SOLCELLER I BORÅS

–Nyttjande av solceller för Borås energi och miljö

Högskoleingenjörsutbildning i Borås
Energiingenjör Elkraft

Tobias Lundblad
Nils Gren

HÖGSKOLAN I BORÅS

Förord

Uppdraget i detta examensarbete erhölls av Borås energi och miljö. Examensarbetet har resulterat i många nya kunskaper om solceller och tillhörande utrustning men också administrationen kring en solcellsanläggning.

Vi vill tacka alla som på olika sätt har bidragit och kommit med idéer till våran rapport.
Tack till personalen på Borås energi och miljö som bidragit med bra synpunkter på arbetet. Vi vill tacka vår handledare Malin Fridmar, projektledare på Borås energi och miljö för att vi fick möjlighet att göra detta examensarbete. Stort tack till vår examinator Peter Axelberg för att ha kommit med goda idéer till rapporten.

Vi vill även tacka alla som tagit sig tiden att ställa upp på en intervju.

Tack till Robbert Prinselaar på Affärsverken Karlskrona för att vi fick ställa frågor om er solcellsanläggning. Tack till Jonas Wågenberg på Kalmar energi för att du tog dig tid att upplysa oss om era solcellsparker. Tack till Diedrik Fälth på Öresundskraft i Helsingborg för den detaljerade beskrivningen om er anläggnings uppbyggnad.

Stort tack till Peter Kovacs på RISE för att du hade möjlighet att besvara våra tekniska frågor. Tack till Elin Elmehag på AFRY i Göteborg som gav oss mycket information om den tekniska biten hos solpaneler.

Vi vill även tacka Malin Johansson på Ångströmslaboratoriet i Uppsala för att du med stort engagemang besvarade våra frågor om forskning kring solceller.

Borås, maj 2021
Tobias Lundblad och Nils Gren

Program: Energiingenjör inriktning elkraft
Svensk titel: Solceller i Borås
Engelsk titel: Solarcells in Borås
Utgivningsår: 2021
Författare: Tobias Lundblad och Nils Gren
Handledare: Malin Fridmar
Examinator: Peter Axelberg
Nyckelord: Solcellsanläggning, Solceller Borås, Etablerar solceller, Solceller

Sammanfattning

Studiens syfte är att hitta lösningar för Borås Energi och miljö på hur man effektivt kan etablera solceller. Detta genom att jämföra med andra kommuner/företag och på så vis hitta en eller flera lösningsförslag. För placering av eventuell solcellsanläggning ska ett område i Borås föreslås.

Insamling av fakta sker via internethemsidor och intervjuer. Intervjuerna är uppdelade i olika frågor. En del riktar sig till kommuner och bolag som äger anläggningar. Och den andra delen är mer tekniskt inriktad och ställs till institut och företag. Intervjuerna genomfördes via teams, med inspelning. Inspelningen var bara till för att säkerhetsställa att ingen information gick till spillo. Vid tidsbrist från företagens sida, hölls en del intervjuer via telefon, utan inspelning. Under projektets gång intervjuas 6 olika personer från olika företag och kommuner. Resultatet av intervjuerna blev likartade. För de företag som ägde en solcellsanläggning, hade majoriteten monokristallina solceller. Även de tekniskt inriktade intervjuerna gav likartade resultat då de nämnde att monokristallina solceller var den mer fördelaktiga varianten. När frågan ställdes om användning av lagring eller optimerare blev svaren nej för samtliga intervjuer. Vid jämförelse med de faktainsamlingar som samlats in via hemsidan, gav det ett likartat resultat.

Lösningsförslaget för att effektivisera Borås energi och miljös framtida anläggning, var att använda sig av monokristallina half-cut solceller utan lagring eller optimerare. Placering skulle helst vara på obrukbar mark, som till exempel nedlagda deponier eller hustak.

Val av område för eventuell framtida solcellsanläggning, gjordes med hjälpa av Borås solkarta och samarbete med Borås energi och miljö.

Abstract

The purpose of the study is to find solutions for Borås energi och miljö on how to effectively establish solar cells, by comparing with other municipalities / companies and thus find one or more solution proposals. A location in the Borås area for any photovoltaic system will also be proposed.

Fact collection will take place via internet websites and interviews. The interviews are divided into two categories. Questions that are more technically oriented, are asked primarily to companies and institutes. And questions that are aimed at owners of photovoltaic systems, such as municipalities and companies. The interviews were held via Teams, with recording. The recording was only to ensure that no information was wasted, of course with the person's permission. Due to lack of time on the part of the companies, some interviews were held by telephone, without recording. During the project, six people from different companies and municipalities were interviewed. The results of the interviews gave similar results. For the companies that owned a photovoltaic plant, the majority had monocrystalline solar cells. The technically oriented interviews also gave similar results as they mentioned that monocrystalline solar cells were the more advantageous variant. When asked about the use of storage or optimizers, the answers were no for all interviews. When compared with the fact collections collected via the website, it gave a similar result.

Our solution proposed to Borås energi och miljö is to use a monocrystalline half-cut solar cells without storage or optimizers in a future facility. Location would preferably be on unusable land, such as closed landfills or rooftops.

Choice of location for possible future solar cell plant, was decided by help of a cell map over Borås and collaboration with staff at -Borås energi och miljö.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1 Inledning 1

1.1 Bakgrund 1

1.2 Borås energi och miljö 1

1.3 Syfte 1

1.4 Frågeställningar 2

1.5 Avgränsningar 2

2 Teori 3

2.1 Solceller 3

2.1.1 Tillverkning av solceller 4

2.1.2 Typer av solceller 4

2.1.3 Typer av moduler 6

2.1.4 Växelriktare 6

2.1.5 Optimerare och bypass-dioder 6

2.1.6 Lagring 7

2.1.7 Forskning 7

2.2 Användning 8

2.2.1 Användning i Sverige 8

2.2.2 Användning i världen 9

3 Material och Metod 10

3.1 Val av plats 10

3.2 Kontakter 10

3.2.1 Företag/ kommun 10

3.2.2 Frågor 11

3.2.3 Interjuver 13

4 Resultat 20

5 Diskussion 21

6 Slutsats 24

REFERENSER 25

1 INLEDNING

Då Borås energi och miljö har som målsättning att etablera solceller, har vårt uppdrag varit att redovisa förslag på typ av solcellsanläggning och dess placering. Under examensarbetets gång kommer intervjuer att göras med andra kommunala bolag som redan har har en existerande solcellsanläggning i syfte att bidra med ny kunskap till Borås Energi och Miljö för hur en framtida anläggning skulle kunna utformas. Intervjuer kommer också göras med experter på området, i syfte att få kunna delge information om aktuell solcellsteknik mera i detalj.

Figur 1. Bilden visar solpaneler

1.1 Bakgrund

Borås energi och miljö har planer på att installera solceller inom en snar framtid. Projektets huvudmål är att undersöka vad några andra kommuner har valt för lösningar, när det gäller deras installation av solceller. Borås energi och miljö undersöker även lämpliga platser för placering av en sådan anläggning.

1.2 Borås energi och miljö

Borås energi och miljö är ett till fullo kommunalägt bolag under Borås Kommun. Bolaget ansvarar för sophantering, avlopp, vattenrening och fjärrvärme.

1.3 Syfte

Presentera förslag på lösningar för Borås Energi och miljö på hur man effektivt kan etablera solceller, baserad på senaste teknik, genom en undersökning om hur andra kommuner/företag har agerat och därigenom presentera en eller flera lösningsförslag

1.4 Frågeställningar

Hur kan Borås energi och miljö på ett effektivt sätt utnyttja solceller?
Hur har andra kommuner och bolag utnyttjat solcellstekniker?
Vilka lämpliga platser finns i Borås kommun för installation av solceller?

1.5 Avgränsningar

Avgränsningarna som gjorts är följande:
Inte djupgående när det gäller affärsmodell
Mer teoretiskt lagd rapport
Fokus är lagd på storskaliga solcellsanläggningar och inte på småskaliga solcellsanläggningar för mindre fastigheter
I lösningsförslagen har ingen hänsyn tagits till kostnader, då fokus legat på att göra anläggningen så praktisk och effektiv som möjligt.

2 TEORI

2.1 Solceller

För att kunna ta till vara på energin i solljuset och omvandla den till elektrisk energi används solceller. Den av solcellen genererade elenergin leds till en så kallad växelriktare, där likströmmen från solcellen omvandlas till växelström. Växelriktaren är ansluten till fastighetens elcentral och fastigheten kan därmed begagna sig av den elektriska energin som kommer från solcellsanläggningen. Vid installation av solceller finns många aspekter att ta hänsyn till. Exempelvis ska inte solceller utsättas för skugga då det försämrar produktionen, och man bör även tänka på en lämplig lutning på solcellerna, förslagsvis 35-50 grader beroende på vart i landet anläggningen är placerad (Mälarenergi u.å). Avståndet mellan solcellsmodul och tak har stor påverkan på nedkylningen av modulen. En studie har visat att en luftspalt på 10 cm verkar vara det optimala avståndet för att kyla ner modulen och därmed undvika potentiella förluster (Kovacs 2019). Flera solceller bildar tillsammans en solpanel, som själva modulen kallas. Ett vanligt mått på en solpanel är 1x1,75 m och varje panel är i regel uppbyggd av 60 st seriekopplade solceller bestående av kiselsubstrat. Solpanelerna är inkapslade i glas och plastfilm. Syftet med detta är att skydda mot till exempel regn, snö och vind. Solpanelen har också en ram av aluminium. Syftet med denna aluminiumram är att solpanelen ska kunna monteras på ett stativ (Solens energi u.å). Vissa solceller har även optimerare vars syfte är att varje solpanel ska utvinna så mycket elektrisk energi som möjligt, samt att göra varje solpanel oberoende av intilliggande solpaneler. Optimerare har vissa fördelar. Exempelvis om solceller är placerade i olika vinklar på samma tak, så kan optimeraren se till att verkningsgraden inte påverkas negativt av de solpaneler som är i mer skugga(solcellskollen 2019).

Figur 2
Livslängden hos en solcell kan variera och beror på vissa yttre faktorer som den är utsatt för.

Enligt en undersökning som RISE genomfört, där man har antagit minskning av verkningsgraden med 0,3-0,5 % per år, har en solcells verkningsgrad på 18% under 30 års tid minskat till 18 x (1-(0,005 x 30))= 15,3%. Enligt undersökningen har solinstrålningen och temperaturen stor påverkan på hur verkningsgraden minskar under åren efter installationen. I ett land som Sverige där solinstrålning och temperatur är lägre i jämförelse med många andra länder, kommer solcellen ha en längre livslängd (Kovacs 2019).

En solcellsanläggning är ganska självgående och kräver inte särskilt mycket underhåll när den väl är i drift. Men ett visst underhåll fordrar ändå solpaneler. Exempelvis bör panelerna ses över varje vår då snön smält, för att kontrollera att inga mekaniska skador uppkommit. Kontroll bör även göras av kablaget så att det inte är placerat över skarpa kanter. Man bör även säkerställa att panelerna inte blivit missfärgade, i sådana fall ska man kontakta leverantören. Om paneler är placerade utan lutning kan algtillväxt förekomma, vilket med lätthet kan torkas bort med fuktig trasa. Man bör också se efter så att inget vatten har läckt in i solpanelen. Vissa solcellstillverkare kräver kontroller av funktionen på olika komponenter så att strömmen kan brytas om det skulle behövas (Energimyndigheten 2019).

2.1.1 Tillverkning av solceller

Vid produktionen av kiselsolceller används till störst del aluminium, plast och glas men även grundämnen så som silver, tenn och bly används vilka betraktas som potentiellt giftiga. Vid rening av kisel används stora mängder energi. Trots att en solcell enbart består av tre procent kisel så utgör kiselprocessen upp till 70% av totala utsläppet vid produktionen.
Tunnfilmssolceller består i ännu större utsträckning av aluminium, plast och glas men också koppar, zink, selen och kadmium som också ses som giftiga.Vid brytning av dessa ämnen är risken för kontamination som störst.
Enligt en undersökning som gjorts av organisationen “Silicon valley toxics coalition” som tog hänsyn till hur olika solcellstillverkare arbetar med miljöansvar och arbetsmiljö så kom amerikanska Sun Power högst upp, en andraplats erhöll tyska Solar World och tredje bäst resultat fick kinesiska Trina (Nohrstedt 2017).

Perovskiter består av både organiskt och oorganiskt material och dessa material kan variera, så länge perovskitstruktur uppnås. Kvaliteten på persovskitfilmen är avgörande för de slutgiltiga panelernas effektivitet. Tidigare användes vakuumdeponerade filmer, då det resulterade i de mest fördelaktiga anordningarna. Dock är det en komplicerad process att göra vakuumdeponerade filmer. Idag finns andra metoder för att skapa perovskitfilm. Exempelvis kan man med hjälp av uppvärmning omvandla en lösning bestående av CH_3NH_3 och PbI_2 till perovskitfilm (DS new energy 2019).

En stor del av världens solceller produceras i Kina, hela 60%. En av de mest sålda solcellerna från vattenfall kommer från det kinesiska bolaget Jinko, som medverkar i Kinas arbetsprogram i Xingjangregionen. I Xingjang är etniska minoriteter fängslade och tvångsarbete förekommer. Det går inte att utesluta att tvångsarbete även försiggår inom solcellsindustrin på platsen (sverigesradio 2021).

2.1.2 Typer av solceller

I dagsläget finns det många olika typer av solceller. Av dessa är mono- och polykristallina solceller de mest vanliga. Monokristallina solceller är tillverkade av materialet kisel som ger solcellen sitt svarta utseende. Eftersom solcellen är gjord på kisel absorberar den rikt med solljus, vilket ger en verkningsgrad på 15-22 % (Energimyndigheten 2019).

Monokristallina solceller har en högre verkningsgrad men också ett högre pris per enhet i jämförelse med polykristallina. De höga priser för monokristallina solceller kommer framförallt från att kisel är dyrt att utvinna, då det måste gå igenom en kostsam reningsprocess (Sidèn 2009).
Den monokristallina solcellen fungerar även bra vid mindre solljus, vilket gör den till ett populärt alternativ i nordiska länder. Livslängden på monokristallina solceller brukar vara runt 25 år.

Polykristallina solceller är den andra varianten på solceller. Den har ett billigare pris per enhet men också en lägre verkningsgrad som ligger runt 15-17%. Anledningen till den lägre verkningsgraden är att den polykristallina solcellen består av flera kristaller. Det gör att elektronerna inte kan röra sig lika fritt som i den monokristallina solcellen som endast består av en kristall (hemsol.se 2021). Den polykristallina solcellen är inte lika känslig för högre temperaturer som den monokristallina solcellen. Detta gör att polykristallina solceller är bättre anpassade till länder med höga temperaturer.

Det finns en ny och uppdaterad variant på den kristallina solcellen som kallas för half-cut cell. Half-cut solcellen bygger vidare på den äldre tekniken, genom att skära en kristallin cell i hälften. Att använda en halv cell, ger en mängd positiva effekter. En kristallin solcell leder strömmen i metalltrådar. I denna process sker förluster, vilka minskas genom att använda en halvcell. Ett annat problem som löser sig är problemet med skuggning. Vanligtvis då en skugga faller på en solcell, slutar hela solcellsraden att generera el, på grund av att panelerna är sammankopplade med varandra. Eftersom half-cut är delade i hälften blir det dubbelt så många celler på samma yta, vilket slår ut en mindre andel av solcellen om en cell blir skuggad. Den fysiska hållbarheten hos en half-cut solcell är också bättre, eftersom ytan är mindre vilket ger en stabilare solcell. Half-cut solcellen är också mindre känsligt för så kallade hotspots. (Marsh 2018).
Half-cut solcellen är utvecklad av det norska företaget REC som tog fram designen och introducerades år 2014. Laserskärningen som används för att halvera cellen är ett problem som fortfarande uppkommer, då cellen är skör och kan spricka under processen (Pikerel 2018).

Tunnfilmssolceller är en annan variant på solceller och tillhör den så kallade generation 2 solceller. För tillfället används inte tunnfilmer i så stor uträckning i världen. Anledningen är dess låga verkningsgrad som ligger runt 10-16%. Solcellen används mest på platser där de mono-och polykristallina solcellerna inte får plats. Detta på grund av att solcellen går att böja vilket gör den till en mer flexibel variant än sina konkurrenter. Dess lätta vikt gör den också till ett bra alternativ på byggnader med viktbegränsning. Priset är också lägre då mindre material krävs vid produktion, eftersom solcellen är mycket tunn.

Det finns olika typer av tunnfilmssolceller som namnges efter vilka ämnen som cellen innehåller. CIGS- och CIS- cellen är uppbyggd av grundämnena indium, koppar och selen men ibland innehåller dessa även gallium. Verkningsgraden på en CIGS-/CIS-cell ligger runt 14-16%. Ytterligare en typ av tunnfilmssolceller är CdTe- celler som består av ett aktivt lager som innehåller grundämnena kadmium och tellur. Tunnfilmsvarianten har en verkningsgrad på 14-16% men har uppnått 18 %. CdTe-cellen används för det mesta vid byggnadsintegrerade solcrellsprodukter. Det gör att verkningsgraden inte riktigt kommer upp i 14-16%, på grund av en icke optimerad placering och på undermålig ventilation med mera. Den sista och äldsta tekniken på tunnfilmsceller är Amorfa kiselceller. Verkningsgraden på cellen är 7% och den tål värme bra. (Kovacs 2019).

2.1.3 Typer av moduler

Det finns olika typer av moduler med olika egenskaper och fördelar. Den mest använda modulen i dagsläget är den traditionella glas-polymermodulen, som består av polymerfolie och glas. Polymerfoliet hjälper till att hålla solcellen ren och utan fukt. Glas-glasmodulen är en annan typ av modul som är konstruerad av två glasskivor. Detta ger en ökad tålighet och enligt många kan förlänga dess livslängd. Bifacialmoduler är en modul som kan använda sig av fram och baksida när den producerar solel. Verkningsgraden på modulens baksida varierar mellan olika tillverkare. Bifacialmoduler fungerar som bäst då båda sidor kan bli belysta samtidigt. Ett exempel kan vara ett marklag som reflekterar mycket ljus (Kovacs 2019).

2.1.4 Växelriktare

Den vanligaste typen av växelriktare är strängväxelriktare. Dessa finns att tillgå från flera olika tillverkare och på den svenska marknaden finns ungefär 15 olika alternativ (Kovacs 2019). Växelriktarens MPPT:er (Maximum power point tracking) optimerar varje sträng i panelerna, det vill säga varje rad med seriekopplade moduler (Vattenfall u.å). Växelriktare är en av de komponenter i en solcellsanläggning som har kortast livslängd. De brukar hålla mellan 10 och 20 år, och dess garantitid är vanligtvis mellan 5 och 12 år. Verkningsgraden för växelriktare är oftast över 95%. I Sverige krävs det att växelriktare har en CE-märkning. Priset på växelriktaren beror på effektstorlek och det är brukligt att ha en växelriktare med något lägre effekt än solcellsanläggningens toppeffekt. Detta eftersom att solcellerna endast i undantagsfall producerar toppeffekt på grund av exempelvis förluster. Därför blir det i regel mer ekonomiskt att införskaffa en något mindre växelriktare (Wallnér 2018).

2.1.5 Optimerare och bypass-dioder

I somliga solcellsanläggningar förekommer en optimerare. Syftet med en optimerare är att maximera elproduktionen och göra varje enskild solpanel oberoende av varandra. Om exempelvis en solpanel är delvis skuggad så ger detta upphov till en lägre verkningsgrad, som kan sprida sig till intilliggande solpaneler om det inte finns en optimerare (Solcellskollen u.å). Det finns dock många fall då optimerare resulterat i störningar. Flera solcellsanläggningar har inte kunnat uppnå EMC (elektromagnetisk kompabilitet), på grund av just optimerare. Optimerare innehåller en dc-dc omvandlare och den typen av elektronik skapar lätt störningar på nätet. Genom dc-kablaget kan spänningsstörningarna sprida sig och dc-kablaget blir som en antenn och störningen blir luftburen och kan påverka annan närliggande utrustning.

De idag existerande EMC-standardena är anpassade efter korta ledningar, och korta ledningar har inte möjlighet att verka som antenn. Numera pågår arbete i syfte att ta fram nya standarder för EMC som är mer tillämpbara för solceller. En granskning pågår av elsäkerhetsverket, där optimerare från olika tillverkare kontrolleras, så att de varumärken vars utrustning genererar störningar får möjlighet att korrigera sin produkt. Om så inte sker kan eventuellt försäljningsförbud bli aktuellt. Vid installation av solceller kan störningar förhindras om dc-sidans minus och pluskablar partvinnas. På så sätt minskar kabelns möjlighet att agera som antenn (Von Schultz 2021). En mer långsiktig lösning av problemen är att förändra konstruktionen hos produkten. De störningar som sänds ut är radiostörningar och de kan drabba solcellsanläggningens närliggande radio- och TV installationer (Elsäkerhetsverket 2019).

EMC, elektromagnetisk kompabilitet, är ett tillstånd som är eftersträvansvärt där elektronisk utrustning fungerar i harmoni med varandra. EMC-direktivet finns till för att uppnå en fungerande samverkan mellan olika tekniska apparatur. I EMC-direktivet finns standarder för att uppnå detta. I standarderna finns kravnivåer och mätmetoder.

Immunitet och emission omfattas av standarderna. Immunitet innebär tålighet mot elektromagnetiska störningar medan emission innebär att utrustningen inte ska verka som störningsspridare (Elsäkerhetsverket 2020).

Alternativ till optimerare är by-passdioder, som till skillnad från en optimerare inte innehåller en mängd elektroniska komponenter. Detta gör att de inte är lika underhållskrävande och de fyller i övrigt samma funktion (midsummer u.å).

2.1.6 Lagring

Solcellslagring går ut på att när anläggningens behov har uppfyllts, lagras all överskottsel. Överskottselen kan vid ett senare tillfälle användas, istället för att säljas. Elpriset påverkar inte den som lagrar el lika mycket, om man har möjlighet att energilagra. En annan positiv effekt är att den lagrade elenergin kan istället användas på dagar då solcellerna har svårt att komma upp i anläggningens elbehov. Målet med batterierna är att i framtiden kunna lagra så mycket el att det räcker längre perioder än i dagsläget. I nuläget har batterierna svårt att bevara den insamlade elenergin en längre tid. Ungefär 6 % av batteriets laddning försvinner under det första 24 timmarna och 13 % efter en månad (hemsol.se 2021). Rekommenderad mängd är att ladda upp till 80-90% för att endast bruka 40-50%. Vid regelbunden tömning av batteri, minskar batteriets livslängd från 20 till 6 år enligt en undersökning (solhem.se 2021). Därför är det vanligt att en regulator läggs till med batteriet för att förhindra full laddning och hel urladdning. Det sker genom att elenergin som ska lagras kopplas på och av beroende på batterinivån (Sidèn 2009).

Det finns många olika batterier från olika företag med olika kapacitet och teknik. Bly eller syra är vanliga ämne i batterier, men även nickel eller litiumjoner (Sidèn 2009). Tesla är stora inom batteribranschen och tar ständigt fram nya produkter. Även företag som Ferroamp och det tyska företaget Sonne utvecklar nya batterier. Priset på batterierna ligger i nuläget runt 60000 - 80000 kr (hemsol.se 2021). Priset kan variera beroende på hur stor kapacitet som krävs för en anläggning. Om extra kapacitet krävs kan detta kopplas på i efterhand.

Ett annat och nyare sätt att lagra överskottsel är att tillverka vätgas. Metoden är relativt ny och det finns inte i så många exempel i Sverige. Tekniken går ut på att solcellerna genererar el med hjälp av solljuset, för att därefter göra om elen till vätgas. Vätgasen sparas sedan i gastankar för senare användning. När behovet av el uppkommer, upprepas processen baklänges med hjälp av bränsleceller genom att göra om vätgas till el. Processen från el till vätgas och tillbaka sker via elektrolys. Fördelen med att använda sig av vätgas istället för batteri är att vätgas går bra att förvara en längre tid (ri.se 2019). Problemet med tekniken för tillfället är att processen att göra om el till vätgas är mycket energikrävande (solhem.se 2021).

Priset för att åstadkomma olika energilagringsalternativ minskar från år till år, men i dagsläget är lagring inom solcellsbranschen inte ekonomiskt hållbart. Den nuvarande skattereduktionen på såld el och de höga priserna på lagringsmetoder gör det inte lönsamt.

2.1.7 Forskning

Pevoskitsolceller, nanostrukturerade solceller och tandemceller är namnen på de nya varianterna av solceller som är under utveckling. Perovskitssolcellen är en solcell som är uppbyggd på samma sätt som ämnet pervoskit. Solcellen har varit under utveckling i många år, men under senare åren har utvecklingen gjort stora framsteg. Solcellen har visat stor potential då produktionskostnaden minskat i kombination med en ständigt ökande verkningsgrad.

Anledningen till den ständigt ökande verkningsgraden, beror på att ämnet perovskit absorberar solljus bättre än kisel. Denna typ av solcell är dock inte redo för marknaden ännu, eftersom forskarna stött på problem angående livslängden. Problemen är att perovskiter åldras snabbt vid exponering av fukt eller solljus (energy.gov u.å). Till skillnad från kristallina solceller som är mer effektiva ju större ordning det är i strukturens uppbyggnad, så producerar perovskitsolceller som bäst vid oordning i den kemiska uppbyggnaden. Denna upptäckt gjordes av forskare vid Cambridge universitet, som hade förväntat sig en motsatt effekt (Edgren 2019).

Den nanostrukturerade solcellen så kallad "Grätzelsolcellen" är en annan solcellsvariant som är under utveckling. Eftersom solcellen är transparent, innebär detta att cellen har lättare att ta upp solljus. Det innebär att solcellens verkningsgrad inte är lika påverkad av svagt solljus, som andra varianter. En ytterligare positiv faktor är att solcellen skapas av material som är billiga, vilket leder till en mindre tillverkningskostnad. Solcellen befinner sig fortfarande i utvecklingsfasen, då forskarna har problem med dess låga verkningsgrad. (Alpman 2008).

Tandemceller använder sig av lager som är placerade på varandra. Lagerna gör att solcellen kan använda sig av ett bredare ljusspektrum. Elektroner som passerar igenom ett av lagerna kan tas upp av lager längre ner, vilket ger upphov till en högre verkningsgrad. För tillfället går det endast att placera 3 lager på varandra på grund av optisk förlust (Sidèn 2009). Forskarna vid ångströmslaboratoriet i Uppsala har försökt att använda perovskit ihop med kisel- eller tunnfilmsceller. Tekniken är inte riktigt mogen än och behöver mer forskning innan den kan introduceras på marknaden (Kovacs 2019).

2.2 Användning

2.2.1 Användning i Sverige

Trots solcellers otroliga energipotential har etableringen av solpaneler framskridit långsamt i Sverige och idag motsvarar solel endast 0,2% av landets totala elbehov. Även om Sveriges användning av solel idag är förhållandevis låg så har installationen av solpaneler under de senaste åren haft en årlig ökning av solpaneler på 40-80% (Naturskyddsförenigen u.å). I Sverige finns goda förutsättningar för solenergi, exempelvis är det svala klimatet fördelaktigt för solcellerna och leder till en högre verkningsgrad. Från politiskt håll finns subventioner att få i samband med installation av solceller. Exempel på subventioner är skattereduktion på såld el och ROT-avdrag (Hemsol u.å). På tio år har priset på solceller sjunkit med 80% och priserna fortsätter sjunka vilket genererar ännu snabbare utbyggnad av solceller, såväl på villatak som på solcellsanläggningar (Energiföretagen 2021). I Strängnäs finns Sveriges största solcellsanläggning med en kapacitet att försörja nästan 5000 lägenheter. Parken består av 41 600 st solpaneler i nuläget och har en effekt på 14 MW. HSB i Södermanland är den primära kunden som köpt andelar på anläggningen (Energiengagemang 2020).

År 2016 slöts i Sveriges riksdag en energiöverenskommelse. Överenskommelsen beslöts av fem riksdagspartier och dess målsättning är att Sverige ska ha en helt fossilfri elproduktion till år 2040. Det finns ingen särskild målsättning vad gäller specifikt solceller, utan överenskommelsen inkluderar alla former av fossilfri el där el genererad från solceller är ett av flera alternativ (Energimyndigheten 2018).

Sedan 2003 har producenter av förnybar el kunnat belönas med elcertifikat i Sverige. Elcertifikatet är ett ekonomiskt stöd som producenter kan ta del av för varje MWh förnybar el som produceras.

Elcertifikaten kan sedan säljas vidare och på så sätt blir det en ekonomisk fördel att få elcertifikat. De som köper elcertifikaten är i huvudsak elleverantörer och som har kvotplikt. Solel är ett av alternativen som berättigar tilldelande av elcertifikat. Sveriges riksdag beslutade under 2020 att elcertifikatsystemet ska läggas ner år 2035. Kvotplikt innebär att exempelvis elleverantörer måste köpa en viss mängd elcertifikat, mängden som lagen om elcertifikat kräver att de köper står i proportion till deras elanvändning eller elförsäljning (Energimyndigheten 2021). Elcertifikatet finns till för att öka andelen förnybar el och kravet att en viss mängd elcertifikat måste köpas gör att förnybar el blir mer konkurrenskraftig på elmarknaden (Energiföretagen 2020).

Efter 31 december 2021 kommer inga nya anläggningar ha möjlighet till elcertifikat. Elpriserna har från januari 2019 till november 2020 sjunkit från 18 öre per kWh till 3 öre per kWh. Elcertifikatens nytta har därför försvunnit för solel, just nu är det en större utgift att administrera elcertifikaten än de pengar som inkasseras från anläggningen (Solkompaniet 2020). Elcertifikatet är det ekonomiska stödet, den handling som garanterar elens ursprung kallas ursprungsgaranti (Energimyndigheten 2021).

2.2.2 Användning i världen

Det sker stora framsteg globalt inom solcellsbranschen just nu. För 20 år sedan var det en energikälla med långsam tillväxt, för att nu vara den snabbast växande i världen. Solceller är det mest lönsamma energislaget och det överkomliga priset gör att fler kan investera i solceller. Tyskland var pionjärer vad gäller storskalig solel, men har på senare år halkat efter, medan Kinas utveckling inom området har gjort stora framsteg (Ellevio 2018).
Ett annat land där solcellsmarknaden vuxit mycket på senare år är Indien.
Målsättningen i Indien är att landet ska ha 40% förnybar elproduktion tills år 2030, och i dagsläget ser det ut att målet kommer uppnås. Indien har goda förutsättningar för solel då landet har mer än 300 soldagar per år (Fortum u.å).

I Japan finns solcellsanläggningen Oita City Mega-Solar Power plant. Anläggningen är placerad på vattenytan i hamnen och eftersom brukarna ligger i närområdet så blir det enbart små förluster. I Arnstein i Tyskland finns anläggningen “Solarpark Gut Erlasee”. I denna anläggning är modulerna monterade på ställningar som justeras beroende på solens vinkel för att maximera produktionen. På grund av detta har man lyckats höja produktionen med 30%. Detta resulterade också i en ökad investeringskostnad med 33%, men kräver 49% mer yta jämfört med en konventionell anläggning (Sidén 2009).

USA:s största solcellspark håller på att byggas i Texas och beräknas vara färdigställd till år 2023. Anläggningen beräknas kunna generera 1310 MW och försörja 300 000 hushåll med el. Anläggningen förväntas generera 200 miljoner dollar under sin livstid i skatteintäkter (Edgren 2020). Solcellsparken kommer också sälja el till företag, som till bland annat McDonalds, Honda och Google (NS ENERGY u.å).

I Australien finns planer på att bygga världens största solcellsanläggning, som ska vara klar år 2027. Anläggningen heter Sun cable och ska förse Singapore med el och kunna stå för 20% av Singapores elbehov (Sun cable u.å).

3 MATERIAL OCH METOD

3.1 Val av plats

Förslag på placering av en solcellsanläggning utarbetades i samarbete med Borås energi och miljö och med hjälp av Borås solkarta. Solkartan visar olika byggnaders solexponering och ger en bra överblick på lämpliga tak i boråsområdet. Målet med solkartan var att hitta en kommunalägd byggnad med stor takyta och hög solexponering. En lämplig plats hittades med hjälp av Borås energi och miljö och Borås kommun.

3.2 Kontakter

Målet med undersökningen var att studera hur andra bolag har utformat sina solcellsanläggningar. Faktasökande påbörjades och frågor inför eventuella intervjuer skapades. Frågorna till intervjuerna utformades med hjälp av vår handledare på Borås energi och miljö. Frågorna delades upp i två kategorier. Den första kategorin var riktade till bolag som bedriver elproduktion från solceller. Den andra kategorin var mer teknisk inriktad och riktade sig till företag och forskningsinstitut.

3.2.1 Företag/ kommun

Val av kommuner och företag gjordes utifrån deras fokus på solenergi.

Kalmarenergi
"Kalmar Energi är Kalmarregionens ledande energiföretag med en stark lokal närvaro. Vi verkar i en spännande bransch som har stor betydelse för Kalmarregionen och de människor som bor och verkar här. Kalmar Energi omsätter ca 700 miljoner kronor och har cirka 100 medarbetare" (kalmarenergi.se). Kalmar energi har kommit långt vad gäller solcellsproduktion. Kalmar energi äger för tillfället två solparker som heter nöbble solpark och törneby solpark. Törneby solpark är belägen i närheten av en flygplats och är på 15 000 kvm. Nöbble solpark ligger på nöbble gård som är ett ekologiskt jordbruk beläget 2 mil norr om Kalmar. Solcellsparken är på 3900 kvm.

Öresundskraft
"Gå med i Sveriges smartaste och öppnaste solpark. Köp andelar till dig, ditt företag eller dina nära- det enklaste sättet att bygga solel! Klimatkompensering på riktigt." (Solarpark u.å). Öresundskraft solcellsanläggning vid namn solar park är byggd i två etapper varav etapp 1 är byggd vid en återvinningscentral och etapp 2 på en deponi. På etapp 1 används monokristallina solceller och på etapp 2 polykristallina. Solar park är andelsägt och har nu över 1800 andelsägare samt 370 medlemmar.

Figur 3 Byggnation av etapp 2 på solarpark i Helsingborg

Affärsverken Karlskrona
“Affärsverken har en bred verksamhet med två gemensamma nämnare-hållbarhet och bra service. Vi arbetar med affärsområdena energi, cirkulär och kommunikation samt kör skärgårdstrafiken i Karlskrona.” Affärsverken är det kommunala energibolaget i Karlskrona och de har solcellsanläggning belägen på deponi.

RISE
"RISE Research Institutes of Sweden är Sveriges forskningsinstitut och innovationspartner. I internationell samverkan med företag, akademi och offentlig sektor bidrar vi till ett konkurrenskraftigt näringsliv och ett hållbart samhälle"(ri.se). RISE är beläget i Borås och bedriver mycket forskning kring solceller.

AFRY
“AFRY är ett internationellt företag inom teknik, design och rådgivning. Vi hjälper våra kunder att utvecklas inom hållbarhet och digitalisering. Vi är 16 000 hängivna experter inom områdena infrastruktur, industri och energi, som arbetar över hela världen för att skapa hållbara lösningar för kommande generationer” (afry.se). AFRY är ett företag som har kommit långt inom solenergi. Deras solcells avdelning designade år 2006 den dåvarande största solcellsanläggningen på Ullevi i Göteborg. I dagsläget fortsätter arbetet med att implementera mer solceller.

Ångströmslaboratoriet i Uppsala
“På Ångströmslaboratoriet i Uppsala pågår utbildning och forskning inom teknik och naturvetenskap.” Ångströmslaboratoriet bedriver forskning om nya tekniker på solceller, exempelvis forskas det om perovskit.

3.2.2 Frågor
Under intervjuerna kommer följande frågor att ställas till repondenterna:
X Företag / Kommun
Hur mycket effekt genererar solcellsanläggningen?

Hur är anläggningen uppbyggd och vilka komponenter används?

Vilken teknik använder ni er av?

Hur motverkar ni störningar som optimerare ger upphov till?

Har ni någon hantering för att lagra solel, för att möta efterfrågan vid lägre produktion?

Hur ser ert fortlöpande arbete ut beträffande solceller? Har ni några kommande projekt på området?

Hur gjordes valet av område till att tjäna som solcellsanläggning?
Vilken affärsmodell använder ni?

Varför är det svårt att använda en deponi som yta för solceller? Vilka problem medför det?

Hur har elcertifikaten påverkat anläggningen och dess administration?

Frågorna nedan ställdes till företag och institut och är mer tekniskt inriktade

Företag x

Vilken teknik är mest fördelaktig?

Hur kan man på ett effektivt sätt minska störningarna från optimerare?

Hur ser lagringstekniker ut i dagsläget och vad forskas det kring inom lagringsteknik?

Hur ser kostnaderna ut för olika lagringstekniker?

Hur mycket kan ett solcellsbatteri lagra?

Bedriver ni forskning om perovskitsolceller? Hur ser forskningen ut på området.

Frågorna nedan ställdes till ÅNGSTRÖMSLABORATORIET I UPPSALA

Hur fungerar en perovskitsolcell?

Hur hög är verkningsgraden på perovskitsolceller i dag?

Vad är de största problemen med perovskitsolceller just nu?

Bedriver ni även forskning av Grätzelsolceller?

Hur stor är verkningsgraden på en Grätzel Solcell?

Vad är det största problemen just nu med Grätzelsolceller?

Bedriver ni forskning om tandemceller? Vilken kombination har ni testat?

3.2.3 Interjuver

Intervjuer sker digitalt via Teams med inspelning om respondenten tillåter. Inspelningen är endast till för att säkerställa att ingen information missas, och inspelningen raderas efter att informationen har sammanställts. Vid tidsbrist utförs intervjuer via telefon.

Resultatet på frågorna som ställdes till kommuner och bolag:
De som intervjuades var Jonas Wågenberg från KALMAR ENERGI, Diedrik Fälth från ÖRESUNDSKRAFT och Robbert Prinselaar från AFFÄRSVERKEN KARLSKRONA

Fråga 1:
Hur mycket effekt genererar solcellsanläggningen?

KALMAR ENERGI:
Svar: Nöbble och Törney 638 och 167 Kw som mest

ÖRESUNDSKRAFT
Svar: 250 + 279 kW toppvärden (annars 91% av toppeffekt)

AFFÄRSVERKEN KARLSKRONA
Svar: För tillfället byggs vår anläggning ut, med två ytterligare etapper. När dessa är färdiga beräknas produktionen vara 2,4 MW.

Slutsats på fråga 1:
Anläggningarna producerar sällan sin toppeffekt utan oftast något lägre.

Fråga 2:
Hur är anläggningen uppbyggd och vilka komponenter används?

KALMAR ENERGI:
Svar: Konventionellt system. växelriktare, solceller och optimerare.

ÖRESUNDSKRAFT
Svar:
Etapp 1
250kW: Pålad ner i mark på stativsystem, Solpaneler från solarworld

Etapp 2:
279 kW: Byggd på deponi, Byggd med markskruv (särskild sort använda för deponier) (istället för att påla)

AFFÄRSVERKEN KARLSKRONA
Svar: Anläggningarna är belägna på en gammal deponi, vilket innebär att marken inte får penetreras. Panelerna ryms i konsollådor som ser ut som en vinklad sandlåda. Marken jämnas ut genom att lägga nya massor, då penetrering inte får ske. Grus tillsätts i varje låda för att därefter montera panelen uppe på. Alla etapper ligger på en deponi.

Slutsats på fråga 2:
Alla tre företag använder sig av ytor som inte kan användas till något annat.

Fråga 3:
Vilken teknik använder ni er av?

KALMAR ENERGI:
Svar: Monokristallina solceller

ÖRESUNDSKRAFT
Svar: Etapp 1 Monokristallina solceller, Växelriktare (strängväxelriktare) från SMA 9 st 25kW (Namn: sunny tripower)
Etapp 2: Polykristallina solceller(295kW), SMA växelriktare (core one 5x50 kW)

AFFÄRSVERKEN KARLSKRONA
Svar: Monokristallina solceller, själva monteringsystemet heter konsol plus. Solcellspaneler är från soltek. ABB växelriktare (120kW), fyra per etapp.

Slutsats fråga 3:
Alla företagen använder sig av monokristallina solceller, med undantag av Örersundskraft som använder sig av polykristallina solcller vid etapp 2.

Fråga 4:
Hur motverkar ni störningar som optimerare ger upphov till?

KALMAR ENERGI:
Svar: Respondenten har inte upplevt problem med störningar. Uppskattar inte optimerare, dålig hållbarhet.

ÖRESUNDSKRAFT
Svar: Inga optimerare, bra att använda då det finns skugga. Men är inte nödvändigt för oss.

AFFÄRSVERKEN KARLSKRONA
Svar: Inga optimerare

Slutsats fråga 4:
Ingen utav företagen använder sig av optimerare och avråder från det.

Fråga 5:
Har ni någon hantering för att lagra solel, för att möta efterfrågan vid lägre produktion?

KALMAR ENERGI:
Svar: Saknar lagring

ÖRESUNDSKRAFT
Svar: Nej, ingen lagring. Inte miljömässigt försvarbart.

AFFÄRSVERKEN KARLSKRONA
Svar: Nej, all el säljs ut på nätet.

Slutsats fråga 5:
Alla saknar lagring och avråder det för tillfället, då det inte är miljömässigt och ekonomiskt försvarbart.

Fråga 6:
Hur ser ert fortlöpande arbete ut beträffande solceller? Har ni några kommande projekt på området?

KALMAR ENERGI:
Svar: Inga kommande projekt just nu.

ÖRESUNDSKRAFT
Svar: Bygger ny solpark då finansiering finns. Bidrag till Etapp 1 kom från staten 900kkr av 3Mkr.

AFFÄRSVERKEN KARLSKRONA
Svar: Planer finns för etapp 4 och 5,och just nu letas efter köpare. Beräknar att kunna bygga den till 6MW. Utbyggnad sker efter behov och efterfrågan.

Slutsats fråga 6:
Varierande svar. Två av tre företag väntar på finansiering.

Fråga 7:
Hur gjordes valet av område till att tjäna som solcellsanläggning?

KALMAR ENERGI:
Svar: Inte ta mark som kan används till annat. Hållbart alternativ.

ÖRESUNDSKRAFT
Svar: Använd inte brukbar mark. Använd byggnader och obrukbar mark.

AFFÄRSVERKEN KARLSKRONA
Svar: Obrukbar mark som inte kan användas till något annat. Ett exempel är en äldre deponi.

Slutsats fråga 7:
Valde obrukbara ytor som inte kan användas till något annat exempelvis gamla deponier eller hustak.

Fråga 8:
Vilken affärsmodell använder ni?

KALMAR ENERGI:
Svar: Består av två direktägare, som får tillbaka pengar vid såld el. Exempelvis har Skanska köpt flera andelar till olika byggprojekt. En annan förening hanterar privatpersoner, en andel för privatperson kostar 1100kr och ger 100 kWh per år och andel under bra förutsättningar. El till godo avräknas från fakturan. Den ena direktägaren hanterar företag och den andra privatpersoner. Det nuvarande låga elpriset har påverkat marknaden negativt och efterfrågan på andelar är för tillfället lågt.

ÖRESUNDSKRAFT
Svar: Kooperativ ekonomi. Man köper en andel för 3000 kr och varje år får man utdelat vinst per andel. Man kan även välja att inte ta ut vinsten och istället låta pengarna gå till fortsatt utbyggnad.

AFFÄRSVERKEN KARLSKRONA
Svar: Andelsägt, man köper in sig som privatperson eller företag. Andel för privatperson kostar 1100kr.

Slutsats fråga 8:
Samtliga anläggningar är andelsägda.

Fråga 9:
Varför är det svårt att använda en deponi som yta för solceller? Vilka problem medför det?

KALMAR ENERGI:
Svar: Ingen schaktning, installation ovan mark. Hänvisar till affärsverken Karlskrona.

ÖRESUNDSKRAFT
Svar: Pålning går inte. Vanligaste är att gräva ut och fylla med betong, men det blir dyrt. Användning av plastbehållare skulle också vara ett naturligt alternativ precis som i Karlskorna med det var för brant, då vi var tvungna att börja gräva i deponin. Det slutade med att markskruv användes för att göra så liten åverkan på deponin som möjligt och hålla sig inom en rimlig kostnad. Det viktigaste är att man inte förstör deponin.

AFFÄRSVERKEN KARLSKRONA
Svar: Svårigheterna som kommer med att bygga på en deponi är att man inte får gräva. Så man måste komma runt det på något sätt.

Slutsats fråga 9:
Ingen grävning får göras och tillstånd från länsstyrelsen krävs.

Fråga 10: Hur har elcertifikaten påverkat anläggningen och dess administration?

KALMAR ENERGI:
Svar: Elcertifikat är idag inte värt mycket, räknar inte med det.

ÖRESUNDSKRAFT
Svar: Elcertifikat erhålls fortfarande, idag är de inte värda mycket.

AFFÄRSVERKEN KARLSKRONA
Svar: Förr var det en stor del i kalkylen, men idag inkluderas inte elcertifikaten när kundkalkyl görs.

Slutsats fråga 10:
Elcertifikat har sjunkit kraftigt i värde men används fortfarande

Resultatet av frågorna som ställdes till företag och institut:
De som intervjuades var Peter Kovacs från RISE och Elin Elmehag från AFRY

Fråga 1:
Vilken teknik är mest fördelaktig?

RISE
Svar: Monokristallina solceller passar bättre för större anläggningar. Så som på mark eller tak på en logistikbyggnad. Tunnfilmssolceller används i specialfall till exempel då solceller ska placeras på en byggnad som har problem med vikt, men har en stor yta att använda. Det är 97% av alla fall som monokristallina solceller gäller. Polykristallina solceller har kommit ut ur bilden helt och hållet. Man har också börjat dela celler så kallat "half-cut". Är en ny teknik som har kommit att dominera marknaden sedan ett år tillbaka.

AFRY:
Svar: Monokristallina är bäst nu. En ny modell används som är kapad och är en halv cell, modellen heter half cut. Polykristallina solceller är ute, tunnfilm kan behövas för ett speciellt utseende.

Slutsats fråga 1:
Under intervjuerna bekräftades det att monokristallina vart det mest fördelaktiga. Half-cut solcellen nämndes av båda företagen som en ny och revolutionerande teknik.

Fråga 2:
Hur kan man på ett effektivt sätt minska störningarna från optimerare?

RISE
Svar: Försöka låta bli att använda optimerare. För på de anläggningar ni diskuterar är inte optimerare relevant. Bara bra att ha om området har mycket skuggning. Kontakta min kollega Urban Lundgren för mer info.

AFRY:
Svar: Utredning pågår från elsäkerhetsverket. Undvika optimerare så mycket som möjligt. Bara använda det där det finns behov. Till exempel på mindre fastigheter med tak i olika riktningar (får inte plats med så många solceller på tak). Är i många fall onödigt, problem uppstår sporadiskt. Problem kan undvikas om kablarna partvinnas. Finns en risk att elsäkerhetsverket kommer besluta att optimerare få försäljningsförbud tills vidare.

Slutsats fråga 2:
Båda intervjuerna resulterade i en avrådan av optimerare.

Fråga 3:
Hur ser lagringstekniker ut i dagsläget och vad forskas det kring inom lagringsteknik?

RISE
Svar: Mycket forskning är kring litiumbatterier. Mycket forskning pågår även kring vätgas.

AFRY
Svar: Olika typer av batterier och vätgas. Vätgas + batterier för att möta dygnets variationer. Pågår även forskning om stirlingmotorer som kan användas.

Slutsats fråga 3:
Forskar om både vätgas och batterilagring.

Fråga 4:
Hur ser kostnaderna ut för olika lagringstekniker?

RISE
Svar: Hänvisar till power circle och Patrik. I dagsläget är inte lagring ekonomiskt hållbart.

AFRY
Svar: Inte värt för energilagring, Vätgas fortfarande dyrt och används vid off grid projekt. Priserna på batterier har sjunkit mycket på senare år, men är fortfarande inte alltid lönsamt. Kan användas för att kapa toppar eller för att handla med effekt och frekvens för att få extra inkomst. Då kan det vara lönsamt. Krävs vissa storlekar på batterier. Vätgas är fortfarande väldigt dyrt. Används mest i testprojekt och i off grid projekt. Kan då vara bättre än att dra elkabel. Mycket pengar går till olika tillstånd, installationstiden kan var lång och transporterna svåra. Detta ökar kostnaderna.
Slutsats fråga 4:
Lagringsteknikerna som finns i dagsläget är inte ekonomiskt hållbara.

Fråga 5:
Hur mycket kan ett solcellsbatteri lagra?

RISE
Svar: Vågar inte svara på denna fråga, Hänvisning till kollega för fullständigt svar.

AFRY
Svar: Man bygger på modul för modul. Ofta är batterier monterade i 19 tums rackskåp med styrenhet. Kan byggas ut efter behov, det finns ingen begränsning i hur mycket som kan installeras.

Slutsats fråga 5:
Kan byggas ut och lagra efter önskan.

Fråga 6:
Bedriver ni forskning om perovskitsolceller? Hur ser forskningen ut på området?

RISE
Svar: Vågar inte svara på denna fråga heller, Hänvisning till kollega för fullständigt svar.
AFRY
Svar: Har haft samarbete med Ångströmslaboratoriet i Uppsala. Ångströmslaboratoriet är kopplat till Uppsala universitet. Elcertifikatsmarknaden är nästan helt död. Inte så mycket administration

Slutsats fråga 6:
Hänvisar till Ångströmlaboratoriet i Uppsala, vilket resulterade i en ytterligare intervju.

Resultatet av frågorna som ställdes till Ångströmlaboratoriet:
Personen som intervjuades var Malin Johansson

Fråga 1:
Hur fungerar en perovskitsolcell?

ÅNGSTRÖMSLABORATORIET
Svar: Namnet perovskit finns för att det finns ett metallhalidlager, en perovskitstruktur. Perovskit är en struktur som är kubisk. I kuberna finns joner, exempelvis metylamonium eller formelmedylium elle cesium. Perovskiten är det absorberande lagret. Perovskit har hög absorptionskoefficient (absorberar ljus bra). Konverterar till elektronhålpar, upp till 800 nanometer. Vid 800 nanometer är bandgapet i halvledaren. Livstiden på laddningarna är lång.

Fråga 2:
Hur hög är verkningsgraden på perovskitsolceller i dag?

ÅNGSTRÖMSLABORATORIET
Svar: 25,6 % på mindre celler

Fråga 3:
Vad är de största problemen med perovskitsolceller just nu?

ÅNGSTRÖMSLABORATORIET
Svar: Forskning görs på stabilitet. Perovskit är känsligt för fukt, som kan påverka stabiliteten. Få så hög effekt som möjligt i stor skala. Man vill också befria sig från bly i produktionen, är dock väldigt svårt.

Fråga 4: Bedriver ni även forskning av Grätzelsolceller?

ÅNGSTRÖMSLABORATORIET
Svar: Har haft mycket forskning tidigare. Utvecklingen på området går långsamt.

Fråga 5: Hur stor är verkningsgraden på en Grätzel Solcell?

ÅNGSTRÖMSLABORATORIET
Svar: Runt 14%

Fråga 6: Vad är det största problemen just nu med Grätzelsolceller?

ÅNGSTRÖMSLABORATORIET
Svar: Den låga verkningsgraden.

Fråga 7:
Bedriver ni forskning om tandemceller? Vilken kombination har ni testat?

ÅNGSTRÖMSLABORATORIET
Svar: Ja. Vi har provat olika kombinationer, exempelvis med kisel och perovskit

4 RESULTAT

De olika intervjuerna som genomförts med olika energibolag har resulterat i ganska likartade resultat. Kalmar energi, Öresundskraft och Affärsverken Karlskrona har det gemensamt att de har andelsägda solcellsanläggningar som är tillgängliga både för privatpersoner och företag. Samtliga bolag har undvikit optimerare. Gemensamt är också att de använder monokristallina solceller. Öresundskraft använder både mono och polykristallina paneler. Ingen av energibolagen har heller någon installation för energilagring.

De mera tekniskt inriktade intervjuerna har också gett likartade resultat. Intervjuerna gjordes med AFRY och RISE. Båda uppgav att monokristallina solceller är det vanligaste alternativet på marknaden för tillfället, och båda berättade om half-cut solceller och dess fördelar. Under dessa intervjuer nämndes också att energilagring i dagsläget inte är ekonomiskt hållbart även om forskning bedrivs inom detta område.

Bortsett från ovan nämnda intervjuer har en intervju gjorts med Ångströmslaboratoriet i Uppsala. Denna intervju var helt relaterad till forskning och handlade om möjliga framtida typer av solpaneler, exempelvis perovskiter, grätzelsolceller och tandemceller. Av just denna anledning författades frågor avsedda enbart till dem. Under intervjun framkom att det bedrivs mycket forskning på att höja livslängden på perovskiter och att forskningen på grätzelsolceller går långsamt då man inte lyckas komma tillrätta med den låga verkningsgraden. Angående tandemceller så har Ångströmslaboratoriet testat att kombinera perovskit med bland annat kisel.

Vad gäller rapportens teoretiska del så har innehållet stämt väl överens med respondenternas svar. Texten redogör för olika områden, exempelvis förhållanden i Sverige och utrikes, tillverkning, teknik, lagring, forskning och optimerare. Många av dessa kategorier representerades i intervjufrågorna även om inte alla gjorde det.

Utifrån våra intervjuresultat och övrig inhämtad information rekommenderar vi att Borås energi och miljö använder monokristallina halfcut solceller samt att avstå från optimerare och energilagring. Förslagsvis väljer man att installera en andelsägd solcellsanläggning, som riktar sig både till privatpersoner och företag, för att nå ut till så många brukare som möjligt. Vår rekommendation är också att placera anläggningen på mark som inte kan brukas till annat, förslagsvis stora tak eller deponier. Anläggningen bör också vara kameraövervakad, då stöldrisken är stor.

Ett förslag är att man försöker att ingå någon form av avtal med företag på Viared. En del av företagen har stora takytor som inte används till något.

Ett annat förslag är att använda kommunala byggnaders tak, om man kan samråda detta med kommunen.

5 DISKUSSION

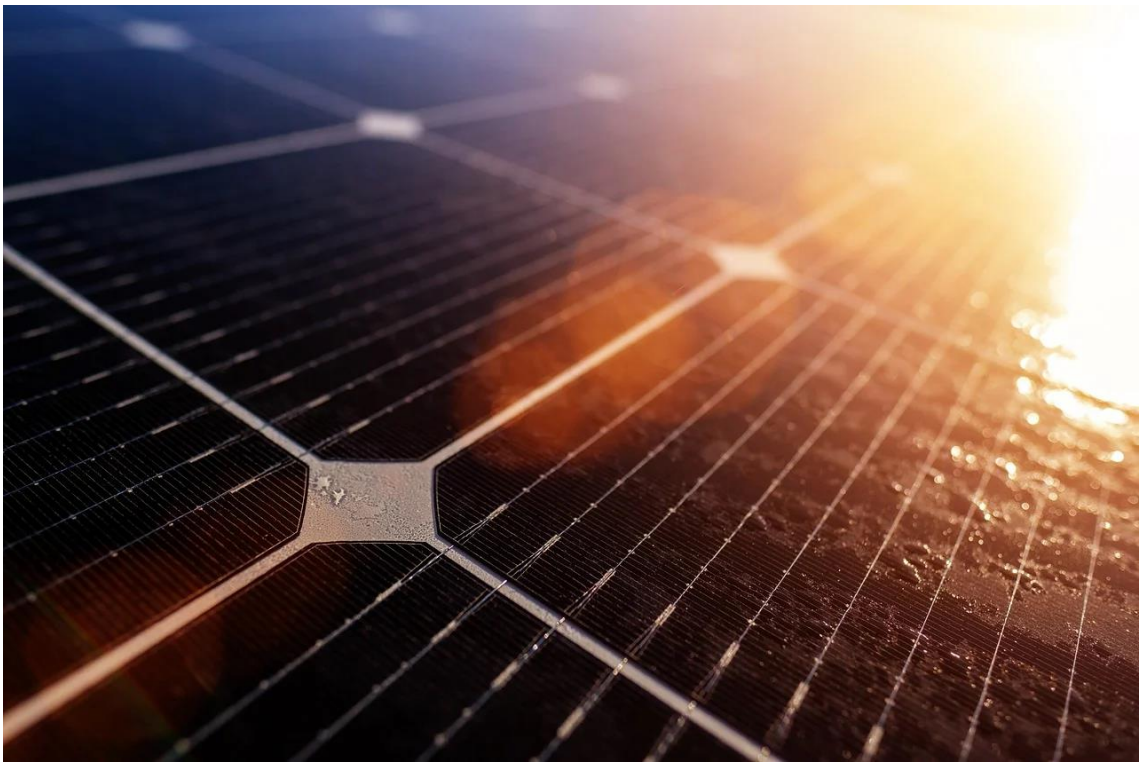
Vid etablering av en solcellsanläggning finns många aspekter att ta hänsyn till, val av plats, kostnad, teknik med mera. Vissa bolag väljer att använda sig av deponier som plats för sin solcellsanläggning för att inte utnyttja landområden som kan användas till annat. Att använda tak är också ett bra alternativ för att slippa ta brukbar markyta i anspråk.
Kalmar energi har exempelvis valt att placera en av sina anläggningar på en större takyta. Öresundskraft i Helsingborg beslutade att placera sin ena anläggning på en deponi, efter att de fått tillstånd från länsstyrelsen. Tillståndet från länsstyrelsen tog 7 år från och med att ansökan lämnats in. Den långa handläggningstiden kan bero på många olika saker, men en viss motvilja till att överhuvudtaget nyttja deponier tycks råda från vissa tillståndsmyndigheter. Annars är det svårt att förstå varför det tog 7 innan man fick tillstånd. Affärsverken Karlskrona har också placerat sina anläggningar på deponiområde. I deras fall gick det betydligt smidigare att få tillstånd från länsstyrelsen. Ärendehanteringen varierar alltså från fall till fall beroende på länsstyrelsernas hantering i respektive region.

Majoriteten av respondenterna förespråkar användning av monokristallina solceller, då de ger bäst verkningsgrad. Vad som också entydigt kommit fram av intervjuerna är avrådan från att använda optimerare. Ingen av respondenterna använder optimerare i sina anläggningar. Respondenterna uppger att behovet av optimerare saknas då anläggningarna inte står i skuggade lägen, och att optimerare resulterar i mer underhållsarbete. Resultaten från intervjuerna angående lagring, optimerare och val av solpaneler överensstämmer väl med annan information som vi tagit del av.

Efter intervjuerna och den faktainsamling som gjorts var valet av solceller för en framtida storskalig anläggning entydigt. I intervjuerna framgick det tydligt att monokristallina solceller var den mest efterfrågade varianten i dagsläget. I intervjun med Peter Kovacs nämndes det att 97% av alla solceller i dagsläget är monokristallina.
Polykristallina solceller och tunnfilmssolceller har lägre verkningsgrad och är mer anpassade för specialfall enligt de tekniska intervjuerna som genomfördes. En annan anledning till dess fortsatta popularitet är att utvecklingen på den monokristallina solcellen har tagit stora kliv framåt. Den så kallade half-cut solcellen har tagit över solcellsmarknaden de senaste åren. Enligt de tekniska intervjuerna som hölls med AFRY och RISE, nämnde båda företagen half-cut solcellen som den mest fördelaktiga varianten. Den har visats sig vara både mer effektiv och mer hållbar än den äldre varianten. Förmodligen kommer de solcellsanläggningar som byggs framöver använda sig av half-cut. Anledningen till att välja half-cut framför traditionella kristallina solceller är för att den bygger vidare på samma teknik. Half-cut använder sig av den kristallina tekniken som det redan finns en marknad för, men med ytterligare fördelar.

All informationsinsamling gjorde gällande att försöka undvika optimerare i största möjlig mån. I de intervjuerna som hölls med företagen, använde ingen av dessa optimerare i sina solcellsanläggningar. Enligt de tekniska intervjuerna var optimerare fortfarande en teknik som behöver vidareutvecklas och därför bör undvikas för tillfället. Enligt intervjuerna med AFRY och RISE nämnde båda att optimerare bör undvikas för de större anläggningarna. Dock nämns det att det kan finnas behov för optimerare i vissa specialfall. Ett exempel som togs upp var ett tak med solceller i olika riktningar och med risk för skuggning. En annan aspekt som togs upp var det ökade underhåll som en optimerare medför. Flera rörliga delar ger en ökad risk att något går sönder, vilket i sin tur leder till ökade kostnader. Ett annat problem med dagens optimerare är att de utstöter en störningssignal, som kan ge störningar i kommunikationsanläggningar.

Därför bör inte optimerare installeras i närheten av flygplatser eller militärbaser. Det finns dock lösningar för att reducera störningarna, men till extra kostnader. Optimerare är en teknik som behöver vidareutvecklas innan de kan börja användas mera frekvent. Enligt en artikel vill elsäkerhetsverket helt förbjuda de solcellsprodukter som utsänder störningar (Von Schultz 2020). Under intervjun med AFRY nämndes ett liknande påstående.



Figur 4

Energilagring var inte heller något som användes av de energibolag som intervjuades. Under intervjuerna nämndes att det inte är ekonomiskt och miljömässigt försvarbart. I intervjuerna med RISE och AFRY förklarades att mycket forskning bedrivs kring lagring, exempelvis lagring genom vätgas. Denna information bekräftade den information som hittats under faktasökningen, under dessa intervjuer nämndes också att lagring inte är ekonomiskt försvarbart i dagsläget. Då forskningen ständigt går framåt avseende lagringsalternativ, så är det mycket troligt att energilagring kommer ha en avsevärt större kommersiellt genomslag i framtiden, då teknikerna är mer välutvecklade.

Forskningen om vätgas är mycket intressant. Elen som genereras omvandlas till vätgas genom elektrolys, det vill säga att vatten spjälkas, vilket innebär att vätgas och syrgas bildas och i den bildade vätgasen lagras elen. Processen går åt andra hållet när elen ska användas. Bortsett från tankarna som vätgasen lagras i används inga andra material, vilket är en miljömässig vinst. Nackdelen med detta lagringsalternativ är explosionsrisken. Ett sätt att minska explosionsrisken är att försöka ha så få vätgasanläggningar som möjligt, förslagsvis skulle det kanske räcka med att ett kvarter försörjs av ett gemensamt lagringsutrymme istället för varje hushåll. En nackdel med batterier som lagringsalternativ är att de innehåller ämnen som riskerar att kontaminera naturen. De batterier som idag finns att tillgå består ofta av bly, nickel eller litium. I dagsläget finns också problem med att lagra energin längre perioder. Det är också viktigt att batterierna laddas på korrekt sätt för att inte minska deras livslängd. Ett felaktigt behandlat batteri kan avsevärt minska dess livslängd. Batteriet ska inte laddas ur och ska heller inte bli fullt laddade. Idag finns mycket att ta i beaktande angående batterilagring. Förhoppningsvis finns bättre batterier inom en snar framtid.

För Sveriges del skulle en fungerande batterilagring eller vätgaslagring troligtvis vara avgörande för att kunna öka andelen förnybar el, detta eftersom el kan sparas från tider med hög produktion till tider med låg produktion.
Exempelvis i Norrland där sommaren består av många soltimmar och vintern i princip saknar sol, skulle batterilagring på årsbasis vara till stor nytta för att tillgodose årets mörka delar med elektricitet. Lagring kan givetvis också tillämpas på dygnsvariationerna mellan dag och natt.

Det finns flera fördelar med att ha en andelsägd solcellsanläggning. Exempelvis så sker oftast utbyggnaden av anläggningen enbart baserat på efterfrågan och det är ett enkelt sätt för privatpersoner att nyttja klimatmässigt hållbar el. Det är exempelvis idealiskt för personer som inte själva har möjlighet till att installera solceller. Det är även ett bra alternativ för företag. I andelsägda solcellsanläggningar kan man också välja om man vill ta ut den årliga vinsten i pengar, eller låta pengarna stanna kvar i verksamheten för att finansiera framtida utbyggnad av anläggningen.

Valet av plats för en installation bör göras så att ingen användbar markyta tas i anspråk. De bästa alternativen är större tak eller slutdeponier.

Vid ett flertal av intervjuerna togs även bevakning av anläggningen upp. I intervjun med Affärsverken Karlskrona och Öresunds kraft togs det upp att stölder av moduler är ett inom branschen vanligt förekommande problem. Därför rekommenderas kameraövervakning av anläggning.

Framtiden för solceller ser lovande ut. Med en ständig utveckling av solcellskomponenterna i kombination med sjunkande priser så finns goda förutsättningar att ha en stor andel solcellsenergi i framtiden. Både globalt och i Sverige. De senaste åren har andelen solceller ökat markant både vad gäller installationer på privata villor och storskaliga anläggningar. Denna utveckling ser ut att fortsätta och solceller är numera en konkurrenskraftig energikälla för att tidigare mest varit en symbolisk gest för att representera hållbar el. Förhoppningsvis resulterar dagens forskning om perovskiter i en ny typ av solceller som kan få kommersiellt genomslag i framtiden. Redan idag har perovskiter en verkningsgrad på 25,6% vilket är väldigt lovande, fokus ligger nu på att öka perovskitets hållbarhet. Förhoppningen är också att verkningsgraden på alla typer av solceller ökar och att de blir mer effektiva. Om man lyckas utveckla dagens solceller genom nya innovativa lösningar kombinerat med en utveckling av lagringsalternativ kommer solceller i framtiden få ett enormt genomslag, som i sin tur kommer resultera i en minskning av fossila bränslen och på så vis en minskning av mängden växthusutsläpp.

6 SLUTSATS

Detta arbetets övergripande slutsats är att det finns olika sätt att anlägga en solcellspark på. Olika alternativ medför olika för och nackdelar. Det hade varit intressant att under arbetets gång få möjlighet att göra ett studiebesök. För att få ytterligare information hade det varit intressant att kontakta de personer som hänvisades till under intervjun med RISE.

Figur 5

REFERENSER

Alpman,M.(2008).Svenskt företag gör Grätzel-solceller mer effektiva. *Nyteknik* **,** 13 november. https://www.nyteknik.se/energi/svenskt-foretag-gor-gratzel-solceller-mer-effektiva-6424663

DS new energy (2019). *En introduktion till perovskites och perovskite solceller.* http://se.dsnsolar.com/info/an-introduction-to-perovskites-and-perovskite-35622184.html [2021-05-05]

Edgren, J. (2020). De bygger USA:s största solcellspark i Texas- om 1310 megawatt. *Ny teknik,* 24 november. https://www.nyteknik.se/energi/de-bygger-usa-s-storsta-solcellspark-i-texas-om-1-310-megawatt-7005583

Edgren, J (2019). En slarvigare produktion ger effektivare perovskit. *Ny teknik,* 13 november https://www.nyteknik.se/energi/en-slarvigare-produktion-ger-effektivare-perovskit-6978385

Ellevio (2018). *Solceller- världens snabbast växande energikälla* https://kundnyheter.ellevio.se/solceller-varldens-snabbast-vaxande-energikalla/ [2021-04-27]

Elsäkerhetsverket (2019). *Störande solceller* https://www.elsakerhetsverket.se/om-oss/press/nyhetsbrev/tidigare-nummer-av-nyhetsbrevet/2019/december/storande-solceller/ [2021-04-19]

Elsäkerhetsverket (2020). *EMC- elektromagnetisk kompabilitet* https://www.elsakerhetsverket.se/om-oss/vi-arbetar-med/EMC/ [2021-04-19]

Energimyndigheten (2019). *Drift och underhåll av din solcellsanläggning* https://www.energimyndigheten.se/fornybart/solelportalen/drift-och-underhall-av-din-solcellsanlaggning/ [2021-04-30]

Energiengagemang (2020). *Nu inviger vi Sveriges största solcellspark.* https://www.energiengagemang.se/nu-inviger-vi-sveriges-storsta-solcellspark/ [2021-04-15]

Energimyndigheten (2018). *Målsättningar för solceller i Sverige* https://www.energimyndigheten.se/fornybart/solelportalen/lar-dig-mer-om-solceller/malsattningar-for-solceller-i-sverige/ [2021-04-22]

Energimyndigheten (2019). *Olika typer av solceller* http://www.energimyndigheten.se/fornybart/solelportalen/lar-dig-mer-om-solceller/olika-typer-av-solceller/ [2021-04-12]

Energimyndigheten (2021). *Om elcertifikatsystemet* https://www.energimyndigheten.se/fornybart/elcertifikatsystemet/om-elcertifikatsystemet/ [2021-04-22]

Energimyndigheten (2021). *Så ansöker du om elcertifikat och ursprungsgarantier* https://www.energimyndigheten.se/fornybart/solelportalen/vilka-stod-och-intakter-kan-jag-fa/sa-har-ansoker-du-om-elcertifikat-och-ursprungsgarantier/ [2021-04-23]

Energiföretagen (2020). *Elcertifikatsystemet*
https://www.energiforetagen.se/energifakta/elsystemet/elhandel/elcertifikatsystemet/ [2021-04-22]

Energiföretagen (2021). *Solceller och solenergi*
https://www.energiforetagen.se/energifakta/elsystemet/produktion/solceller/ [2021-04-15]

Energy.gov (u.å). *Perovskite Solar Cells*
https://www.energy.gov/eere/solar/perovskite-solar-cells [2021-04-30]

Marsh,J (2018). Half-cut solar cells: an overview. *Energysage*, 12 December
https://news.energysage.com/half-cut-solar-cells-overview/ [2021-04-12]

Fortum (u.å). *Madhya Pradesh- solen skiner på Indien*
https://www.fortum.se/privat/elavtal/varfor-fortum/renarevarld/madhya-pradesh [2021-04-27]

Hemsol (u.å). *Fungerar solceller i Sverige bra?*
https://hemsol.se/vanliga-fragor/solceller-i-sverige/ [2021-04-15]

Hemsol(2021). *Olika typer av solcellspaneler*
https://hemsol.se/blogg/typer-av-solcellspaneler/ [2021-04-12]

Hemsol (2021). *Solcellsbatteri*
https://hemsol.se/blogg/solcellsbatteri/ [2021-04-30]

Kovacs (2019). *Marknadsöversikt för solcellsmoduler, växelriktare, infästningsanordningar och kompletta system.* Borås:RISE.
https://www.energimyndigheten.se/globalassets/tester/marknadsoversikt-for-solcellsmoduler-vaxelriktare-infastningsanordningar-och-kompletta-system-191121-signerad.pdf

Midsummer (u.å). *Mindre risk för skuggningsproblematik med bypassdioder*
https://midsummer.se/mindre-risk-for-skuggningsproblematik-med-bypassdioder/ [2021-05-03]

Mälarenergi (u.å). *Så gör du solenergi*
https://www.hb.se/biblioteket/akademiskt-sprak/referera-till-kallor/guide-till-harvardsystemet/webbsidor-forum-bloggar-programvaror/webbsidor-/ [2021-04-12]

Naturskyddsföreningen (u.å). *Solenergin flödar- men var finns solcellerna?*
https://www.naturskyddsforeningen.se/nyheter/solenergin-flodar-men-var-finns-solcellerna [2021-04-14]

Nohrstedt (2017). Här är solelens mörka baksida. *Ny teknik*, 27 november.
https://www.nyteknik.se/energi/har-ar-solelens-morka-baksida-6884705

NS ENERGY (u.å). *Samson solar energy center.*
https://www.nsenergybusiness.com/projects/samson-solar-energy-center/ [2021-04-27]

Pickerel, K. (2018). What is a half-cell solar panel. *Solar power world*, 24 oktober https://www.solarpowerworldonline.com/2018/10/what-is-a-half-cell-solar-panel/ [2021-04-30]

Ri.se (2019). *Solens strålar kan lagras med hjälp av vätgas* https://www.ri.se/sv/berattelser/solens-stralar-kan-lagras-med-hjalp-av-vatgas [2021-04-30]

Sidén, G (2009). *Förnybar energi.* 2.uppl., Lund: Studentlitteratur.

Solcellskollen (2019). *Bör man välja optimerare till sin solcellsanläggning?* https://www.solcellskollen.se/vanliga-fragor/bor-man-valja-optimerare-till-sin-solcellsanlaggning [2021-04-13]

Solcellskollen (u.å). *Optimerare till solcellsanläggningen? Vi reder ut vad som är bra att tänka på!* https://www.solcellskollen.se/blogg/optimerare-till-solcellsanlaggningen-vi-reder-ut-vad-som-ar-bra-att-tanka-pa [2021-04-18]

Solens energi (u.å). *Tekniken bakom solel.* https://solensenergi.se/tekniken-bakom-solpaneler/ [2021-04-13]

Solkompaniet (2020). *Elcertifikatsystemet avvecklas men kvotplikten finns kvar* https://solkompaniet.se/2020/11/18/elcertifikatsystemet-avvecklas-men-kvotplikten-finns-kvar/ [2021-04-23]

Sun cable (u.å). https://suncable.sg/ [2021-04-28]

Sverigesradio (2021). *Svenska solceller kopplas till misstänkt tvångsarbete.* https://sverigesradio.se/artikel/svenska-solceller-kopplas-till-misstankt-tvangsarbete [2021-04-26]

Vattenfall (u.å). *Växelriktare för solceller* https://www.vattenfall.se/solceller/solpaneler/vaxelriktare/ [2021-05-05]

Von Schultz, C. (2021). Därför stör solcellerna. *Elinstsllstören*, 8 april. https://www.elinstallatoren.se/2020/05/darfor-stor-solcellerna/

Wallnér, E. (2018). *Så väljer du en bra växelriktare* https://www.solcellskollen.se/blogg/sa-valjer-du-en-bra-vaxelriktare [2021-05-05]

Bilder

Figur 1. Pixbay.com (Upphovsrättsfri bild)
https://pixabay.com/sv/photos/solceller-solceller-system-2138992/

Figur 2. Publicdomainpictures.net (Upphovsrättsfri bild)
https://www.publicdomainpictures.net/se/view-image.php?image=10507&picture=solceller-kraftverk

Figur 3. Solarpark.se (Tillåtelse att använda bilder framkom under intervju)
https://solarpark.se/bilder/img_3020/#main

Figur 4. Pixbay.com (Upphovsrättsfri bild)
https://pixabay.com/sv/photos/solcell-solar-panel-solceller-4045029/

Figur 5. Pixbay.com (Upphovsrättsfri bild)
https://pixabay.com/sv/photos/solenergi-solsystemet-solar-panel-2157212/

HÖGSKOLAN
I BORÅS

Besöksadress: Allégatan 1 · Postadress: 501 90 Borås · Tfn: 033-435 40 00 · E-post: registrator@hb.se · Webb: www.hb.se