solcell genererar är cirka 0.6 V, för att höja denna seriekopplas solcellerna och skapar därmed en solcellspanel. För att höja spänningen tillräckligt för att ladda ett 12V batteri eller 24V batteri seriekopplas 36 respektive 72 solceller (Svensk solenergi, 2011). När seriekoppling av solceller till solcellspaneler sjunker verkningsgraden, standard för de vanligaste solcellspanelerna på marknaden ligger på cirka 15 % (Energimyndigheten, 2017a).

3.1.3 Växelriktare

Solcellspanelerna producerar el i form av likström, för att ansluta solpanelerna till elnätet behöver strömmen konverteras till växelström. För detta används växelriktare, som känner av spänningen som finns i elnätet och synkroniserar strömmen från solcellspanelerna så det blir rätt spänning och frekvens. Det finns två alternativ av växelriktare, det vanligaste är en central växelriktare. Solcellerna kopplas då samman till en så kallad sträng som kopplas till en central växelriktare, för att sedan kopplas till elnätet. Det andra alternativet är lokala växelriktare där varje solcellspanel har en egen mindre växelriktare som kopplas till elnätet (Solcellsforum, 2017).

Centrala växelriktare dominerar marknaden eftersom priset är lägre samtidigt som den kostsamma tekniken är samlad till en skyddad plats. En negativ faktor med centrala växelriktare är att om en panel blir skuggad sjunker effekten för hela anläggningen drastiskt (Energimyndigheten, 2017b).

Lokala växelriktare har fördel i sin flexibilitet och gör det enklare att bygga ut sitt system, de är heller inte lika sårbara för skuggning av enstaka paneler. Nackdelarna ligger i pris, fler anslutningar i relativt oskyddad miljö på taket vilket gör att risken för elektronikfel ökar samt försvårar byten av växelriktare (Solcellsproffsen, 2017).

En variant av de två alternativen är att använda sig av optimerare som man placerar under varje solcellspanel. Denna levererar sedermera en optimerad DC-spänning (likström) från solcellerna till en central växelriktare. Med detta alternativ undviks problemen med skuggning av enstaka paneler, samtidigt hålls priset är lägre än för lokala växelriktare (Solcellsforum, 2017).

Växelriktare har en kortare livslängd än solcellspaneler, vilket betyder att investeraren bör räkna med att byta ut växelriktaren under solcellssystemets 25-30 åriga livslängd (Energimyndigheten, 2017b).

3.1.4 Placering

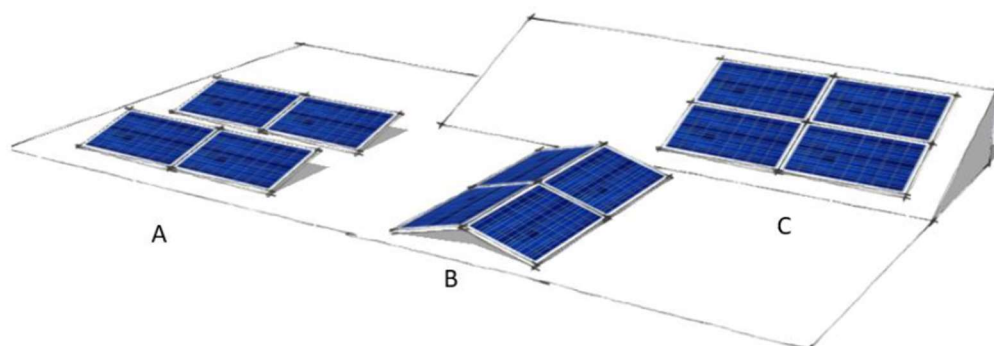
Informationen i avsnitt 3.1.4- 3.1.6 är mestadels hämtat från Jon Malmstens rapport *solceller på tak* från 2015. Sveriges solcellsanläggningar byggs nästan uteslutande på tak. Väderstrecket taken ligger i samt utformningen av byggnaden är avgörande för solcellernas placering. Södervända tak är att eftersträva även om det går att nå lönsamhet i rakt österliga tak till rakt västerliga tak. Högsta produktion av solel nås i

Sverige som nämnts tidigare med en lutning av 35-50 grader. Installationens komplexitet ökar dock med ökad taklutning vilket medför att installationer på låglutande tak ofta har bättre ekonomi (Jon Malmsten, 2015).

Kostnaden för solcellssystem hålls nere genom att välja en så enkel utformning av systemet som möjligt. På lutande tak innebär det att montering av solcellsmoduler följer takets lutning. För platta tak med en lutning upp till 5 grader, monteras solcellsmodulerna normalt i en lutning av 10-20 grader längst den sida av byggnaden som är mest vänd mot söder (Jon Malmsten, 2015).

Grundregeln för sadeltak är att orientera byggnaden där en sida är mot söder. Efterfrågad högre produktion kan byggnadens kortsida istället orienteras mot söder, detta innebär dubbelt så många solceller. Produktionen per solcellspanel minskar dock med ca 15 procent. För ett motfallstak bör takets kortsida vara mot söder, om inte kommer solcellerna som är placerade på takets yta mot norr att behöva långa radavstånd för att undvika skuggning (Jon Malmsten, 2015).

Ytbehovet per installerad kW beror på monteringsutförandet där montering av solceller på lutande tak utgör det minsta ytbehovet, se figur 6.



Ytbehovet varierar beroende på monteringsförfarande. A: panelerna är upplutade i sydlig riktning, ytbehov 10-12 m²/kWt. B: öst-väst – system, ytbehov 6-7 m²/kWt. C: Panelerna monterade på lutande tak, ytbehov 6-7 m²/kWt.

Figur 6. Ytbehovet över olika takvinklar (Jon Malmsten, 2015)

3.1.5 Montering

Vad det är för takkonstruktion och takmaterial påverkar kostnaden för att installera solceller. De billigare alternativen innefattar falsad plåt, korrugerad plåt samt låglutande och platta papptak. Att installera på lutande papptak eller tegeltak är dyrare (Jon Malmsten, 2015).

För estetikens skull kan integrerade solceller användas vilket ersätter annan takbeläggning. Denna lösning är ca 30 % dyrare än att placera solcellsmodulerna ovanpå (Ecokraft, 2017).

Det rekommenderas att använda system där genomföringar av takets tätskikt inte är nödvändigt eller minimal. Monteringssystem för lutande tak består av krokar eller klämmor som fästs i taken samt ett ramverk av aluminiumskenor som solcellsmodulerna vilar mot och fästs samman med hjälp av klamrar. För korrugerad plåt som är minst 0,5 mm tjock fästs klamrar med självhäftande tejp och popnitar. Därefter fästs ramverket av aluminiumskenor i klamrarna (Jon Malmsten, 2015).

För falsade plåttak används falsklämmor för att fästa skensystemet. Vid lutande papptak svetsas infästningsplattor fast. På platta tak används ofta ballastsystem om taket klarar av det, annars används infästningsplattor. När investering görs i en solcellsanläggning är det lämpligt att taket har en livslängd som överstiger 30 år (Jon Malmsten, 2015).

3.1.6 Skuggning

Skuggning av solcellssystem ska i största möjliga mån undvikas då det påverkar produktionen negativt, särskilt för kristallina solceller enligt Seth Larsson (5 april 2017). Vidare berättar Seth att tunnfilmssolceller klarar skuggning bättre än traditionella solceller.

Är det möjligt att placera exempelvis ventilationsutblås på vägg istället för på tak är det att föredra. Föremål på tak bör placeras nära varandra och så lång norröver som möjligt på taken. Vid sadeltak där ena sidan är mot söder eftersträvas placering av skuggande föremål på takets norra sida. För att frigöra mer yta för solcellerna snörasskydd placeras nära takfoten (Jon Malmsten, 2015).

3.2 Sveriges mål och visioner

Sveriges har ett övergripande mål om en uthållig och hållbar energianvändning med låg inverkan på hälsa, miljö och klimat. Energi och elproduktionen ska förbli konkurrenskraftig samtidigt som den successivt ska bidra i en ännu högre grad till ett ekologiskt uthålligt samhälle som främjar social och ekonomisk utveckling. Ett konkret mål som sattes 2008 är att andelen förnyelsebar energi ska uppnå minst 50 % av den totala energianvändningen år 2020 Inom transportsektorn skall användningen av förnyelsebar energi uppgå till minst 10 % år 2020 (Energimyndigheten, 2015).

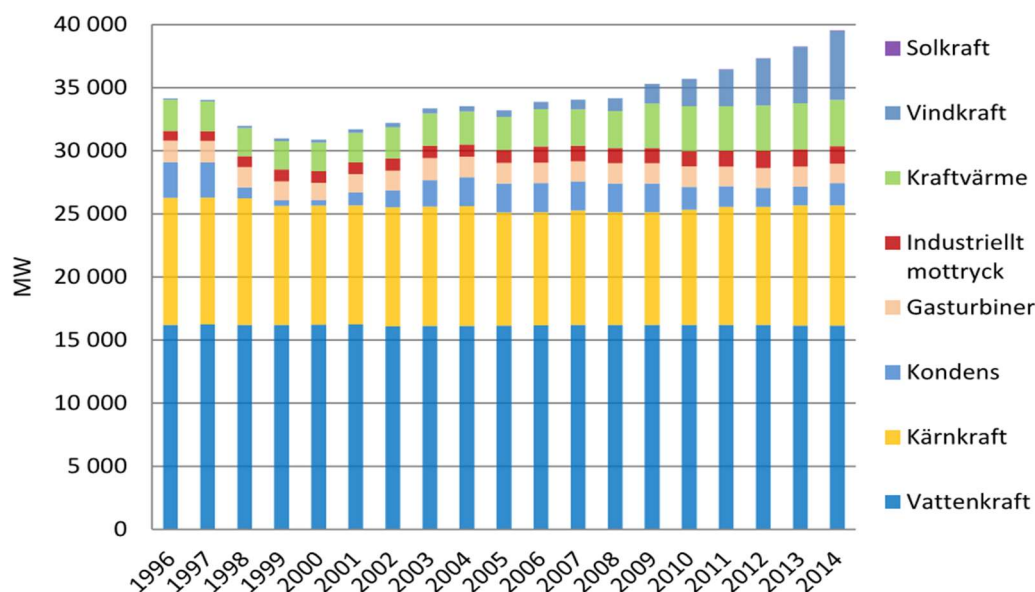
Dessa mål kan tyckas vara något lågt satta då målen redan 2015 nådde en andel förnybar energi på 53 % av den totala energianvändningen. Samma år uppgick transportsektorns andel av förnybar energi till 19 % (Energimyndigheten, 2016d).

Arbetet mot ett hållbart samhälle slutar dock inte här, 2015 tillsatte nämligen regeringen en energikommission vars syfte var att få fram en bred politisk överenskommelse om Sveriges energipolitik. Detta ledde 2016 fram till en ramöverenskommelse mellan alla riksdagspartier utom Sverigedemokraterna och Liberalerna. Denna överenskommelse innefattar bland annat Sveriges mål om en 100 % förnybar elproduktion år 2040 (Energikommissionen, 2016).

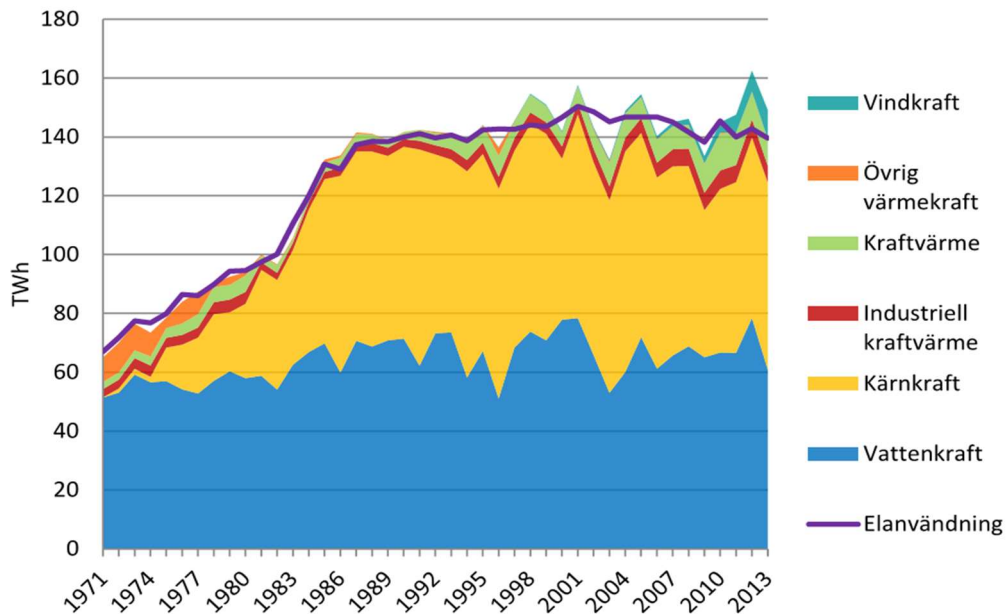
Göteborg stad har i sin tur tagit fram ett program som innehåller nio klimatstrategiska mål. Ett av dessa mål är att Göteborg ska producera minst 500 GWh förnybar el år 2030 (Göteborgstad, 2014). År 2014 uppgick elproduktionen till ca 306 GWh varav 3 GWh uppskattas utgöras av solceller (R.Palmgren, 2016). En större etablering av solceller i Göteborg står alltså helt i linje med Göteborgs stads klimatstrategiska mål.

Sveriges två stora elproducenter är vattenkraft och kärnkraft, se figur 7-8. Dessa stod för ca 63 TWh respektive 62 TWh av de totalt 150 TWh 2014. Året efter producerades 159 TWh el varav 75 TWh kom från vattenkraft (Energimyndigheten, 2017c). Vindkraftverken som är det energislag som ökat mest det senaste årtiondet stod för en rekordnotering 2015 med en produktion av 16,6 TWh (Energimyndigheten, 2016d). El producerat från solceller har också ökat, men står 2015 fortfarande för en jämförelsevis liten produktion av 110 GWh (R.Palmgren, 2016).

Sveriges mål om en 100 % elproduktion fram till 2040 exkluderar den stora producenten kärnkraft därmed måste naturligtvis de andra kraftslagen öka. Vattenkraften är redan väl utbyggd i Sverige vilket medför till att elproduktionen måste öka på de resterande förnyelsebara alternativen (R.Palmgren, 2016).



Figur 7. Installerad elproduktionskapacitet i Sverige per kraftslag i MW mellan 1996-2014 (Energimyndigheten, 2015)

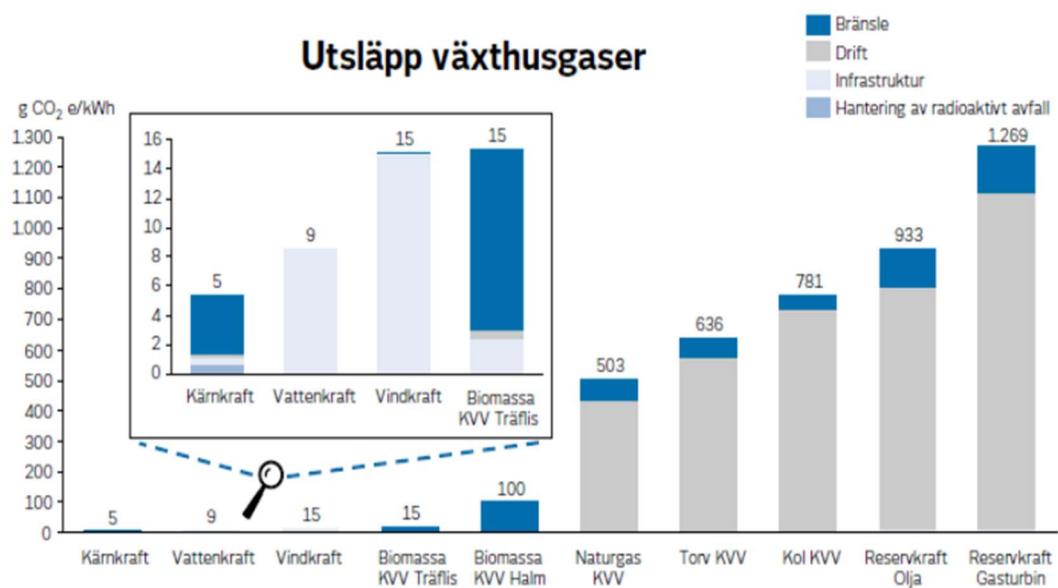


Figur 8. Sveriges elproduktion per kraftslag och total elanvändning i TWh mellan 1971-2013 (Energimyndigheten, 2015)

Möjligheterna för nyetablering av el producerat av vattenkraft i Göteborg saknar lämpliga förutsättningar. Vindkraftens stora akilleshäl är dess påverkan på dess omgivning och utesluts därför i tätbebyggda områden. Solcellerna har fördelar i sin diskretion och anpassningsförmåga. Solcellspanelerna kan placeras nära konsumenten och dess skalbarhet frigör möjligheten att anpassa elproduktionen efter behovet.

3.3 Livscykelanalys över olika kraftslag

Ska en jämförelse mellan olika kraftslags klimatpåverkan utföras kan livscykelanalys användas där jämförelse görs mellan de olika alternativens mängd koldioxidekvivalenter.



Figur 9. Utsläpp av växthusgaser från olika kraftslag (Vattenfall, 2012)

Från figur 9 visar diagrammet att de förnybara kraftslagen ligger på en betydligt lägre nivå än de fossila. Motsvarande siffror för solceller i Sverige har inte tagits fram, däremot gjorde Amerikanska NREL (National Renewable Energy Laboratory) 2012 en sammanställning av flera livscykelanalyser för solceller. Där konstaterades att solcellerna gav 40 g koldioxidkvivalenter per kWh, vid en solinstrålning på 1700-2400 kWh/m² per år (R.Palmgren, 2011). I Sverige når vi inte den solinstrålningen, så koldioxidkvivalenterna stiger snarare upp mot 80 g per kWh. Teknikutvecklingen har gått snabbt framåt de senaste åren och solcellerna producerar mer el, vilket leder till att siffran sjunker (R.Palmgren, 2016).

3.4 Ekonomiska förutsättningar

För att övergå till förnybar energi uppmuntrar staten privatpersoner och företag genom olika ekonomiska stödsystem, se tabell 1. "Regelverket är dock komplext och särskilt för företag finns en hel del undantag och begränsningar att beakta"(Axelsson, 2016).

Tabell 1. Ekonomiska förutsättningar för de olika aktörerna (Axelsson, 2016)

	Investeringsstöd	Skattereduktioner	Momsbefriad Investering	Energiskatt på egenanvänd el för anläggningar större >255kW
Mikroproducent (Privatperson)	20 % av investeringskostnaden Alternativt ROT-avdrag (30 % av installationskostnaden)	Skatteavdrag: 60 öre/kWh såld el	Nej	Nej
Mikroproducent (Företag)	Privat företag: 30 % av investeringskostnaden Offentlig organisation: 20 % av investeringskostnaden	Skatteavdrag: 60 öre/kWh såld el	Ja	nej
Elproducent (Företag)	Privat företag: 30 % av investeringskostnaden Offentlig organisation: 20 % av investeringskostnaden	Nej	Ja	Ja

Med hänsyn till styrmedel och skattereduktioner ska säkringsstorlek underskrida 100 ampere för att tillhandahålla skattereduktionen, vilket är fördelaktigt för lönsamheten. För företag som har en säkringsstorlek som överskrider 100 ampere är bilden mer komplicerad och mindre lönsam (Axelsson, 2016).

3.4.1 Privatperson (Mikroproducent)

En privatperson räknas som mikroproducent om anläggningen har en säkringsstorlek på maximalt 100 ampere vilket motsvarar ungefär en topp effekt på 69 kW. Inmatning och uttag från elnätet ska även vara kopplad till samma anslutningspunkt, samma huvudsäkring och samma elmätare. En anmälan till ditt elnätsföretag att framställning av förnyelsebar energi framställs på fastigheten behöver även göras. Det är sedan elnätsföretagets skyldighet att säkerställa in- och utmatningsvärdena och att årsvis lämna kontrolluppgifter till Skatteverket (Skatteverket, 2017).

Är säkringsstorleken dessutom mindre än 63 ampere är man befriad från inmatningsavgift till elnätet. Privatpersoner är även berättigade till statligt investeringsstöd som för närvarande är maximalt 20 % av investeringskostnaden som inte får överstiga en kostnad på 1,2 miljoner kronor per solcellssystem. Det går istället att använda ROT-avdraget som ligger på 30 % av installationskostnaden vilket motsvarar schablonmässigt 9 % av investeringskostnaden. Detta är betydligt mindre än investeringsstödet men det positiva är att den har en enklare och snabbare handläggning (Axelsson, 2016).

Underlaget för Skattereduktion är antalet kWh som anläggningen matat in i anslutningspunkten under ett kalenderår, vilket motsvarar 60 öre/kWh för såld el och kan deklarerat av mot inkomstdeklarationen. Skatteavdraget begränsas dock maximalt till 18000 kr/år då högsta underlaget man får räkna in är 30000 kWh.

Skattereduktionen tar hänsyn till förhållandet mellan den mängd el som köps in från nätet och den mängd man sålt. Det går alltså inte att få skattesubvention på de kWh som överstiger uttaget (Skatteverket, 2017). Om försäljningen till elnätet understiger 40000 kronor/år är mikroproducenter skattebefriade (Axelsson, 2016).

3.4.2 Företag (Mikroproducent)

Företag med en säkringsstorlek på maximalt 100 ampere räknas som mikroproducent och är därmed berättigad till samma stöd och skattereduktioner som privatpersonen som är beskrivet här ovan. Det som skiljer sig åt är att företag inte är berättigade till ROT-avdrag men företag kan dra av momsen vilket innebär att investeringskostnaden blir lägre. Företag har även ett högre statligt investeringsstöd på maximalt 30 % av investeringskostnader och offentliga organisationer har 20 % av investeringskostnaden (Axelsson, 2016). Stöden är rambegränsade vilket innebär att det bara kan ges så länge de avsatta statliga pengarna räcker (Energimyndigheten, 2015)

3.4.3 Företag (Elproducent)

Företag med en säkringsstorlek över 100 ampere inkluderas till samma andel statligt investeringsstöd som mindre företag men är inte berättigad till skattereduktioner. Om egenkonsumtionen är större än 60 MWh/år och anläggningens storlek överskrider 50 kW krävs kvotplikt för elcertifikat. Om anläggningens storlek överskrider 255 kW tillkommer energiskatt på egenanvändningen (Axelsson, 2016).

3.4.4 Moms

Ny lag som började gälla från 1 januari 2017 är att det är momsbefriat vid försäljningen om beskattningsunderlaget för den juridiska personen inte överskrider 30000 kronor per beskattningsår och måste även uppfylla detta krav under de senaste två föregående beskattningsåren (Skatteverket, 2017).

3.4.5 Elcertifikat och kvotplikt

För att öka produktionen av förnybar el infördes ett marknadsbaserat elcertifikatsystem 2003, vilket innebär att man tillgodogör sig ett elcertifikat för varje MWh som produceras från förnybara energikällor. Elcertifikatet har sedan ett värde vid försäljning. Konsumenterna till elcertifikaten är elleverantörer och vissa elanvändare som har en skyldighet att köpa en viss andel elcertifikat i förhållande till sin elförsäljning eller elförbrukning, detta kallas kvotplikt. Se tabell 2 och figur 10. Hur stort denna kvot blir varje år beräknas med hänsyn till förväntad utbyggnad av förnybar el, förväntad elförsäljning och elanvändning hos de kvotpliktiga (Energimyndigheten, 2015).

Värdet på elcertifikaten har varierat sedan starten och låg som högst på drygt 350 kronor per elcertifikat under 2008. Under 2016 låg priset i genomsnitt på knappt 140 kronor per elcertifikat (Holmström, 2016). Två orsaker till det sjunkande priset är att utbyggnad och produktion av förnybar el har gått snabbare än beräknat, samtidigt som elanvändningen inte varit så hög som förväntat när kvoterna fastställdes (Energimyndigheten, 2015).

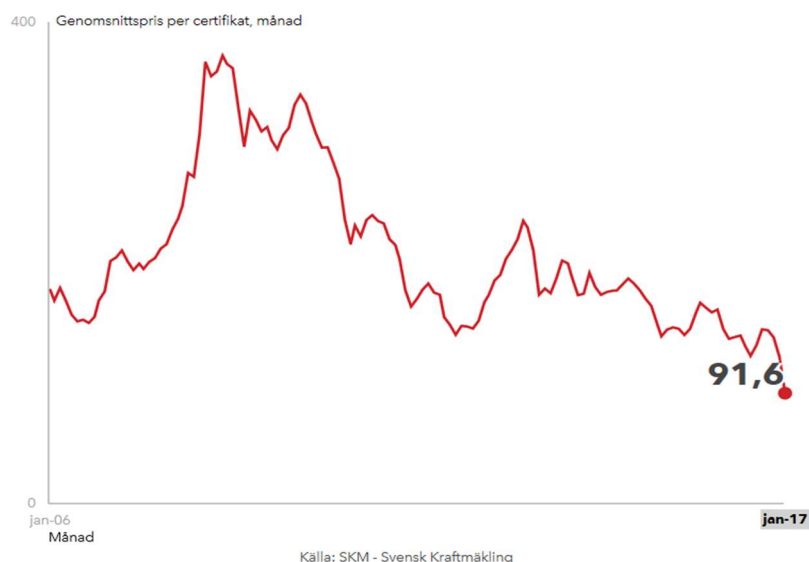
Sedan den 1 januari 2012 har Sverige och Norge en gemensam elcertifikatmarknad, detta innebär att handel med elcertifikaten kan ske mellan landsgränserna. Målet för detta samarbete är att öka de båda ländernas förnybara elproduktion med 26,4 TWh vardera mellan åren 2012 till 2020. Sveriges ursprungliga mål var att öka den

förnybara elproduktionen med 25 TWh mellan åren 2002 till 2020 (Energimyndigheten, 2015).

Riksdagen har dock gjort en ambitionshöjning och från och med 2016 ska Sverige istället öka elproduktionen för förnybar energi till 30 TWh mellan åren 2002 till 2020. Beslut av en ambitionshöjning av det gemensamma elcertifikatsystemet mellan Sverige och Norge har även utförts. Det nya målet innebär att länderna ska öka sin förnybara elproduktion till 28,4 TWh mellan åren 2012 till 2020. För att nå dessa mål och justera för de prognosfel angående utbyggnadstakt och elanvändning beslutades även att justera kvotkurvan. De nya kvoterna började gälla i januari 2016 (Energimyndigheten, 2015).

Tabell 2. Kvotnivåer mellan 2010-2018 (Energimyndigheten, 2016a)

År	Kvotnivå %
2010	17,9
2011	17,9
2012	17,9
2013	13,5
2014	14,2
2015	14,3
2016	23,1
2017	24,7
2018	27,0



Figur 10. Prisutveckling elcertifikat januari 2006-januari 2017(Ekonomifakta, 2017)

3.4.6 Prisutveckling solceller

En kraftig prissänkning de senaste åren har gjort att solcellerna blivit mer konkurrenskraftiga, se tabell 3. Prissänkningen beror främst på en väldig produktion av solceller i Kina, vilket skapade ett överskott av solceller på världsmarknaden. Detta ledde till en omskakning av hela värdekedjan från råmaterial till monterat system (R.Palmgren, 2016).

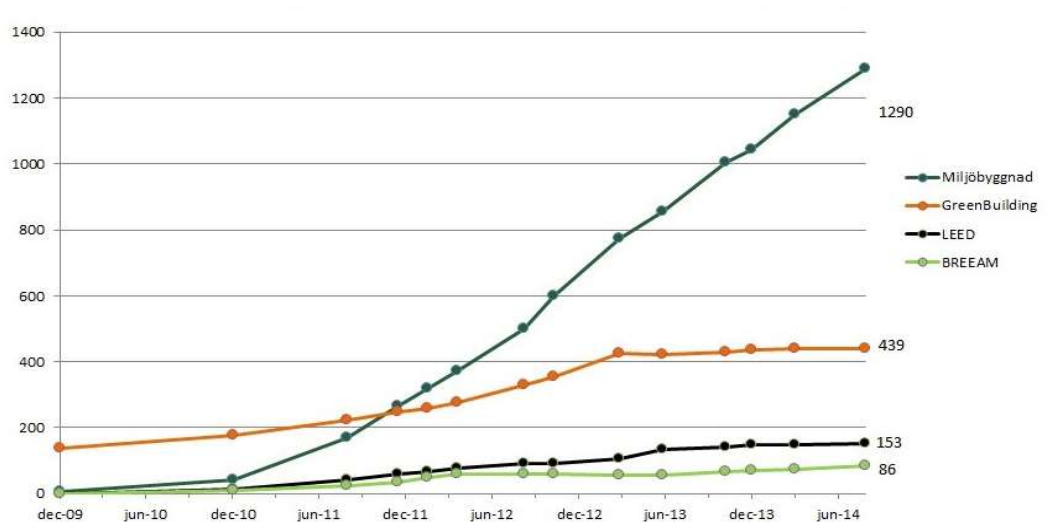
Tabell 3. Prisutveckling solceller mellan 2010-2015 (Lindahl, 2016)

Prisutveckling solceller (Sek/W)	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Modulpris, standard	27,0	19,0	14,2	8,6	8,2	7,6
Privatbostäder: Takmonterade system <20 kW	60,0	32,1	21,4	15,6	14,9	15,0
Kommersiella fastigheter: Takmonterade system 20- 500 kW	33,3	24,5	16,1	13,7	12,6	11,8
Markbaserade system: 100-1000 kW				12,7	11,6	10,3

3.5 Miljöcertifieringssystem

Rapporten i detta avsnitt fokuserar på de fyra stora miljöcertifieringssystemen i Sverige som är GreenBuilding, Miljöbyggnad, BREEAM och LEED. I figur 11 kan en tydlig avläsning göras att miljöbyggnad är det certifieringssystem som används mest numera. I tabell 4 kan det även avläsas att miljöbyggnad endast tar hänsyn till tre av de tio listade kategorierna nedan. I tabell 4 visar vilka miljöcertifieringar som används i Sverige, vem som hanterar dessa och deras nivåer.

I arbetet kommer en fördjupning att göras på Miljöbyggnad då det är nationellt ledande och LEED då det är globalt ledande. Dessa två certifieringar är även de som använts i projekten som har valts för utvärdering i avsnitt 3.



Figur 11. Antal registrerade och certifierade byggnader i Sverige mellan 2009-2014 (SGBC, 2017)

Tabell 5. Vad de olika miljöcertifieringarna omfattar (SGBC, 2017)

	GreenBuilding	Miljöbyggnad	BREEAM	LEED
Energi	x	x	x	x
Material		x	x	x
Innemiljö		x	x	x
Vatten			x	x
Förvaltning			x	x
Byggavfall			x	x
Infrastruktur och kommunikation			x	x
Ekologi och plats			x	x
Föroreningar			x	x
Process och innovation			x	x







Tabell 6. Miljöcertifieringar som används i Sverige, vem som hanterar dessa och deras nivåer (Skanska, 2012)

Certifikat	Hanteras av	Nivåer
LEED – Leadership in Energy and Environmental Design	U. S. Green Building Council (USGBC), Green Building Certification Institute (GBCI)	Platina Guld Silver Certifierad
BREEAM - BRE Environmental Assessment Method	Sweden Green Building Council (SGBC), United Kingdom Accreditation Service (UKAS)	Outstanding Excellent Very good Good Pass
Miljöbyggnad	SGBC	Guld Silver Brons
GreenBuilding	SGBC	Certifierad
Passivhus	Sveriges centrum för nollenergihus, Passivhuscentrum	Projekterat Certifierat Verifierat
Svanen	Miljömärkning Sverige	Certifierad

3.5.1 LEED-certifiering

Rapporten fördjupas i LEED version 3 2009 då projekten som utvärderats i avsnitt 4 *utvärdering av projekt* har använts sig av denna certifieringsram. “Skanska har valt att använda sig av LEED då de bedömer att certifieringen är ett ändamålsenligt verktyg som ger förutsättning för ett ökat värde på byggnaden genom lägre driftkostnader, högre miljöprestanda och nöjdare hyresgäster”. Skanskas huvudkontor i Göteborg beläget i Gårda var det första projektet där Skanska använde sig av LEED och idag har Skanska tillämpat detta certifieringssystem på 55 projekt i Sverige (Skanska, 2013a).

Helena Larsson på Skanska Göteborg som arbetar specifikt med LEED berättade även att Skanska har ett internt mål om att uppnå certifieringsnivån guld på alla projekt som använder LEED i Sverige, vilket har uppnåtts hittills.

LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) är utvecklat i USA av USGBC (U.S Green Building Council) är ett internationellt miljöcertifieringssystem där varje typ av byggnad (nybyggnation, områden, skolor, sjukhus) har ett eget poängsystemsunderlag. Poängsystemet är uppbyggt på samma sätt för respektive typ men kan skilja sig åt gällande innehållet under varje underkategori och vad man får poäng för (Skanska, 2013).

LEED främjar utvecklingen av ett grönare och mer hållbart byggande och tar ett helhetsgrepp på en byggnads miljöprestanda. LEED är utvecklat och utformat för att kunna användas på alla typer av byggnader och områden. LEED är därmed relativt flexibelt då varje enskilt byggprojekt väljer vilka poängsatta åtgärder som är viktigast och därmed prioriteras (Skanska, 2013a).

LEED är uppbyggt av ett poängsystem med obligatoriska krav som bedöms efter följande kriterier: hållbara byggnader, effektiv vattenanvändning, energi och atmosfär, material och resurser, inomhusmiljö, innovation i design samt regionala prioriteringar (Skanska, 2013a).

Baserat på hur väl projektet uppfyller de olika kraven och på hur högt upp på poängsystemet projektet kommer hamnar den på någon av de olika certifieringsnivåerna certifierad, silver, guld eller platina (Skanska, 2013a).

Maximalt antal poäng som kan uppnås är 110 poäng och nivåerna för respektive nivå är: Certifierad:40-49 poäng, Silver: 50-59, Guld: 60-79 poäng och Platina: 80-110 poäng (USGBC, 2017). Granskningen sker av en oberoende tredje part med behörighet "Green Building Certification Institute (Skanska, 2013a).

energianvändning i kWh/ m², Atemp, denna jämförs med BBRs krav, se tabell 6. Hur den specifika energianvändningen står sig i förhållande till BBRs krav avgör vilken nivå projektet hamnar i. Enligt BBRs definition “omfattar den köpt eller egentligen levererad energi till byggnadens uppvärmning, varmvattenberedning, komfortkyla samt fastighetsenergi, oftast fastighetsel” (SGBC, 2014). Hushållsel och verksamhetsenergi ingår alltså inte i BBR-kravet.

Tabell 7. Betygskriterier för årlig energianvändning i kWh/ m², Atemp vid nyproduktion (SGBC, 2014)

Indikator 1	BRONS	SILVER	GULD
Bostäder Lokalbyggnader Handelsbyggnader med normalhög internlast. Lokalbyggnader med hall med normalhög internlast. Vårdlokaler	≤ BBR	≤ 75 % BBR	≤ 65 % BBR
Handelsbyggnader och lokalbyggnader med hall där mycket spillenergi genereras.	Energianvändning vid referensdrift ≤ BBR	Energianvändning ≤ 0,75 x BBR Energitekniska egenskaper hos byggnad med installationer är ej sämre BRONS Energirutiner ska finnas.	Energianvändning ≤ 0,50 x BBR Energitekniska egenskaper hos byggnad med installationer är ej sämre BRONS Energirutiner ska finnas.

En annan indikator som ska tas hänsyn till är vilket energislag byggnaden använder sig av. Här bedöms årliga energianvändningens fördelning på miljö kategorier och all energi som används i byggnaden ska kategoriseras in någon av de fyra miljökategorierna som visas i tabell 7.

Tabell 8. Kriterier för Miljökategorierna (SGBC, 2014)

Miljökategori 1	Miljökategori 2	Miljökategori 3	Miljökategori 4
Solenergi, alltså el från solceller och värme från solfångare	Energi som härrör från biobränsle i värme och kraftvärmeverk.	Icke miljögodkända pannor. Denna kategori är enbart aktuell i befintliga byggnader.	Energi som varken är förnybar eller flödande exempelvis olja, kärnkraft, torv, kol eller naturgas.
El från Vind och vattenkraft	Miljöprövad biobränslepanna		
Industriell spillvärme som saknar försäljningsvärde och som outnyttjad skulle gå förlorad.			

En procentsats över de olika miljökategorierna beräknas och används för att avgöra vilken av nivåerna Brons, Silver eller Guld som uppnås, se tabell 8. I tabell 9 visas kategorisering av energislag i Miljöbyggnad.

Tabell 9 Kriterier i % av total energianvändning vid nyproduktion (SGBC, 2014)

Indikator 4	BRONS	SILVER	GULD
Bostäder och alla typer av lokalbyggnader	> 50 % från Miljökategorierna 1, 2 och 3	> 10 % från Miljökategori 1 och < 25 % från Miljökategori 4 Alternativt: > 50 % från Miljökategori 2 och < 25 % från Miljökategori 4	> 20 % från Miljökategori 1 och < 20 % från vardera Miljökategori 3 och 4 Alternativt: > 50 % från Miljökategori 2 och < 20 % från vardera Miljökategori 3 och 4

Tabell 10 Kategorisering av energislag i Miljöbyggnad (SGBC, 2014)

Ursprung	Miljökategori			
	1	2	3	4
Kärnkraft	-	-	-	100 %
Sol, vind och vatten	100 %	-	-	-
Nordisk elmix före 2013	-	55 %	-	45 %
Nordisk residualmix, exemplifierat med 2013 års miljö kategorier	6,3 %	3,3 %	-	90,4 %
Nordisk elmix tom 2014	-	55 %	-	45 %

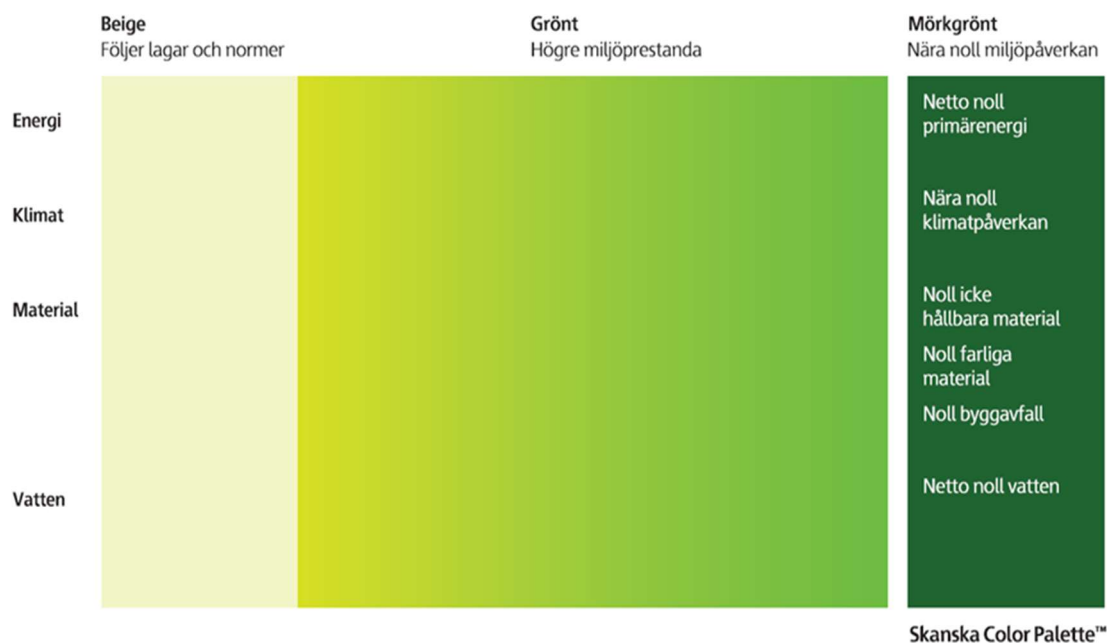
Saknas uppgifter om hur mycket solceller som produceras accepteras användning av schablonvärde på 100 kWh/ m² solcellsarea per år. Uppges andra uppgifter från leverantör accepteras dessa. Solenergi som generas i anslutning till byggnaden men

levereras till el-nätet räknas som egen användning, vilket betyder att andelen energi i Miljökategori 1 ökar (SGBC, 2014).

3.6 Skanskas mål och visioner

Skanska är en av samhällets ledande entreprenad- och projektutvecklingsföretag inom byggbranschen och har bestämt sig för att vara den ledande och hållbara samhällsutvecklaren på marknaden. Skanskas hållbarhetsområden är: säkerhet, etik, mångfald & inkludering, grönt byggande, social hållbarhet (Skanska, 2016a).

Byggbranschen har en stor inverkan på miljön och enligt Skanska arbetar de intensivt för att ta ansvar och begränsa negativ miljöpåverkan av sitt byggande till nytta för samhället, kunden och företaget (Skanska, 2016b). Skanskas vision med grönt byggande är “att det vi bygger samt producerar åt våra kunder såväl som vår egen verksamhet ska ha en så nära noll miljöpåverkan som möjligt” (Skanska, 2016b). Skanska har även utvecklat Skanska gröna karta för att kunna mäta och följa upp egen utveckling inom de fyra prioriterade områdena: Energi, klimat, material och vatten (Skanska, 2016b), se figur 13.



Figur 13. Skanskas Gröna karta (Skanska, 2016c)

Gröna kartan är till för gradering och mätning av grön omsättning. Det ska på ett enkelt sätt följa upp och mäta Skanskas utveckling inom de fyra prioriterade områdena: Energi, klimat, material och vatten (Skanska, 2016c).

Gröna kartan är uppdelad i fem nivåer: Beige, Grönt 1, Grönt 2, Grönt 3 och Mörkgrönt. Beige motsvarar lagar och normer från BBR och Mörkgrönt som är den högsta nivån på skalan motsvarar miljöpåverkan nära noll. Gröna kartan finns för varje avdelning i Skanska och är anpassad efter respektive område (Skanska, 2016d).

4 Utvärdering av projekt

Utvärdering av projekt består av sex utvalda projekt. Skanska var byggherre med totalentreprenad i de fyra projekten Välagård, Tennet, Juvelen och Vallastadens skolan. Vallastadens skola beställdes av Linköpings kommun genom en hyresupphandling. Aranäs är ett privatägt fastighetsföretag och är byggherre i projektet KV 6 Valand där Skanska är entreprenör. Byggherre för projektet Östra sjukhuset parkeringsgarage är Västfastigheter som ingår i Västra Götalands region och ägs av landstinget, NCC var entreprenör.

4.1 Väla gård



Figur 15. Väla gård (Skanska, 2015a)

- **Fastighetstyp:** Skanskas kontor (Helsingborg)
- **Byggnadscertifikat:** LEED Platina, Mörkgrönt
- **Ägandestruktur:** PU (Privatägt företag)
- **Solcellstyp:** Polykristallina solceller integrerad i tak
- **Byggnadens kostnad:** 38 600 000 kr (21 400 kr/ m²)
- **Investeringskostnad solceller:** 1 597 500 kr (22 500 kr/kWp)
- **Uppmätt elproduktion:** 69 000 kWh/år
- **Beräknat energibehov:** 15.4 kWh/m² år (26 180 kWh/år)
- **Beräknad elproduktion:** 38 kWh/m² år (64 600 kWh/år)
- **Kvot mellan energibehov och elproduktion:** 2,47
- **Bruttoarea:** 1800 m²
- **Färdigställt:** Oktober 2012
- **Återbetalningstid:** 25 år
- **Fast elpris 30år:** 0.60 kr/kWh
- **Yta solceller:** 460 m²
- **Toppeffekt:** 71 kWp
- **Lutning solcellsmodul:** 45°
- **Solcellsläge:** Sydväst

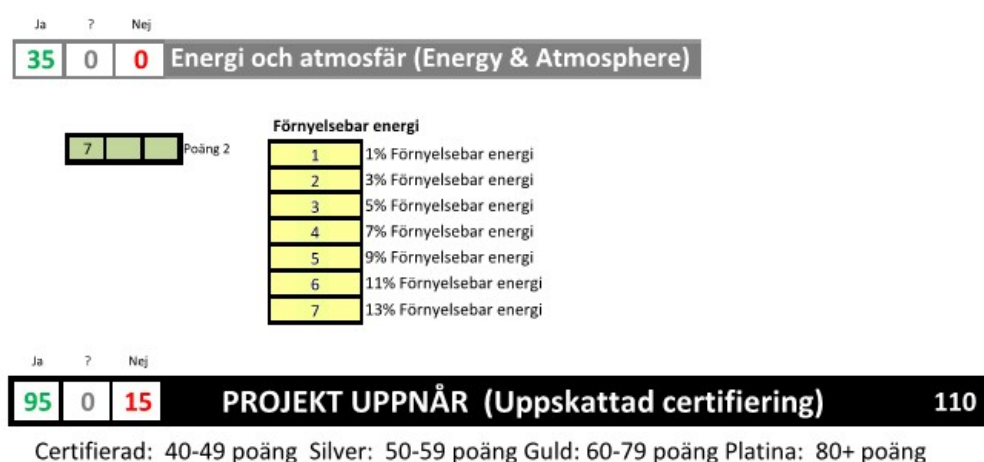
Underlaget som används är hämtat från projektlogg ”Skanskas solcellsanläggningar”. Kontakt med Åse Togerö, Grön utvecklingschef på Skanska samt Daniel Ryman, projektansvarig för Väla Gård har används för underlag om beslutsfattandet i projektet.

Väla gård färdigställdes oktober 2012 och är Skanskas kontor i Helsingborg med en sammanlagd byggnadsarea på 1800 m² för de två huskropparna med 460 m² solceller av sorten polykristallina som är integrerad i taket. Projektet var en egenutveckling inom projektutveckling(PU) som ingår i Skanska Sverige och blev Skanskas första kontor i världen som uppfyller kravet för Mörkgrönt på interna Gröna kartan. Väla gård blev därmed ett prestigeprojekt där Skanska genom sina lösningar visade sin kompetens och framtidsvision (Togerö, 2014).

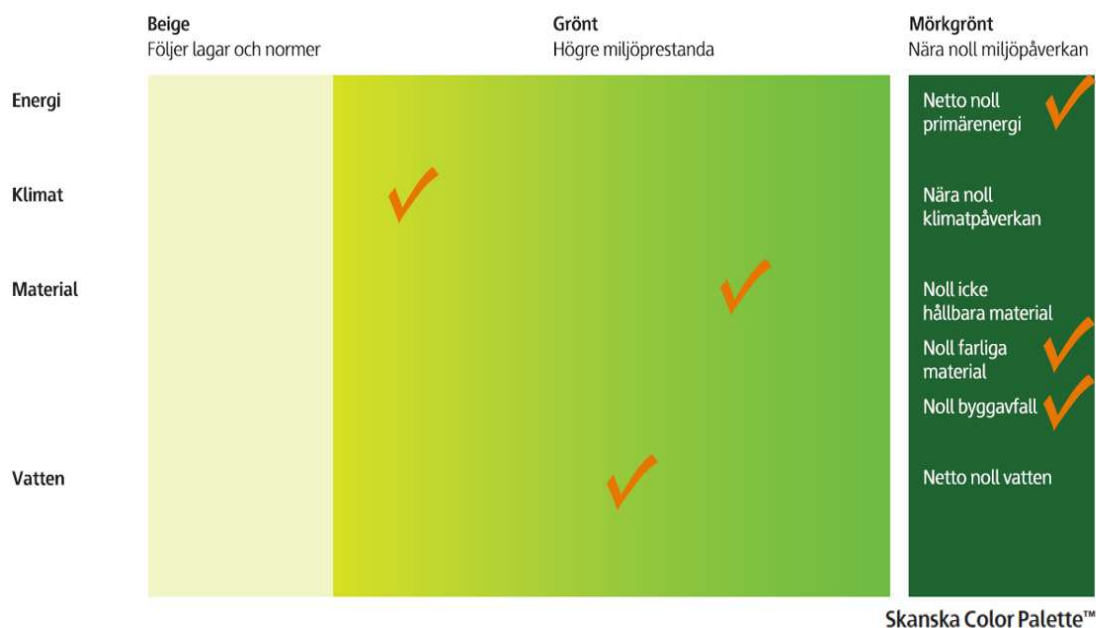
Projektet har fått stor uppmärksamhet i samhället då 170 stycken studiebesök och 25 stycken externa presentationer har utförts. Det har även publicerats 70 stycken pressartiklar och 8 stycken vetenskapliga artiklar vilket har uppskattats till ett ungefärligt marknadsvärde på 1,56 miljoner kronor (Abrahamsson, Berggren och Togerö, 2016).

Daniel Ryman på Skanska som var med i beslutsfattandet av projektet berättade att det primära målet var att byggnaden skulle bli ett plusenergihus och därmed Mörkgrön vilket redan från början var ett krav och mål Skanska hade satt. För att uppfylla detta mål behöver byggnaden bland annat uppfylla området netto noll primärenergi och detta gjordes möjligt genom egenproducerad förnybar energi i form av solceller vilket var den betydande orsaken till solcellens installation (D.Ryman, 2017).

Byggnaden har även certifierats med LEED Platina där projektet uppnådde 95 av 110 poäng på poängskalan varav 35 poäng på kategorin Energi och atmosfär där solcellerna inkluderas. Solcellernas inverkan uppnådde maximala 7 poäng under Förnybar energi som är en underkategori av Energi och atmosfär, vilket visas i figur 16. Solcellernas inverkan blev därmed endast 7 poäng av totala 95 poäng och därmed ingen avgörande faktor för att projektet fick LEED Platina. LEED- certifieringen kostade 350 000 kronor och innefattar konsult- och certifieringskostnad (Togerö, 2014).



Figur 16. Scorecard LEED Väla gård (Skanska, 2017)



Figur 17. Gröna kartan Väla gård (Togerö, 2014)

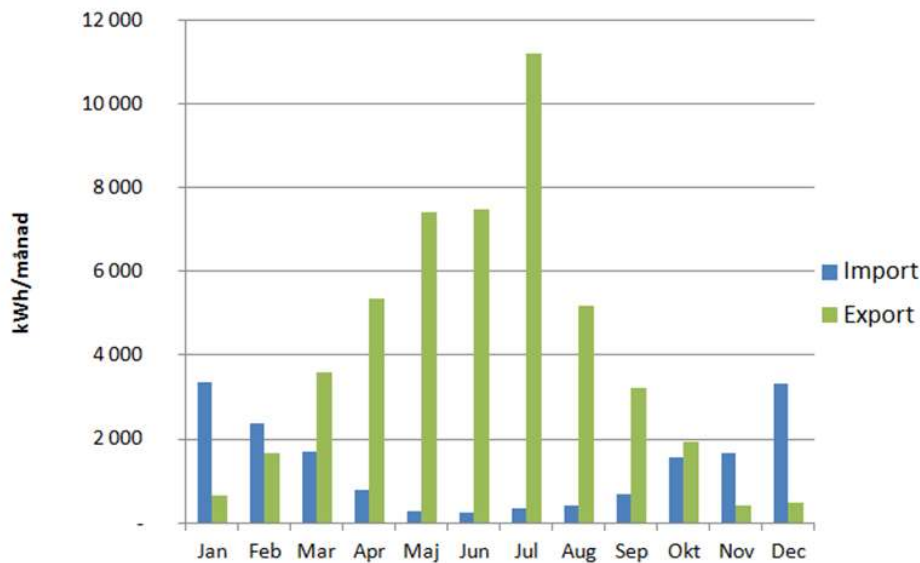
Solcellerna hade däremot en betydande roll för att uppnå Mörkgrönt i Gröna kartan. I figur 17 redovisas hur Väla gård uppfyllde nivån Mörkgrönt.

Merkostnad för projektet att uppfylla Mörkgrönt och därmed netto noll primärenergi där klimatskal, installationer, solceller och konsulter är inräknade uppgick till en kostnad på 2,7 miljoner kronor exklusive solcellsbidrag och 2 miljoner inklusive solcellsbidrag. För att uppfylla kravet på noll farliga ämnen och noll byggavfall till deponi tillkom en merkostnad på ungefär 100 000 kronor med hänsyn till utbildning, miljöstöd och leverantörskontakter. De merkostnader som inte är inräknade är uppföljning av energi och inneklimat som finansierats av Lågan, den miljösupport som beaktas av regionen och bidrag från Green Concept Lab. Merkostnaden från att Väla gård endast skulle byggas för att uppnå BBR till att uppfylla Mörkgrönt och LEED platina är 3,9 miljoner kronor (Togerö, 2014).

Certifieringen av Mörkgrönt och LEED Platina ger Väla gård (Togerö, 2014):

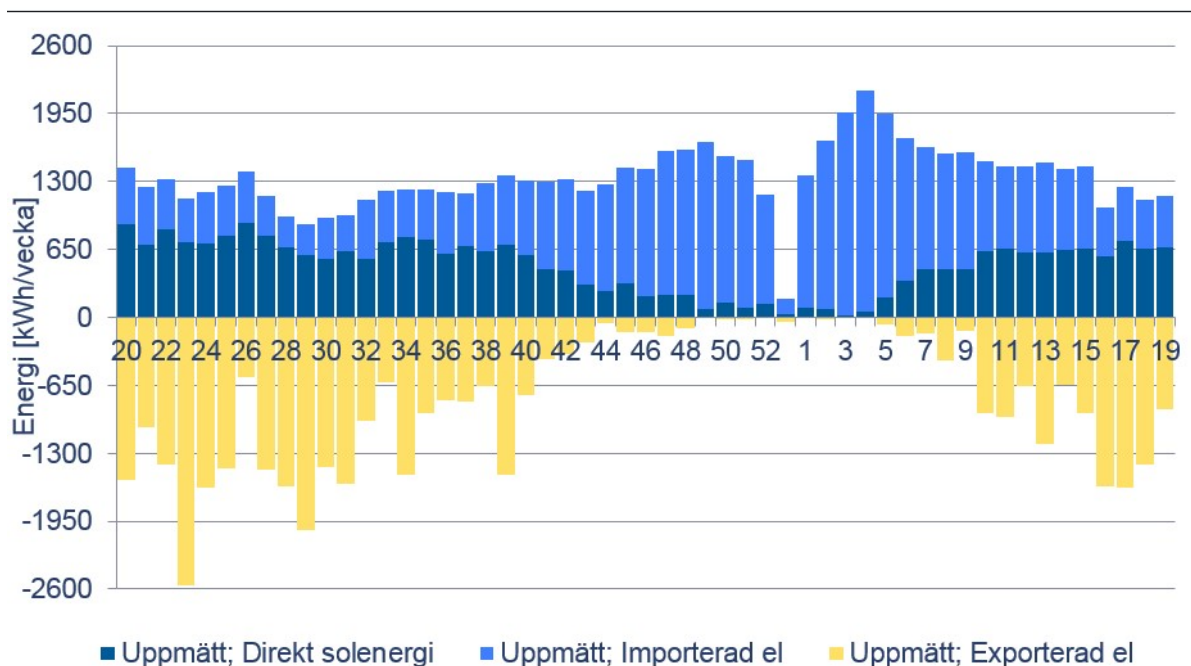
- Lägre driftkostnader, ungefär 160 000 kr/år.
- Ökad värde för byggnaden genom miljöcertifieringarna LEED Platina och Mörkgröna egenskaper i form av plusenergibyggnad.
- Marknadsföringsvärde genom gratis artikelpublicitet på ca 1,56 miljoner kronor samt ett referensprojekt som visar kunden vad Skanska tycker är viktigt, att de lever som de lär och deras kompetens inom området.

Väla gård har en säkringsstorlek under 100 ampere och erhåller därmed de stöd- och skattereduktioner som är för mikroproducent. Byggnaden är ett plusenergihus vilket innebär att man producerar mer el än vad byggnaden använder (Togerö, 2014). I figur 18 kan förhållandet mellan import och export av el i byggnaden avläsas.



Figur 18. Import och export av el Väla gård. Diagrammet avser endast fastighetsel.
Källa: Togerö, 2014

I figur 19 kan förhållandet mellan producerad solet, importerad el och exporterad el per vecka under ett år avläsas.



Figur 19. Förhållandet mellan producerad solet, importerad el och exporterad el, Väla gård (Abrahamsson, Berggren och Togerö, 2016)

Med hänsyn till att målet för projektet var att uppnå kravet netto nollenergi balans samt att priset för såld el inte motsvarar priset för köpt el vore det enligt Togerö bättre ekonomiskt att halvera solcellsanläggningen vilket inte skulle spolia målet.

För att tillgodose sig överproduktionen av el vid de solrika timmarna har det övervägts lagring av el i batterier, detta har dock inte varit motiverat i dagens prisläge. En kvittning av producerad el och använd el skulle utveckla marknaden. Ett hinder för utvecklingen skulle vara om energibolagen ytterligare sänker ersättningen för producerad el och att skattereduktionen minskar (D.Ryman, 2017).

Totalkostnaden för projektet uppgick till 38,6 miljoner kronor där investeringskostnaden för solcellerna uppgick till 1,6 miljoner kronor. Projektet fick solcellsbidrag på 718 875 kronor och inklusive solcellsbidraget har Skanska genom pay back-metoden beräknat en återbetalningstid för projektet till 13 år jämfört med 17 år exklusive solcellsbidraget (Togerö, 2014).

Med hjälp av egen beräkning genom "Investeringskalkyl för solceller" med följande ekonomiska förutsättningar har återbetalningstid och lönsamhet beräknats.

Ekonomiska Förutsättningar för Väla gård

- Toppeffekt: 71 kWp \Rightarrow säkringsstorlek \leq 100 A \Rightarrow Microproducent.
- Företag (Mikroproducent) \Rightarrow
 - Investeringsstöd (idag 30%) \Rightarrow Ja 45 %
 - Rotavdrag (idag 30% av arbetskostnaden) \Rightarrow Nej
 - Skattereduktion (60 öre /kWh upp till 18000 kr /år) \Rightarrow Ja
 - Momsbefriade från försäljning av el \Rightarrow Nej
 - Elcertifikat \Rightarrow Ja
 - Utförsäljning \Rightarrow Ja
- Uppskattat:
 - Pris för köpt el: 1,10 kr/kWh
 - Säljpris av såld el: 0.5 kr/kWh exklusive skattereduktion
 - Elcertifikatpris: 91,6 kr/ MWh (Januari 2017)
 - Kalkylränta: 4%
 - Ekonomisk Livslängd: 30år
 - Tid med skattereduktion: 15 år

- Studerade alternativ

1. Solel används till fastighetsel (nuvarande lösning)
⇒ 77 % utförsäljning
2. Solel används till fastighetsel, men anläggningens storlek är 50 %
⇒ 62 % utförsäljning
3. Solel används till både fastighetsel och verksamhetsel
⇒ 52 % utförsäljning

Med rådande förutsättningar som beskrivs enligt ovan med alternativ 1, kommer solcellsanläggningen inte bli återbetald under sin livslängd. Efter 30 år var NVP= -88 824 kr (inklusive investeringsstöd) med en internränta på 2,8 % per år.

Med rådande förutsättningar som beskrivs enligt ovan med alternativ 2, kommer solcellsanläggningen inte bli återbetald under sin livslängd. Efter 30 år var NVP= -31 490 kr (inklusive investeringsstöd) med en internränta på 3,3 % per år.

Med rådande förutsättningar som beskrivs enligt ovan med alternativ 3, kommer solcellsanläggningen bli återbetald efter 26 år. Efter 30 år var NVP= 56 543 kr (inklusive investeringsstöd) med en internränta på 4,4 % per år.

Våla gård erhåller ett fast elpris i 30 år på 1,97 kr/kWh för solelen.

Alternativ 1:

Utan investeringsstöd:

$$\frac{1\,597\,500}{0,23 \times 6\,600 \times 30} = 3,6 \text{ kr/kWh i 30 år.}$$

Med Investeringsstöd:

$$\frac{878\,625}{0,23 \times 6\,600 \times 30} = 1,97 \text{ kr/kWh i 30 år.}$$

Då Våla gård är ett speciellt projekt där 77 % av elproduktionen säljs ut blir den fasta elkostnaden lite missvisande då inkomsten av den sålda elen inte tas med.

Alternativ 3:

Utan investeringsstöd:

$$\frac{1\,597\,500}{31\,008 \times 30} = 1,72 \text{ kr/kWh i 30 år.}$$

Med Investeringsstöd:

$$\frac{878\,625}{31\,008 \times 30} = 0,94 \text{ kr/kWh i 30 år.}$$

Om Väla gård ägs och används av Skanska är det fördelaktigt att använda den producerade elen till fastighetsel och verksamhetsel. Vid denna lösning skulle den fasta elkostanden istället blivit 0,94 kr/kWh i 30 år. Fortfarande blir värdet lite missvisande då projektet säljer ut 52 % av elproduktionen.

De lärdomar Skanska tar med sig från detta mörkgröna plusenergihus är (Togerö, 2014):

- Mer lönsamt att använda solen själv än att sälja ut till elnätet pga skatteeffekten. Därför skulle det vara mer lönsamt att endast använda den mängd solenergi som behövdes för att uppnå kravet för netto noll energibalans för Mörkgrönt vilket motsvarar hälften av den mängd som installerades.
- Vindkraftsandelar är idag billigare än solceller initialt men dyrare i ett livscykelperspektiv på 30 år.
- Kontroll av solcellsleverantör då den som valdes senare gick i konkurs vilket kan försvåra garantin.
- Kostnadsoptimering genom tidig dialog mellan arkitekt och energispecialist.

4.2 Tennet



Figur 20. Tennet (Thoréns, 2017)

- **Fastighetstyp:** Kontorshus (Göteborg)
- **Byggnadscertifikat:** LEED Platina. Grönt 1
- **Ägandestruktur:** CDN (privatägt företag)
- **Solcellstyp:** Tunnfilm integrerad i glastak.
- **Investeringskostnad:** 1 395 000 kr (45 000 kr/kWp)
- **Uppmätt elproduktion:** 25 000 kWh/år
- **Beräknat energibehov:** 84 kWh/m²år (1 680 000 kWh/år)
- **Beräknad elproduktion:** 1.2 kWh/m²år (24 000 kWh/år)
- **Energibehov täckt av solel:** 1 %
- **Bruttoarea:** 20 000 m²
- **Färdigställt:** Hösten 2013
- **Återbetalningstid:** Över 30 år
- **Fast elpris 30 år:** 1.36 kr/kWh
- **Yta solceller:** 200 m²
- **Toppeffekt:** 31 kWp
- **Lutning solcellsmodul:** 45°
- **Solcellsläge:** Sydost

Underlaget som används är hämtat från projektlogg ”Skanskas solcellsanläggningar” samt Rapport Tennet, energisimulering. Kontakt med Rolf Hazard, Fastighetsingenjör på Skanska har används för underlag om beslutsfattandet i projektet.

Utbyggnaden av kontorsbyggnaden Tennet med konferens och restaurang beläget i Göteborg stod klart Hösten 2013. Utbyggnaden bestod av 20 000 m² och på taket installerades integrerade solceller med 40 % transparens (R.Hazard, 2017)

Byggnaden beställdes och utfördes av CDN (Commercial Development Nordic) som ingår i Skanska koncernen. CDN främsta uppdrag är påbörja, utveckla och sälja fastighetsprojekt såsom kontor och lagerlokaler i Norden. Till skillnad mot andra förgreningar inom Skanska koncernen behöver CDN:s projekt ingen köpare innan arbetet kan påbörjas (R.Hazard, 2017).

Investeringskostnaden för solceller inklusive arbete och projektering uppgick till ungefär 1.4 miljoner kronor. Projektet erhöll dock investeringsstödet som innebär ett stöd av 30 %, vilket gav ett bidrag på 418 500 kronor. Detta var dock inte avgörande gällande beslutsfattningen av att installera solceller utan sågs mer som en bonus då handläggningen är lång och utfallet ovisst då potten regeringen har avsatt är begränsad. Projektet är även oftast slutfört innan stödet erhålls (R.Hazard, 2017).

Byggnaden har certifierats med LEED Platina där projektet uppfyllde 89 poäng. Certifiering inom Skanskas Gröna karta gjordes efter det att byggnaden var klar och där uppnåddes nivå Grönt 1 (R.Hazard, 2017).

Solcellerna valdes att placeras i sydost med en lutning på 45 grader. Solcellerna är integrerade i glastaket med en transparens på 40 %, vilket innebär att 60 % av taket är vanligt glas. Det är alltså ingen transparens av solcellerna i sig. Med en topp-effekt av 31 kW beräknades elproduktionen uppgå till 24 000 kWh per år (Skanska, 2015a). Elproduktion överstiger aldrig elbehovet vilket resulterar i att all den el som produceras används i byggnaden. Det finns inga planer på att bygga ut solcellsanläggningen i framtiden.

Enligt Rolf Hazard var det marknadsföringsvärdet den viktigaste aspekten för solceller i taket. Om det var primärt för Skanskas marknadsföringsvärde eller för Tennet som byggnad är svårt att svara på hävdar Rolf Hazard. Den ekonomiska aspekten av solpanelerna har inte beaktats nämnvärt, inga återbetalningstider av solpanelerna har därmed gjorts.

Med hjälp av egen beräkning genom "Investeringskalkyl för solceller" med följande ekonomiska förutsättningar har återbetalningstid och lönsamhet beräknats.

Ekonomiska förutsättningar för Tennet

- Toppeffekt: 31 kWp \Rightarrow säkringsstorlek \leq 100 A \Rightarrow Microproducent.
- Företag (Mikroproducent) \Rightarrow
 - Investeringsstöd (idag 30%) \Rightarrow Ja
 - Rotavdrag (idag 30% av arbetskostnaden) \Rightarrow Nej
 - Skattereduktion (60 öre /kWh upp till 18000 kr /år) \Rightarrow Ja
 - Momsbefriade från försäljning av el \Rightarrow Nej
 - Elcertifikat \Rightarrow Ja
 - Utförsäljning \Rightarrow Nej
- Uppskattat:
 - Pris för köpt el: 1,10 kr/kWh
 - Säljpris av såld el: 0.5 kr/kWh exklusive skattereduktion
 - Elcertifikatpris: 91,6 kr/ MWh (Januari 2017)
 - Kalkylränta: 4%
 - Ekonomisk Livslängd: 30år
 - Tid med skattereduktion: 15 år

Med rådande förutsättningar som beskrivs ovan kommer solcellsanläggningen inte bli lönsam under sin livstid. Efter 30 år var NVP= - 669 616 kr (inklusive investeringsstöd) med en internränta på - 3,6 % per år.

Tennet erhåller ett fast elpris i 30 år på 1,36 kr/kWh för solelen.

Utan investeringsstöd:

$$\frac{1\,395\,000}{24000 \times 30} = 1,94 \text{ kr/kWh i 30år.}$$

Med investeringsstöd:

$$\frac{976\,500}{24000 \times 30} = 1,36 \text{ kr/kWh i 30år.}$$

4.3 Juvelen



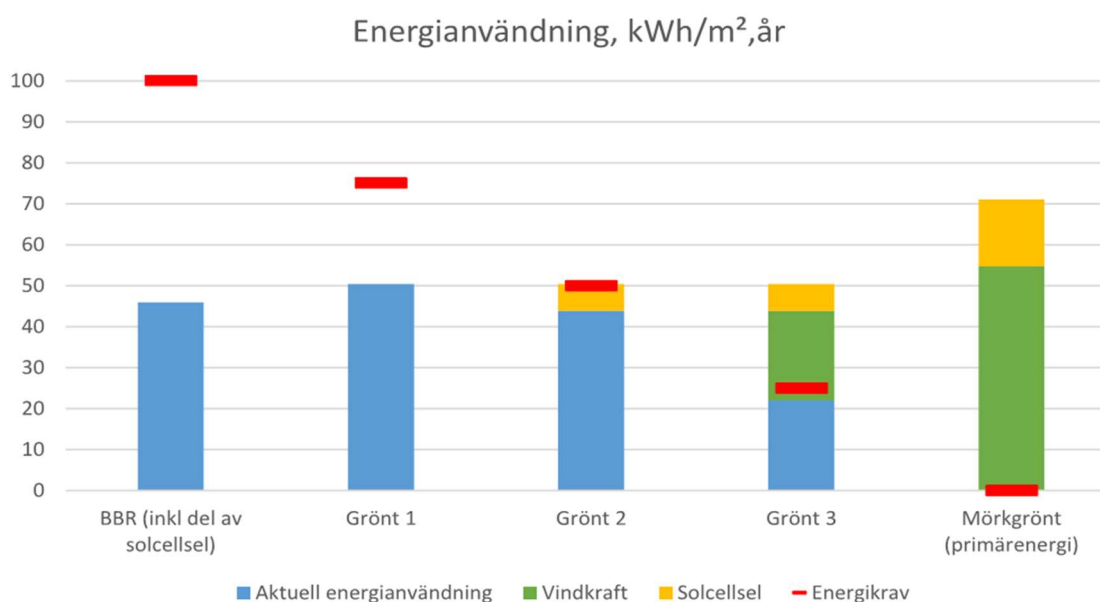
Figur 21. Juvelen (Skanska 2013)

- **Fastighetstyp:** kontor och restaurang (Uppsala)
- **Byggnadscertifikat:** LEED Platina, Mörkgrönt
- **Ägandestruktur:** Skanska PU (Privatägt företag)
- **Solcellstyp:** Kristallina solceller integrerad i tak
- **Investeringskostnad:** 1 305 000 kr (15 174 kr/kWp)
- **Uppmätt elproduktion:** -
- **Beräknat energibehov:** 50,4 kWh/m² år (551 093 kwh/år)
- **Beräknad elproduktion:** 6,58 kWh/m² år (72 000 kWh/år)
- **Energibehov täckt av solex:** 13.5 %-
- **Bruttoarea:** 10 938 m²
- **Beräknad Färdig:** December 2018
- **Återbetalningstid:** 28 år
- **Fast elpris 30år:** 0.60 kr/kWh
- **Yta solceller:** 552 m²
- **Toppeffekt:** 86 kWp
- **Lutning solcellsmodul:** varierad
- **Solcellsläge:**

Underlaget som används är hämtat från projektlogg ”Skanskas solcellsanläggningar” samt energiberäkning Juvelen. Kontakt med Gunilla på Skanska har används för underlag om beslutsfattandet i projektet.

Våren 2013 ledde samarbetet mellan Skanska och Utopia Arkitekter till en vinst i Uppsala kommuns markanvisningstävling. Projektet Juvelen planeras bli en 10938 m² stor ädelstensformad kontorsbyggnad och beräknas vara färdig december 2018. Investeringskostnaden för Juvelen beräknas uppgå till 340 miljoner kronor (Skanska 2016f). Byggnadens sju våningar fylls av kontor och i bottenplan kommer det även finnas restaurang och kommersiella lokaler. Kontorshuset är ett prestigeprojekt för Skanska projektutveckling och ska vara ett landmärke i Uppsala samtidigt som det ska bli Nordens mest hållbara kontorsbyggnad (Skanska, 2013).

Miljöaspekten har vägt tungt i projektet och fastigheten som beräknas certifieras med LEED Platina och Mörkgrönt i Skanskas Gröna karta. Skanskas mål är att uppnå plusenergibygnad vilket görs genom att minimera energibehovet, använda markkyla genom Deep green cooling, köp av vindkraftsandelar samt att byggnaden ska producera egen förnybar energi i form av solexel (Skanska, 2016f). I figur 22 redovisas energianvändning jämfört med energikraven för BBR och de olika nivåerna i Skanskas gröna karta.



Vindkraftsel motsvarande ca 240 000 kWh/år kommer projektet att uppföras.

Figur 22. *Energianvändning kWh/m²,år Juvelen(Skanska 2015b)*

Juvelen kommer därmed installera 552 m² kristallina solceller i olika vinklar och riktningar i ett lämpligt utförande med hänsyn till byggnadens utformning. De integrerade solcellerna på taket beräknas ha en investeringskostnad på 1,3 miljoner kronor exklusive investeringsstöd. Skanska har genom payback-metod beräknat fram en återbetalningstid på 16,3 år (Skanska, 2015c).

Med hjälp av egen beräkning genom "Investeringskalkyl för solceller" med följande ekonomiska förutsättningar har återbetalningstid och lönsamhet beräknats.

Ekonomiska förutsättningar för Juvelen

- Toppeffekt: 86 kWp \Rightarrow säkringsstorlek >100 A \Rightarrow Elproducent.
- Företag (Elproducent) \Rightarrow
 - Investeringsstöd (idag 30%) \Rightarrow Ja (Ansökt)
 - Rotavdrag (idag 30% av arbetskostnaden) \Rightarrow Nej
 - Skattereduktion (60 öre /kWh upp till 18000 kr /år) \Rightarrow Nej
 - Momsbefriade från försäljning av el \Rightarrow Nej
 - Elcertifikat \Rightarrow Ja
 - Utförsäljning \Rightarrow Nej
- Uppskattat:
 - Pris för köpt el: 1,10 kr/kWh
 - Säljpris av såld el: 0.5 kr/kWh exklusive skattereduktion
 - Elcertifikatpris: 91,6 kr/ MWh (Januari 2017)
 - Kalkylränta: 4%
 - Ekonomisk Livslängd: 30år

Med rådande förutsättningar som beskrivs ovan kommer solcellsanläggningen bli lönsam efter 21 år. Efter 30 år var NVP= 231 980 kr (inklusive investeringsstöd) med en internränta på 6,1 % per år.

Utan investeringsstöd blir investeringen istället inte lönsam under sin livstid och NVP efter 30 år är -159 509 kr med en internränta på 2,9%. Detta kan jämföras med återbetalningstiden som Skanska har räknats fram genom rak payback som uppgick till 16,3 år.

Juvelen erhåller ett fast elpris i 30 år på 0,60 kr/kWh för solelen (exklusive investeringsstöd).

Utan investeringsstöd:

$$\frac{1\,305\,000}{72000 \times 30} = 0,60 \text{ kr/kWh i 30år.}$$

Med investeringsstöd:

$$\frac{913\,500}{72000 \times 30} = 0,42 \text{ kr/kWh i 30år.}$$

4.4 KV6 Valand



Figur 23. KV 6 Valand(Skanska, 2016g)

- Fastighetstyp: Kontor/ butik (Kungsbacka)
- Byggnadscertifikat: Grönt 1
- Ägandestruktur: Aranäs (privatägt företag)
- Solcellstyp: Tunnfilm på fasad
- Investeringskostnad: 300 000 (23148 kr/kWp)
- Uppmätt elproduktion: -
- Beräknat energibehov: 44 kWh/m² år (200 000 kWh/år)
- Beräknad elproduktion: 1.8 kWh/m² år (7862 kWh/år)
- Energibehov täckt av solel: 3.9 %
- Bruttoarea: 4500 m²
- Beräknad färdig: slutet 2018
- Återbetalningstid: över 30 år
- Fast elpris 30år: 1,27 kr/kWh
- Yta solceller: 102 m²
- Toppeffekt: 12,96 kWp
- Lutning solcellsmodul: 90°
- Solcellsläge: Söder och öster

Underlaget som används är hämtat från energiberäkning för Valand. Kontakt med Rebecka Holmberg, produktionsingenjör på Skanska, Alf Lindeberg, Chef Fastighetsutveckling på Aranäs Fastigheter har använts för underlag om beslutsfattandet i projektet.

Kv 6 Valand ska bli en 4500 m² stor kontorsbyggnad med butiker på éntreplan som ska vara färdigställd i slutet av 2018. Beställaren är Aranäs som är ett privatägt fastighetsbolag som är verksamt i Kungsbacka. Aranäs har ett långsiktigt ägandeperspektiv på sina byggnader med lönsamhet som det primära syftet (A.Lindeberg, 2017).

Totalkostnad för projektet antas uppgå till 290 miljoner kronor där solcellernas totalkostnad antas vara 300 000 kronor. Kv 6 Valand blir Aranäs första projekt som använder sig av solcellspaneler. I dagsläget kommer det troligtvis installeras 102 m² solceller på fasad mot söder och öster med solcellstypen tunnfilm (R.Holmberg, 2017).

Byggnaden kommer inte miljöcertifieras då fastigheten planeras ägas av Aranäs och kostnaden för miljöcertifiering är dyrt i förhållande till nyttan. Aranäs vill dock visa att de är ett företag som värnar om miljön har de framställt ett internt miljöprogram/certifiering. Företaget gör stora satsningar årligen för att energieffektivisera sina fastigheter och återvinningssystem utvecklas kontinuerligt. Därmed byggs fastigheterna enligt BBR och det interna miljöprogrammet (A.Lindeberg, 2017).

Aranäs har som regel att alla investeringar i byggnaden ska uppfylla den satta avkastningsräntan för projektet och därmed är lönsamheten det primära målet i projekten. I beslutsfattningen säger Alf att lönsamheten på solceller inte uppnår projektets avkastningsränta på 7 % men att solcellerna istället kommer att användas mer ur ett miljöperspektiv och marknadsföringsvärde i form av högre attraktivitet för hyresgäster som hyr lokaler från Aranäs.

Då solceller använder sig av en förnybar energikälla vilket bidrar till en bättre miljö så får man inte stirra sig blind på avkastningskravet på 7 % utan får göra undantag. Samtidigt är bättre att få 2 % avkastning på solceller än i dagsläget 0,4 % på banken (A.Lindeberg, 2017).

I framtiden kan investeringen av solceller ge högre lönsamhet om energipriset i Sverige ökar från dagslägets låga nivåer. Detta går inte att fastställa med säkerhet och ska därmed inte användas som en parameter i lönsamhetskalkylen då det blir spekulativt (A.Lindeberg, 2017).

Anledningarna till att solceller inte utbredd sig särskilt mycket i Sverige är enligt Alf följande. Alternativ energi är billig i Sverige, dålig kunskap om solceller i allmänhet samt låg lönsamhet.

Med hjälp av egen beräkning genom "Investeringskalkyl för solceller" med följande ekonomiska förutsättningar har återbetalningstid och lönsamhet beräknats.

Ekonomiska förutsättningar för KV6 Valand

- Toppeffekt: 13 kWp \Rightarrow säkringsstorlek \leq 100 A \Rightarrow Microproducent.
- Företag (Mikroproducent) \Rightarrow
 - Investeringsstöd (idag 30%) \Rightarrow Ja (Ansökt)
 - Rotavdrag (idag 30% av arbetskostnaden) \Rightarrow Nej
 - Skattereduktion (60 öre /kWh upp till 18000 kr /år) \Rightarrow Ja
 - Momsbefriade från försäljning av el \Rightarrow Nej
 - Elcertifikat \Rightarrow Ja
 - Utförsäljning \Rightarrow Nej
- Uppskattat:
 - Pris för köpt el: 1,10 kr/kWh
 - Säljpris av såld el: 0.5 kr/kWh exklusive skattereduktion
 - Elcertifikatpris: 91,6 kr/ MWh (Januari 2017)
 - Kalkylränta: 4%
 - Ekonomisk Livslängd: 30år
 - Tid med skattereduktion: 15 år

Med rådande förutsättningar som beskrivs ovan kommer solcellsanläggningen inte bli lönsam under sin livstid. Efter 30 år var NVP= - 189 284 kr (inklusive investeringsstöd) med en internränta på - 7,1 % per år. Utan investeringsstöd blir NVP efter 30 år -279 283 kronor med en internränta på -8,5 %.

Valand erhåller ett fast elpris i 30 år på 1,27 kr/kWh för solelen (exklusive investeringsstöd).

Utan investeringsstöd:

$$\frac{300\,000}{7862 \times 30} = 1,27 \text{ kr/kWh i 30 år.}$$

Med investeringsstöd:

$$\frac{210\,000}{7862 \times 30} = 0,89 \text{ kr/kWh i 30år.}$$

4.5 Vallastadens Skola



Figur 24. Vallastadens Skola (Skanska, 2016h)

- Fastighetstyp: Skola/förskola (Linköping)
- Byggnadscertifikat: Miljöbyggnads silver
- Ägandestruktur: Skanska PU
- Solcellstyp: Tunnfilm CdTe 0-40 transparens
- Investeringskostnad: 2 250 000 (21 226 kr/kWp)
- Uppmätt elproduktion: -
- Beräknat energibehov: 75,6 kWh/m² år (553 997 kWh/år)
- Beräknad elproduktion: 11 kWh/m² år (80 608 kWh/år)
- Energiförbrukning täckt av solel: 33 %
- Bruttoarea: 7328 m²
- Beräknad färdig: 1 Juli 2017
- Återbetalningstid: Över 30 år
- Fast elpris 30år: 0,93 kr/kWh
- Yta solceller: 883 m²
- Toppeffekt: 106 kWp
- Lutning solcellsmodul: 22-27°
- Solcellsläge: Söder, Sydost

Underlaget som används är hämtat från offert och presentation för Vallastadens skola. Kontakt med Marcus Ekelund, Senior Affärsutvecklare på Skanska samt Christer Gunnarsson, Gruppchef på Linköpings kommun har använts för underlag om beslutsfattandet i projektet.

I januari 2016 satte byggnationen av Vallastadens skola ingång. Skanska utsågs till vinnare av den hyresupphandling som Linköping kommun genomförde våren 2015. Skanska var därmed byggherre och ägare av projektet samtidigt som Linköpings kommun förbinder sig till att hyra byggnaden i 15 år (Skanska, 2016h).

Linköpings kommun kommer att betala ca 13 miljoner kr/år för hyran inklusive fastighetsel för skolan med en kvadratmeterpris på 18 100 kronor. Det som tillkommer är verksamhetsel som enligt hyresavtalet betalas av hyresgästen (C. Gunnarsson, 2017). Skolan såldes sedan i sin tur 2016 av Skanska PU till pensionsstiftelser Vacse för 200 miljoner kronor. Köparen får tillträde till byggnaden i juli 2017 (Skanska, 2016h).

Skolan med en yta av ca 7300 m² ska rymma 600 elever och kommer att bli en del av den nya stadsdel som i etapper växer fram strax väster om Linköping. Totalkostnaden för skolan uppgick till ca 180 miljoner kronor där investeringen av solceller kostade 2,25 miljoner kronor. Byggnaden ska ha en hållbarhetsprofil som innefattar fyra solcellssystem med tunnfilmssolceller, där tre av är placerade på taken (M. Ekelund, 2017). Det resterande systemet är vertikalt monterat i byggnadens glasparti, vilket betyder att solcellerna även gör nytta i form av solavskärmning (C. Gunnarsson, 2017).

Sedan 2010 har Linköpings kommun ett uttalat mål om att bli koldioxidneutralt år 2025. Det är inte möjligt att kommunen ska ha nollutsläpp av koldioxid och måste därför kompensera genom att producera förnybar el, exempelvis solel (Linköping kommun, 2016).

Byggnaden kommer att certifieras med miljöbyggnad silver och en mätning kommer även göras på Skanskas Gröna karta där Marcus Ekelund tror att byggnaden kommer uppfylla Grönt 1. Skanska använder sig oftast av LEED men då upphandlingen av Linköpings kommun var byggd för att uppnå Miljöbyggnad silver i kombination med att LEED inte tidigare använts för skolor i Sverige valde man tillslut Miljöbyggnad. Då offentlig upphandling innebär att lägsta pris vinner var det svårt att uppnå höga nivåer i Skanska Gröna karta då detta medför merkostnad. Solcellsinstallationer har primärt inte används för att uppfylla nivåer i miljöcertifieringssystemen och har därmed inte installerats av det hänseendet (M. Ekelund, 2017).

Det var istället Linköpings kommun som i upphandlingsunderlaget la en option om solceller med hänsyn till bland annat kommunens mål om att bli koldioxidneutrala 2025 samt att solcellerna ska karaktärisera byggnaden. Byggnaden är den första skolan i Linköpings kommun som använder sig av solceller. Senare upphandlingar har inte innefattat solceller, då utvärdering av Vallastadens skola vill göras först (C. Gunnarsson, 2017).

Linköping kommuns principbeslut om att inte äga några fastigheter själva grundar sig i att de anser att fastighetensägare är mer kompetenta än kommunala tjänstemän att förvalta fastigheter. Principbeslutet innebär även att risken för oförutsedda kostnader elimineras och att kostnaden för fastigheten är konstant under kontraktperioden. Kommunen har valt att använda sig av långa hyreskontrakt och genom sin långsiktighet kunnat påverka beslutsfattningen på fastigheten. Det som ska tänkas på vid en offentlig upphandling är att anbudsförfrågan ska vara tillräckligt detaljerad för

att företag ska kunna ge ett anbud som tillmötesgår beställarens förväntningar, samtidigt ska anbudsfrågan vara flexibel i utförandet då ändringar medför ÄTA kostnader (C. Gunnarsson, 2017).

Det har inte beräknats någon återbetalningstid för projektet. Med hjälp av egen beräkning genom "Investeringskalkyl för solceller" med följande ekonomiska förutsättningar har återbetalningstid och lönsamhet beräknats.

Ekonomiska förutsättningar för Vallastadens skola

- Toppeffekt: 106 kWp \Rightarrow säkringsstorlek > 100 A \Rightarrow Elproducent.
- Företag (Elproducent) \Rightarrow
 - Investeringsstöd (idag 30%) \Rightarrow Ja (Ansökt)
 - Rotavdrag (idag 30% av arbetskostnaden) \Rightarrow Nej
 - Skattereduktion (60 öre /kWh upp till 18000 kr /år) \Rightarrow Nej
 - Momsbefriade från försäljning av el \Rightarrow Nej
 - Elcertifikat \Rightarrow Ja
 - Utförsäljning \Rightarrow Ja
- Uppskattat:
 - Pris för köpt el: 1,10 kr/kWh
 - Säljpris av såld el: 0.5 kr/kWh exklusive skattereduktion
 - Elcertifikatpris: 91,6 kr/ MWh (Januari 2017)
 - Kalkylränta: 4%
 - Ekonomisk Livslängd: 30år

Med rådande förutsättningar som beskrivs ovan kommer solcellsanläggningen inte bli lönsam under sin livstid. Efter 30 år var NVP= - 353 699 kr (inklusive investeringsstöd) med en internränta på 1,8 % per år. Efter 30 år var NVP= - 1028 686kr (exklusive investeringsstöd) med en internränta på -0,9 %.

Vallastadens skola erhåller ett fast elpris i 30 år på 1,55 kr/kWh för solelen (exklusive investeringsstöd).

Utan investeringsstöd:

$$\frac{2\,250\,000}{0,60 \times 80\,608 \times 30} = 1,55 \text{ kr/kWh i 30 år.}$$

Med investeringsstöd:

$$\frac{1\,575\,000}{0,60 \times 80\,608 \times 30} = 1,09 \text{ kr/kWh i 30 år.}$$

4.6 Östra sjukhuset

NCC



Figur 25. Östra sjukhuset parkeringsgarage (LM Stålmontage AB, 2017)

- **Fastighetstyp:** Parkeringshus vid Östra sjukhuset
- **Byggnadscertifikat:** -
- **Ägandestruktur:** Västfastigheter (landsting)
- **Solcellstyp:** Monokristallina
- **Investeringskostnad:** 4 000 000kr (22 222 kr/kWp)
- **Uppmätt elproduktion:** Juli 2016-2017 28 MWh
- **Lutning solcellsmodul:** Montagevinkel 15° till förhållande till taket.
- **Beräknat energibehov:** Konstant högre än elproduktionen.
- **Beräknad elproduktion:** 148 kWh/m² år (160 000 kWh/år)
- **Bruttoarea:** 8 000 m²
- **Beräknad färdig:** Juni 2016
- **Återbetalningstid:** över 30 år
- **Fast elpris 30år:** 0,83 kr/kWh
- **Yta solceller:** 1080 m²
- **Toppeffekt:** 180 kWp

Kontakt med Kristina Käck, Enhetschef, Energi och miljö på Västfastigheter, Hans Bjurbäck Energistrateg på Västfastigheter har använts för underlag om beslutsfattandet i projektet.

I juni 2016 stod den 1080 m² stora solcellsanläggningen på parkeringshuset vid Östra sjukhuset klart. Projektet beställdes av Västra Götalandsregionen där Västfastigheter som är en del av regionen var byggherre. Solcellsanläggningen som försör Östra sjukhuset med el har en topp effekt på 180 kW och beräknas producera 160 000 kWh år (H.Bjurbäck, 2017).

Av den el som produceras säljs ingen ut till elnätet utan allt tillgodogörs av Östra sjukhuset. Solcellsanläggningen på projektet är en del av en Västra Götalandsregionens solcellssatsning som i sin tur är en del av regionens mål om en halvering av den specifika energianvändningen på byggnadsbeståndet mellan åren 1995-2030 (K.Käck, 2017).

Västfastigheter är det som ska verkställa halveringsmålet och det ska finansieras med ett koncernbidrag om 150 miljoner kronor om året vilket har beslutats av riksdagen. För att uppnå halveringsmålet ska beståndet i snitt ha en specifik energianvändning av 134 kWh/m²,år inklusive verksamhetsel. För nybyggnationer är målet 60 kWh/m² per år inklusive verksamhetsel (K.Käck, 2017).

Solcellssatsningens mål är att 2030 ha en elproduktion av 3 GWh per år på VSG byggnadsbestånd. Anledningen var dels att bidra till att nå halveringsmålet men också för att regionen tog beslut om att gå före i utvecklingen gällande solenergi. VSG vill därmed profilera sig som en aktör som står för hållbart byggande och användning av förnybar energi. En solenergiplan gjordes där man gjorde en praktisk genomförbar potentialstudie för solceller på alla sjukhus i Västsverige. Analysen innefattade tre kategorier där förutsättningar för installation av solceller utvärderades (K.Käck, 2017):

1. Enkelt att installera solceller.
2. Installation av solceller medför vissa konsekvenser och kostnader.
3. Installation av solceller medför stora konsekvenser och kostnader.

Principen för att nå målet om 3 GWh om året är att bygga stora solcellsparkar där installationerna i Skaraborgs sjukhus i Skövde utgör den största anläggningen (K.Käck, 2017), se figur 26.



Figur 26. Solceller Skaraborgs sjukhus Skövde (Västfastigheter, 2017)

Denna anläggning täcker en yta av 2150 m² och är ett av de största takmonterade systemen i Sverige. Den beräknade elproduktionen från anläggningen beräknas bli 300 000 kWh per år. Utöver det takmonterade systemet består även solcellsparken av

två skärmtak med totalt 500 kvm solceller som är monterade över en del av sjukhusets parkeringar. Den förväntade årliga produktionen av dessa ligger på 70 000 kWh per år. Solcellsparken blev 2016 utsedd till årets anläggning av Svensk solenergi. Solcellsparken har nu expanderats med 16 skärmtak där det finns framtidsplaner på ytterligare 10 skärmtak (Västfastigheter, 2017).

De fastigheter som byggs och förvaltas av Västfastigheter ägs av Västra Götalandsregionen, energikostnaderna ingår inte i hyran av fastigheterna. Detta innebär att Västfastigheter bygger för ett långsiktigt ägande och den miljöklassning dem siktar på är Guld i miljöcertifikatsystemet Miljöbyggnad. Solcellerna ska i regel inte tillgodoräknas gällande delen om energi för att nå nivån Guld. Detta har inte heller gjorts på Östra sjukhuset (K.Käck, 2017).

Montering av solceller på Västra götalandsregionens fastigheter drivs främst av miljöaspekten snarare än av ekonomiska skäl. Istället för att fokusera på en byggnad och dess energibehov inventeras hela regionens bestånd för att så effektivt som möjligt uppfylla de övergripande målen om en halvering av energianvändningen samt en årlig produktion av solceller på 3 GWh år 2030 (K.Käck, 2017).

För solcellsanläggningen på parkeringshuset vid Östra sjukhuset söktes inget solcellsstöd och Kristina Käck vet inte riktigt varför men tror det antagligen har att göra med en krävande process med lång handläggningstid. Kristina tror således på utveckling inom solcellsmarknaden och belyser Sveriges goda förutsättningar med vattenkraft för att balansera den intermittenta energikälla som solenergi utgör.

Med hjälp av egen beräkning genom "Investeringskalkyl för solceller" med följande ekonomiska förutsättningar har återbetalningstid och lönsamhet beräknats.

Ekonomiska förutsättningar för Östra sjukhuset

- Toppeffekt: 180 kWp \Rightarrow säkringsstorlek > 100 A \Rightarrow Elproducent.
- Företag (Elproducent) \Rightarrow
 - Investeringstöd (idag 30%) \Rightarrow Nej
 - Rotavdrag (idag 30% av arbetskostnaden) \Rightarrow Nej
 - Skattereduktion (60 öre /kWh upp till 18000 kr /år) \Rightarrow Nej
 - Momsbefriade från försäljning av el \Rightarrow Nej
 - Elcertifikat \Rightarrow Ja
 - Utförsäljning \Rightarrow Nej
- Uppskattat:
 - Pris för köpt el: 1,10 kr/kWh
 - Säljpris av såld el: 0.5 kr/kWh exklusive skattereduktion
 - Elcertifikatpris: 91,6 kr/ MWh (Januari 2017)

- Kalkylränta: 4%
- Ekonomisk Livslängd: 30år

Med rådande förutsättningar enligt ovan kommer solcellsanläggningen inte bli lönsam under sin livstid. Efter 30 år var NVP= -1 254 387 kr med en internränta på 1,1 % per år. Skulle däremot Västfastigheter ansökt och fått investeringsstödet om 30% med samma förutsättningar i övrigt skulle NVP efter 30 år vara -54 399 kr med en internränta på 3,8 % årligen.

Östra sjukhuset erhåller ett fast elpris i 30 år på 0,83 kr/kWh för solelen.

Utan investeringsstöd:

$$\frac{4\,000\,000}{160\,000 \times 30} = 0,83 \text{ kr/kWh i 30 år.}$$

Med investeringsstöd:

$$\frac{2\,800\,000}{160\,000 \times 30} = 0,58 \text{ kr/kWh i 30år.}$$

4.7 Sammanställning

I tabell 11 redovisas en sammanställning av förutsättningar och resultat för de utvärderade projekten. Underlaget för de olika projekten kan skilja sig en del, vilket gör att det i många fall är svårt att dra generella slutsatser. Tettet vars solceller är integrerade i fönstermodullen är exempelvis den absolut dyraste installationen med hänsyn till kr/kW och kr/m². Detta förklaras delvis genom att Skanska har räknat på kostnaden för hela fönstermodulen inklusive solceller istället för att endast räkna på vad solcellsinstallationen kostar utöver fönstermodulen.

De slutsatser som kan dras är att projekt som använder sig av tunnfilm (Vallastadens skola och KV6 Valand) på fasad behöver en större yta för att öka effekten m²/kW. Väla gårds förutsättningar gällande lutning och väderstreck gör installationen till den mest produktiva per installerad effekt kWh/kW. En sak att pointera är att de projekt som ännu inte färdigställts (Juvelen, Vallastadens skola och KV6 Valand) är de billigaste alternativen sett till kr/m². Vallastadens skola och KV6 Valand använder sig av tunnfilm vilket gör att priset per m² solcell blir lägre, det krävs dock fler m² för att uppnå samma effekt.

Den låga investeringskostnaden för Juvelen bidrar till att projektet erhåller lägst värden gällande kr/m² och kr/kW. Sett till byggnadens utformning med en hög estetisk målsättning är det rimligt att det tillkommer en högre installationskostnad, och därmed slutpris för hela solcellsinstallationen.

Sett till fast elkostnad för projekten är det fördelaktigt att använda hela solelproduktionen direkt till fastigheten. Detta åskådliggörs genom att Juvelen, KV 6 Valand och Östra sjukhusets parkering erhåller lägst fast elkostnad. Den fasta elkostnaden för Östra sjukhuset hade sänkts ytterligare om investeringsstöd hade sökts, 0,58 kr/kWh. Väla gård är den fastighet som erhåller högst fast elkostnad då producerad el enbart används till fastighetsel. Om Väla går istället hade använt sig av producerad el till fastighetsel och verksamhetsel skulle den fasta elkostnaden sjunka till 0,97 kr/kWh. Andelen såld el minskar från 77 % till 52 %. Den el som säljs ut inkluderas inte i beräkningarna eftersom det skulle innebära ett spekulativt pris för såld el.

Tabell 12. Sammanställning av projekt

Projekt	Väla gård	Tennet	Juvelen	KV6 Valand	Vallastadens skola	Östra sjukhuset
Solcellstyp	Integrerad polykristallina	Integrerad tunnfilm	Integrerad kristallina	Integrerad tunnfilm på fasad	Integrerad CdTe tunnfilm på tak och fasad	Monokristallina
Miljöcertifiering	LEED Platina	LEED Platina	LEED Platina	-	Miljöbyggnad silver	-
Gröna Kartan	Mörkgrönt	Grönt 1	Mörkgrönt	Grönt 1	Grönt 2	-
Anläggningens storlek (m ²)	460	200	552	102	833	1080
Effekt (kW)	71	31	86	13	106	180
Kvm per kW (m ² /kW)	6,48	6,45	6,42	7,87	7,86	6,00
Investeringskostnad (Kr)	1 597 500	1 395 000	1 305 000	300 000	2 250 000	4 000 000
Kostnad per kvm (Kr/m ²)	3473	6975	2364	2941	2701	3703
Kronor per kW (Kr/kW)	22 500	45 000	15 174	23 148	21 226	22 222
Beräknad elproduktion per år (kWh)	64 600	24 000	72 000	7862	80 608	160 000
Uppmätt elproduktion per år (kWh)	69 000	25 000	-	-	-	-
Elproduktion/effekt (kWh/kW)	910	774	837	606	760	889
Internränta 30 år (%)	2,8	-3,6	6,1	-7,1	1,8	1,1
Fast elkostnad (kr/kWh)	1,97	1,36	0,42	0,87	1,09	0,83

5 Diskussion

När beslut om en solcellsinstallation ska tas finns det en rad faktorer som spelar in. För att göra sin solcellsinstallation så effektiv och lönsam som möjligt finns det antal faktorer att ta hänsyn till, dessa diskuteras i avsnitt 5.1.

Den ekonomiska aspekten är således inte alltid avgörande då det finns andra motiv. Avsnitt 5.2 kommer att konstatera att det ofta är miljöaspekter eller marknadsföring som står för den betydande delen av beslutet om solcellsinstallation.

Vidare förs en diskussion under rubrik 5.3 angående solcellernas framtidsutsikter.

5.1 Faktorer som påverkar lönsamheten

Lönsamheten gällande solcellsinstallationer i Sverige är fortsatt låg. I de utvärderade projekten är det endast Juvelen med dagens förutsättningar som är lönsam under solcellernas uppskattade livslängd på 30 år. Om Väla gård hade använt sig av producerad solet till både fastighetsel och verksamhetsel skulle solcellsinstallationen för projektet bli lönsam. Vi anser att detta är det mest logiska alternativet om Skanska äger och använder sig av byggnaden.

En annan faktor som kan vara avgörande för om kalkylen blir lönsam är vilken uppskattad elproduktion av solet som väljs jämfört med en uppmätt elproduktion. Antingen om solcellernas produktion inte överensstämmer med den angivna eller om den antagna väderleken blir annorlunda. Naturligtvis leder även det till att nuvärdet och internräntan ändras. Detta uppmärksammades i projektet Väla gård när producerad solet användes till både fastighetsel och verksamhetsel i kombination med att den uppmätta elproduktionen användes i kalkylen. Används uppmätt elproduktion 69 000 kWh fås en återbetalningstid på 22 år för solcellsanläggningen. Efter 30 år blir NVP= 126 367 kr (inklusive investeringsstöd) med en internränta på 5,1 % per år. Samma förutsättningar som ovan för Väla gård med skillnaden att den beräknade produktionen på 64 600 kWh används, ger en återbetalningstid på 26 år för solcellsanläggningen. Efter 30 år var NVP= 56 543 kr (inklusive investeringsstöd) med en internränta på 4,4 % per år. Skillnaden blir därmed 4 år med en skillnad på internränta på 0,7 % per år vilket är en betydande skillnad.

Vid försäljning av el bör noggrannhet iakttas gällande val av elhandelsbolag då ersättningen för överskottselen som säljs ut på elnätet kan skilja sig betydligt. Det är dock mer lönsamt att använda den producerade elen själv jämfört med att sälja ut till elnätet. Inköpspriset av el är helt enkelt dyrare än vad säljpriset av el är.

En lösning till detta vore om kraftbolagen hade främjat installation av små solcellsparker genom att kvitta den sålda elen gentemot den köpta. Alternativt är att förslaget om kvittning lagstadgas. Ett sådant initiativ skulle sänka tröskeln för att installera solceller då solelsproducenten inte behöver anpassa elproduktionen till elförbrukningen. Diskussion angående kvittning av el har förekommit, men val av skattereduktion gjordes istället. Vid en kvittning mellan köpt el och såld el skulle den nuvarande skattereduktionen spela ut sin roll vilket minskar arbete och tid för både skatteverket och elproducenten.

En annan faktor är investeringsstödet behöver förbättras genom snabbare handläggningsarbete då företag och privatpersoner i dagsläget inte räknar in denna faktor i kostnadskalkylen då det är ovisst när och om den fås. Denna orsak påverkar lönsamhetskalkyler bland annat genom att återbetalningstiden ökar vilket kan få en negativ inverkan vid beslutsfattningen.

Det rekordlåga priset för elcertifikat är inget som gynnar solcellernas utbredning. Den justerade kvotkurvan leder rimligtvis till att värdet för elcertifikat ökar vilket också det skulle gynna kalkylen för solceller och därmed öka antalet installationer.

Optimal placering av en solcellsmodul i Sverige är mot söder i en lutning av ca 35-50°. För att få en högproducerande solcellsanläggning ställs det därmed krav på byggnadens läge och utformning. En annan viktig aspekt för att få en effektiv solesproduktion är att undvika skuggning och säkerställa god ventilation. Där skuggning inte kan motverkas är tunnfilm-solceller ett bättre alternativ, även om kW per m² är något lägre.

I dagsläget är det därmed svårt att räkna hem solcellsinstallationer men skulle elpriset i Sverige öka vore det gynnsamt för lönsamheten. Återbetalningskalkylen som har använts i detta arbete är mycket täckande då den inkluderar flertalet av de ekonomiska variabler som påverkar lönsamheten för solcellsinstallationer. Många faktorer i lönsamhetskalkylen är dock spekulativa och därmed anser vi att ett säkrare och mer användbart redskap för beräkning av ekonomisk lönsamhet på solcellsinstallation är den fasta elkostnaden för de kWh som tillgodogörs av byggnaden under den 30 åriga livslängden för solcellerna.

5.2 Faktorer som påverkar beslut av solceller

För de utvalda projekten har BBR inte varit avgörande för solcellsinstallationen. Det som varit drivande är de olika aktörernas mål inom hållbar utveckling. Gemensamt för alla projekten är även att inga egentliga lönsamhetskrav är ställda och därmed har få eller inga återbetalningstider för solcellsanläggningen räknats fram. I projekt som utvecklas av Skanska är LEED och Gröna Kartan betydande. Solcellsanläggningen är extra viktig i Gröna kartan då högsta nivån kräver nära netto noll primärenergi. Skanska har en vision om att vara klimatneutrala vilket innebär att byggnationen av mörkgröna projekt ska öka. Inom LEED krävs det att 13 % av den totala energiförbrukningen är förnyelsebar för att uppnå maxpoäng för förnyelsebar energi. Det går likväl att nå högsta nivån Platina utan solceller. För att nå Miljöbyggnad Guld är inte solceller nödvändigt, dock förenklar det att nå Guld inom området energi.

Beslut om solcellsinstallation i projekten är beroende av aktörernas målsättning i ämnet. I rapporten har vi kunnat urskilja tre olika kategorier.

1. Offentliga organ som har satsat på miljömål vilket gynnar utbredningen av solceller. Västfastigheter har utvecklat ett solcellsprogram där hela organisationen har ett tydligt måltal att utgå efter. Beslutsfattningen angående solceller på Vallastadens skola går helt i linje med kommunens uttalade miljömål om koldioxidneutralitet.
2. Privata företag som genom sitt byggande vill profilera sig gentemot kunder och arbetstagare. De mörkgröna prestigeprojekten Väla gård och Juvelen är två projekt som marknadsför Skanskas visioner och kunnande gällande hållbar utveckling.
3. Privata företag som vill höja marknadsvärdet på aktuell fastighet gentemot köpare/ hyresgäster. Solcellsinstallationerna på Tennet och Aranäs Kv6 Valand antas höja marknadsvärdet genom ökad attraktivitet från köpare/hyresgäster för byggnaderna.

Fördelen med det första alternativet där ett övergripande mål satts är att solcellerna kan installeras på vilken byggnad som helst som ägs eller beställs av aktören. Detta betyder att varje fastighets möjliga bidrag utvärderas för att nå det övergripande målet. De privata aktörerna är beroende av enskilda byggnaders målsättning och solcellerna installeras om de har en betydande del för att uppnå detta. Vi anser att övergripande och tydliga mål angående solceller är mycket viktigt för att utbredningen ska öka.

5.3 Framtidsutsikter

Under ett studiebesök på Gothia Solenergi upplyser Seth Larsson att solcellsinstallation inte har ökat i samma utbredning som dess potential på grund av samhällets dåliga kunskap om ämnet och antagandet att solcellerna inte är särskilt utvecklade ännu. Seth berättar vidare att antaganden från allmänheten om att priset på solceller kommer att sjunka markant är överdriven då produktionskostnaden stagnerat.

Sol och vind är två energikällor som ger en varierad elproduktion. Dessa två intermittenta energikällor behöver således en kompletterande reglerkraft för att balansera elproduktion till elbehov på elnätet. Sveriges har en stor fördel jämfört med många andra länder eftersom landets största elproducent vattenkraft, fungerar både som baskraft och reglerkraft. När behovet av vattenkraft inte är stort sparas vatten i dammar för att sedan frigöras till turbinerna när det behövs. Solcellspaneler kommer med största säkerhet inte kunna försörja Sveriges elnät ensamt. Kombinationen av att kärnkraften ska vara avvecklad 2040 och förutsättningarna som vattenkraft ger ökar dock potentialen och skälen för en utbyggnad av solcellssystem i Sverige.

Ett antagande är att solcellsinstallation kan öka kraftigt när elbilen utbreder sig. När fordonsflottan övergår från fossilt till förnybar energi behövs ett stort behov av el. Liknande anläggningar som Västfastigheter har gjort på Östra sjukhuset och Skövde med solcellspark på parkering/parkeringsgarage kan öka. Det är en outnyttjad yta där solcellerna både kan användas som energikälla för laddning av elbilen men samtidigt användas som väderskydd. Under parkeringstillfället kan fordonsägaren därmed ladda sin elbil och på så sätt minska den belastning som kommer att uppstå när fordonsägarna ska ladda bilen.

6 Referenser

Abrahamsson, T. Berggren, B och Togerö, Å (2016). Skanska Powerpoint: *Seminarium mörkgrönt*

Axelsson, E (2016) *Utbyggnad av solceller i Sverige* Hämtat från Energiforsk:
<https://energiforskmedia.blob.core.windows.net/media/21447/solel-resultatblad-3.pdf>

Bolmeson. J (2008) *Internränta och internräntemetoden* Hämtad från Rika
Tillsammans:
<https://rikatillsammans.se/2008/05/10/internranta-och-internrantemetoden-eng-internal-rate-of-return-irr/>

Dalenbäck, J-O. (2015). *Juli gav mer solkraft än kärnkraft i Tyskland* Hämtad från Svensk solenergi:
<http://www.svensksolenergi.se/nyheter/nyheter-2015/juli-gav-mer-solkraft-aen-kaernkraft-i-tyskland>

Ecokraft (2017) *Integration solcellspaket*. Hämtat från Ecokraft:
<http://www.ecokraft.se/solceller/kompleta-solcellspaket/solcellspaket-integration/>

Ekonomifakta (2016) *Elcertifikat*. Hämtat från Ekonomifakta:
<http://www.ekonomifakta.se/Fakta/Energi/Styrmedel/Elcertifikat/>

Energikommissionen (2016) *Om energikommissionen* Hämtat från Energikommissionen:
<http://www.energikommissionen.se/om-energikommissionen/6/>

Energimyndigheten (2015) *Energiläget* Hämtat från Energimyndigheten:
<http://www.energimyndigheten.se/soksidan/?query=energil%C3%A4get+2015>

Energimyndigheten (2016a) *Kvotnivåer*. Hämtat från Energimyndigheten:
<http://www.energimyndigheten.se/fornybart/elcertifikatsystemet/kvotpliktig/kvotnivauer/>

Energimyndigheten (2016b) *2015 var ett år med stor elproduktion och rekordstor export av el*. Hämtat från Energimyndigheten:
<http://www.energimyndigheten.se/nyhetsarkiv/2016/2015-var-ett-ar-med-stor-elproduktion-och-rekordstor-export-av-el/>

Energimyndigheten (2017a) *Solceller*. Hämtat från Energimyndigheten:
<http://www.energimyndigheten.se/fornybart/solenergi/solceller/>

Energimyndigheten (2017b) *Solceller växelriktare* Hämtat från Energimyndigheten:
<http://www.energimyndigheten.se/tester/tester-a-o/solceller-vaxelriktare/>

Energimyndigheten (2017c) *Energiläget i siffror 2017* Hämtat från Energimyndigheten:

<http://www.energimyndigheten.se/statistik/energilaget/?currentTab=1>

Göteborgs stad (2014) *Klimatstrategiskt program för Göteborg*. Hämtat från Göteborgs stad:

<http://goteborg.se/wps/wcm/connect/36fb4599-a2c4-4e46-8621-0c71cece4c5/Klimatstrategiskt+program+f%C3%B6r+G%C3%B6teborg.pdf?MOD=AJPERES>

Heden. P (2013) *Solelpotentialbedömning: framställning av solelpotentialkarta för Lund och utvärdering av laserdata*. Avdelningen för byggnadsfysik. Hämtat från: <http://lup.lub.lu.se/luur/download?func=downloadFile&recordId=4462440&fileId=7508771>

IEA International energy agency (2015). *Trends 2015*. Hämtat från IEA: (http://www.iea-pvps.org/fileadmin/dam/public/report/national/IEA-PVPS_-_Trends_2015_-_MedRes.pdf).

Lindahl. J (2016) *National Survey Report of PV Power Applications in Sweden 2015*. Hämtat från Energimyndigheten: <https://www.energimyndigheten.se/globalassets/fornybart/solenergi/national-survey-report-pv-power-application-sweden-2015.pdf>

Linköping kommun. (2016). *Koldioxidneutralt Linköping 2025*. Hämtat från Linköping kommun: <http://www.linkoping.se/bygga-bo-och-miljo/hallbara-linkoping/kampanjsidor-hallbara-linkoping/koldioxidneutralt-linkoping-2025/>

Malmsten. J. (2015). *Solceller på tak*. Hämtat från Solkompaniet: http://belok.se/download/genomforda_projekt/Solceller%20p%C3%A5%20tak_handbok.pdf

Regeringskansliet. (2017). *Regeringens politik*. Hämtad från Regeringskansliet: <http://www.regeringen.se/regeringens-politik/klimatavtalet-fran-paris/>

Palmgren. R. (2016) *Solceller i Göteborg - Samarbetsprojekt mellan Göteborg Energi och Framtiden*. Utredningsrapport, Göteborg Energi.

Skanska. (2012). *Riktlinjer för Skanska Sverige kommunikation om LEED*. Hämtat från OneSkanska: <https://one.skanska.com/contentassets/916d0f6ad6174335ba29fe250b5ca377/riktlinjer-for-skanska-sveriges-kommunikation-om-leed.pdf>

Skanska. (2013a). *LEED- leder vägen till grönt byggande*. Hämtad från OneSkanska: <https://one.skanska.com/contentassets/cd1e3f60d9c34f9889cc9f67c676ddd6/saljblad-leed-utkast-3-jan-2013.pdf>

Skanska. (2013b). *Juvelen*. hämtad från OneSkanska: https://one.skanska.com/displaynews/?newsid=OoSwljJ9&one_lang=sv-se

Skanska. (2015a) *Solcellssupporten, Referensanläggningar solceller* Hämtad från OneSkanska:

<https://one.skanska.com/sv-se/my-unit/organizational-units/skanska-sweden/vara-arbetsfatt/Vsab/hus/tekniska-losningar/standard/solceller/>

Skanska. (2015c) Skanska Excel: *Juvelen solceller*

Skanska. (2015b) *Energiberäkning för Juvelen*

Skanska. (2016a). *Hållbarhet*. Hämtat från Skanska: <http://www.skanska.se/om-skanska/hallbarhet/>

Skanska. (2016b). *Grönt byggande*. Hämtad från Skanska: <http://www.skanska.se/om-skanska/hallbarhet/gront-byggande/>

Skanska. (2016c). *Gröna kartan*. Hämtad från Skanska: <http://www.skanska.se/om-skanska/hallbarhet/gront-byggande/grona-kartan/>

Skanska. (2016d). *Gröna kartan byggnader*. Hämtad från OneSkanska: <https://one.skanska.com/sv-se/my-unit/organizational-units/skanska-sweden/support/gront-byggande/grona-kartan/>

Skanska. (2016e). *Gröna veckan kundseminarie*. Hämtat från OneSkanska:

Skanska. (2016f). *Skanska investerar 340 miljoner kronor i kontorshuset Juvelen i Uppsala*. Hämtad från OneSkanska: https://one.skanska.com/displaynews/?newsid=zMMFgwbd&one_lang=sv-se

Skanska. (2016g). *Första spadtaget för Kv 6. Valand* Hämtat från OneSkanska: https://one.skanska.com/displaynews/?newsid=1GygxWRU&one_lang=sv-se

Skanska. (2016h). *Skanska säljer skola i Linköping till Vacse för cirka 200 miljoner kronor*. Hämtat från OneSkanska: https://one.skanska.com/displaynews/?newsid=ZJfOdnKy&one_lang=sv-se

Skatteverket (2017) *Skattereduktion för mikroproduktion av förnybar el* Hämtat från Skatteverket: <http://www.skatteverket.se/privat/fastigheterochbostad/mikroproduktionavfornybarel/skattereduktionformikroproduktionavfornybarel.4.12815e4f14a62bc048f4220.html?q=mikroproducent>

Skärvad, P-H, Olsson, J. (2014). *Företagsekonomi 100*. Stockholm, Liber

SGBC. (2014) *Manual 2.2 Miljöbyggnads bedömningskriterier för nyproduktion*. Hämtat från Sweden Green Building Council <https://www.sgbc.se/docman/miljobyggnad-2014/442-2-2-141001-mb-nyproduktion-vers-141017/file>

SGBC. (2017). *Miljöbyggnad*. Hämtat från: Sweden Green Building Council

<https://www.sgbc.se/om-miljoebyggnad>

SMHI (2017a). *Solstrålning*. Hämtat från SMHI:

<https://www.smhi.se/kunskapsbanken/meteorologi/solstralning-1.4186>

SMHI (2017b). *Normal globalstrålning under ett år*. Hämtat från SMHI:

<https://www.smhi.se/klimatdata/meteorologi/stralning/normal-globalstralning-under-ett-ar-1.2927>

SolarLab (2016) *Solcellfakta* Hämtat från Solarlab:

<http://solarlab.se/solpanel/solcell-fakta>

Solcellsforum (2017) *Lite fakta om solceller och solcellsystem*. Hämtat från Solcellsforum:

<http://www.solcellforum.se/tekniken.html>

Solcellsproffsen (2017) *Växelriktare* Hämtat från Solcellsproffsen:

<http://www.solcellsproffsen.se/information/vaxelriktare>

Solelprogrammet. *Moduler och cellteknologi*. Hämtat från Solelprogrammet:

<http://www.solelprogrammet.se/Projekteringsverktyg/Moduler/>

Stridh, B (2015). *Skillnad mellan global, diffus och direkt solinstrålning?* Hämtat från

Bengts nya villablogg: <http://bengtsvillablogg.info/2015/02/04/skillnad-mellan-global-diffus-och-direkt-solinstralning/>

Stridh, B (2016). *Investeringskalkyl för solceller*. Hämtad från Mälardalens Högskola:

<http://www.mdh.se/forskning/inriktningar/framtidens-energi/investeringskalkyl-for-solceller-1.88119>

Svea Solar (2013) *Så fungerar tekniken*. Hämtat från Svea Solar:

<http://www.sveasolar.se/sa-fungerar-tekniken.html>

Svensk solenergi. (2011) *Solceller snabbguide*. Hämtat från Svensk solenergi.

<http://www.svensksolenergi.se/upload/pdf/Solceller-snabbguide-rev20110503.pdf>

Togerö, Å. (2014) Skanska Powerpoint: *Väla gård kostnad*

USGBC. (2017). *LEED for New Construction and Major Renovations (v2009)*.

Hämtat från U.S Green Building Council:

<http://www.usgbc.org/credits/new-construction/v2009>

Västfastigheter. (2017). *Solcellsparken i Skövde*. Hämtad från Västfastigheter:

(<http://vastfast.vgregion.se/sv/Vastfastigheter/Vastfastigheter-Projekt---Sok/Vastfastigheter-Projekt---Sok/Platshallare---Distrikt-Ost/Skaraborgs-Sjukhus-Skovde---solcellspark/>)

7 Figur- och tabellförteckning

Figur 1. Nuvärdesmetoden.....	5
Figur 2. Solinstrålningens olika komponenter (NREL).....	7
Figur 3. Klimatkarta som illustrerar värdet för globala solinstrålningen ett helt år mellan normalperioden 1961-1990 (SMHI, 2017b).....	8
Figur 4. Total solinstrålning i kWh/ m ² ,år mot horisontalplan i beroende av lutning och väderstreck i Jönköping mellan 1962-1990 (Hedén, 2013).....	9
Figur 5. PN-övergång i solcellen (Svea Solar, 2013).....	10
Figur 6. Ytbehovet över olika takvinklar (Jon Malmsten, 2015).....	12
Figur 7. Installerad elproduktionskapacitet i Sverige per kraftslag i MW mellan 1996-2014 (Energimyndigheten, 2015).....	14
Figur 8. Sveriges elproduktion per kraftslag och total elanvändning i TWh mellan 1971-2013(Energimyndigheten, 2015).....	15
Figur 9. Utsläpp av växthusgaser från olika kraftslag (Vattenfall, 2012).....	16
Figur 10. Prisutveckling elcertifikat januari 2006-januari 2017(Ekonomifakta, 2017).....	19
Figur 11. Antal registrerade och certifierade byggnader i Sverige mellan 2009-2014 (SGBC, 2017).....	21
Figur 12. LEED bedömningsmall v2009 (USGBC, 2017).....	24
Figur 13. Skanskas Gröna karta (Skanska, 2016c).....	27
Figur 14. förflyttning inom området energi i Gröna Kartan (Skanska, 2016e).....	28
Figur 15. Väla gård (Skanska, 2015a).....	30
Figur 16. Scorecard LEED Väla gård (Skanska, 2017).....	31
Figur 17. Gröna kartan Väla gård (Togerö, 2014).....	32
Figur 18. Import och export av el Väla gård. Diagrammet avser endast fastighetsel. Källa: Togerö, 2014.....	33
Figur 19. Förhållandet mellan producerad solel, importerad el och exporterad el, Väla gård (Abrahamsson, Berggren och Togerö,2016).....	33
Figur 20. Tennet (Thoréns, 2017).....	37
Figur 21. Juvelen (Skanska 2013).....	40
Figur 22. Energianvändning kWh/m ² ,år Juvelen(Skanska 2015b).....	41
Figur 23. KV 6 Valand(Skanska, 2016g).....	43
Figur 24. Vallastadens Skola (Skanska, 2016h).....	46
Figur 25. Östra sjukhuset parkeringsgarage (LM Stålmontage AB, 2017).....	50
Figur 26. Solceller Skaraborgs sjukhus Skövde (Västfastigheter, 2017).....	51
Tabell 1. Ekonomiska förutsättningar för de olika aktörerna (Axelsson, 2016).....	17
Tabell 2. Kvotnivåer mellan 2010-2018 (Energimyndigheten, 2016a).....	19
Tabell 3. Prisutveckling solceller mellan 2010-2015 (Lindahl, 2015).....	20
Tabell 4. Vad de olika miljöcertifieringarna omfattar (SGBC, 2017).....	21
Tabell 5. Miljöcertifieringar som används i Sverige, vem som hanterar dessa och deras nivåer (Skanska, 2012).....	22
Tabell 6. Betygskriterier för årlig energianvändning i kWh/ m ² ,Atemp vid nyproduktion (SGBC, 2014).....	25
Tabell 7. Kriterier för Miljökatgorier (SGBC, 2014).....	26
Tabell 8 Kriterier i % av total energianvändning vid nyproduktion (SGBC, 2014)....	26
Tabell 9 Kategorisering av energislag i Miljöbyggnad (SGBC, 2014).....	26

Tabell 10. Kriterier för respektive nivå (Skanska, 2016d).....	28
Tabell 11. Sammanställning för projekten	55