

Examensarbete

Solpaneler för tilläggsvärme i jordvärmesystem

Sebastian Wiksten

Examensarbete

Elektroteknik

2012

<i>EXAMENSARBETE</i>	
<i>Arcada</i>	
<i>Utbildningsprogram:</i>	<i>Elektroteknik</i>
<i>Identifikationsnummer:</i>	<i>3514</i>
<i>Författare:</i>	<i>Sebastian Wiksten</i>
<i>Arbetets namn</i>	<i>Solpaneler för tilläggsvärme i jordvärmesystem</i>
<i>Handledare:</i>	<i>DI Kim Rancken</i>
<i>Expert handledare:</i>	<i>Ingenjör Harri Anukka</i>
<i>Granskare:</i>	<i>Johnny Biström</i>
<i>Uppdragsgivare:</i>	<i>Arcada</i>
<i>Sammandrag:</i> <i>Jordvärmesystem i fastigheter fungerar genom att vätska pumpas via marken och tar till vara värme i form av några graders uppvärmning. Vätskan leds genom en värmeväxlare och därefter till en kompressorkrets som höjer vätskans temperatur genom kompression till ca 60-90 grader. Behållaren i systemet har för säkerhets skull inbyggda elmotstånd som kopplas på när värmemängden från kompressorkretsen inte räcker till. I det här systemet är den mest kritiska komponenten kompressorn som om och om igen måste startas flere gånger om dagen. Om man vill förlänga livslängden hos systemet och kompressorn måste man få kompressorn att starta så få gånger om dagen som möjligt.</i> <i>Genom att utveckla ett kompletterande elproducerande solpanelsystem till jordvärmesystemet kunde man göra systemet mer effektivt. Elmotstånden som skulle matas av solpanelerna skulle hålla behållarens vätsketemperatur jämn vilket skulle leda till att kompressorn inte startar lika många gånger om dagen. Det här leder till att jordvärmesystemets livslängd ökar och fastigheten får eventuella driftsekonomiska fördelar.</i> <i>Det främsta ämnet för detta examensarbete är utredning av diverse solpanelsteknologier, effektanalyser, olika kopplingsmöjligheter och solpanelsystemets inverkan på jordvärmesystemet.</i>	
<i>Nyckelord:</i>	<i>solcell, solpanel, jordvärme</i>
<i>Sidantal:</i>	<i>39</i>
<i>Språk:</i>	<i>Svenska</i>
<i>Datum för godkännande:</i>	<i>24.04.2012</i>

<i>DEGREE THESIS</i>	
<i>Arcada</i>	
<i>Degree program</i>	<i>Electrical Engineering</i>
<i>Identification number:</i>	<i>3514</i>
<i>Author:</i>	<i>Sebastian Wiksten</i>
<i>Title:</i>	<i>Solpaneler för tilläggsvärme i jordvärmesystem</i>
<i>Supervisor:</i>	<i>M.Sc. Kim Rancken</i>
<i>Expert supervisor:</i>	<i>B.Sc. Harri Anukka</i>
<i>Examinor:</i>	<i>Johnny Biström</i>
<i>Commissioned by:</i>	<i>Arcada</i>
Abstract: <i>Geothermal energy systems in buildings work by fluid pumped through the ground and takes advantage of heat in the form of a few degrees of warming. The fluid thus passed through a heat exchanger and then to a compressor circuit that raises the temperature of the liquid by compression to approximately 60-90 degrees. The water container in the system has heating elements installed for safety that will be switched on when the amount of heat from the compressor circuit is not enough. In this system the most critical part is the compressor, which has to start several times per day. If you want longer lifespan of the system you have to get the compressor to start as few times as possible per day. By developing a solar panel system that will be connected to the heating elements you could support the geothermal system with extra heat. The heating elements would be powered by the solar panels and they would keep the water temperature constant which would result in that the compressor wouldn't have to start as many times per day. This will lead to increased lifetime of the system and possible financial benefits.</i>	
<i>Keywords:</i>	<i>solar cell, solar panel, earth heat</i>
<i>Number of pages:</i>	<i>39</i>
<i>Language:</i>	<i>Swedish</i>
<i>Date of acceptance:</i>	

Förord

Detta examensarbete är initierat av Nylands svenska yrkeshögskola Arcada av DI Kim Rancken. Arbetet är första i en serie till projektet Earth Sun Heat. Detta arbete har gett mig en omfattande kännedom i flera olika områden vilket har varit väldigt nyttigt och lärorikt.

Jag vill rikta ett tack till min handledare DI Kim Rancken som gjorde detta examensarbetet möjligt.

Helsingfors 18.04.2012

Sebastian Wiksten

Sammandrag

Abstract

Förord

Innehållsförteckning

Termer och beteckningar	6
Figurer och tabeller	7
1 Introduktion.....	8
2 Beskrivning av fastigheten och jordvärmesystemet.....	9
3 Solen.....	10
3.1 Solvärme i Finland	11
4 Solenergi	12
4.1 Solcell	12
4.2 Solpaneler	13
4.2.1 Kristallina solpaneler	14
4.2.2 Tunnfilmssolpaneler	15
4.3 En typisk solpanelanläggning	16
4.3.1 Kort om olika apparater i en solpanelanläggning	17
5 Solpanelsystemet.....	19
5.1 Placering	19
5.2 Riktning	21
5.3 Lutningsvinklar	21
5.4 Övervakningsanordning	23
6 Praktisk planering.....	24
6.1 Fastigheten.....	24
6.1.1 Monteringen	25
6.2 Placeringsalternativ för solpanelerna	26
6.3 Summering av data för solpanelerna	34
6.4 Tilläggsalternativ	35
7 Slutsatser	36
Källor	37
Figurkällor	38

TERMER OCH BETECKNINGAR

<i>AC</i>	<i>Alternating Current, växelström, elektrisk ström vars riktning byts kontinuerligt.</i>
<i>DC</i>	<i>Direct Current, likström, elektrisk ström vars riktning inte byts.</i>
<i>Elektroner</i>	<i>En elektron är en elementarpartikel med en negativ laddning.</i>
<i>Elpatron</i>	<i>Elektriskt motstånd (ett eller flera) kapslat för montering inuti en varmvattenbehållare.</i>
<i>Jordvärme</i>	<i>Jordvärme är förnybar energi som samlas i marken.</i>
<i>Solcell</i>	<i>Även kallas fotovoltaisk cell. En solcell består av halvledarmaterial som fungerar som dioder och varje enskild cell ger upphov till en liten spänning.</i>
<i>Solenergi</i>	<i>Solenergi är den energi som kommer från solens strålning.</i>
<i>Solpanel</i>	<i>En solpanel är en samling av solceller som utgör en såkallad panel.</i>
<i>PV</i>	<i>Photovoltaic cell, solcell som producerar el.</i>

FIGURER OCH TABELLER

<i>Figur 1. Förenklad bild över ett jordvärmesystem</i>	s. 9
<i>Figur 2. Solen över Europa via Earth View</i>	s. 10
<i>Figur 3. Solens årliga globala strålning (kWh/m²)</i>	s. 11
<i>Figur 4. Förenklad bild över hur en solcell fungerar</i>	s. 12
<i>Figur 5. Solljuset under dagen</i>	s. 21
<i>Figur 6. Södra gaveln på fastigheten</i>	s. 23
<i>Figur 7. Placeringsalternativ 1</i>	s. 28
<i>Figur 8. Placeringsalternativ 2</i>	s. 30
<i>Figur 9. Placeringsalternativ 3</i>	s. 31
<i>Figur 10. Placeringsalternativ 4</i>	s. 32
<i>Figur 11. Placeringsalternativ 5</i>	s. 33
 <i>Tabell 1. Strålning/dag med olika lutningsvinklar, riktning Helsingfors mot söder utan skuggor (kWh/m²/dag)</i>	 s. 22
<i>Tabell 2. Summering av data för solpaneler</i>	s. 35

1 INTRODUCTION

På grund av en konstant efterfrågan på energi och den ökande växthuseffekten på jorden måste vi i framtiden kunna producera energi mer miljövänligt. Det här betyder stigande elpriser och skärpning av utsläppen. Förutom att man försöker göra energin renare måste man försöka minska förbrukningen av energi. Industrins andel av energiförbrukningen är väldigt stor men man kan åstadkomma stora inbesparingar också i hushåll. Solenergin är gratis energi som man bör utnyttja mer i framtiden och den kommer att spela en stor roll för ett ekologiskt hållbart samhälle.

Examensarbetets ändamål är att ge konsumenten en översiktlig bild över vad man måste ta reda på och vilka faktorer man bör tänka på innan och medan man planerar en solpanelanläggning till sitt hushåll. Examensarbetet kommer att innehålla teoretisk planering och diverse bilder som hjälper konsumenten att planera sitt solpanelsystem. Examensarbetet kommer mestadels att ta upp bilder av en viss fastighet för vilken detta examensarbete kommer att användas, men en stor del av arbetet kan också andra konsumenter ha nytta av.

Fastigheten för vilket detta examensarbete görs använder jordvärme. Jordvärmesystemet använder en kompressorkrets som måste starta flera gånger om dagen. Syftet med arbetet är att planera hur solpaneler kan användas för att mata spänning till elpatroner i uppvärmningssystemets vattenbehållare och hålla vattentemperaturen jämn. På detta sätt fås tilläggs värme till jordvärmesystemet och minskar driften av kompressorkretsen som inte måste starta lika många gånger om dagen. Detta leder till en ökad livslängd hos jordvärmesystemet och ekonomiska fördelar för hushållet.

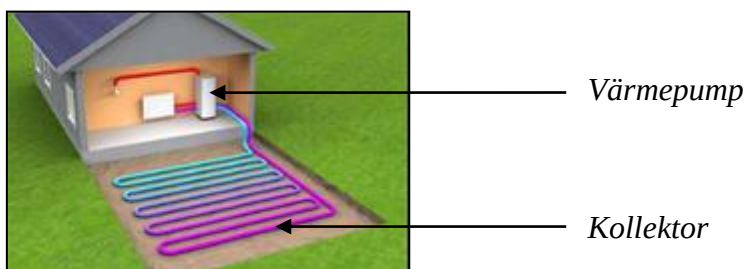
2 BESKRIVNING AV FASTIGHETEN OCH JORDVÄRMESYSTEMET

Fastigheten är ett egnahemshus med ett jordvärmesystem som värmer hushållet. Jordvärmesystemet har en vattenbehållare med inbyggda elmotstånd sk.elpatroner. Elmotstånden skulle i framtiden matas av solpanelerna som planeras i detta examensarbete. Hushållet har en gavel mot söder med en area på ca 27,5 m². Denna gavel har mest utrymme och är den mest passande väggen för solpaneler och därför planeras solpanelerna på den.

Ett jordvärmesystem utnyttjar solenergi som är lagrad i olika objekt. De vanligaste värmekällorna är berg, jord, vatten. /1/

Ett jordvärmesystem är uppbyggt av kollektorer som t.ex. en borrhunn, jordrörsystem eller sjösystem och en värmepump. Systemet fungerar genom att frostskyddad vätska pumpas via marken och tar upp värme i form av några graders uppvärmning. Vätskan pumpas vidare till en värmeväxlare som överför värmeenergin till en kompressorkrets (Figur 1). Kompressorkretsen höjer temperaturen till ca 60-90 grader varifrån värmen leds med en varmvattenslinga inuti vattenbehållaren. Om värmen från kompressorkretsen inte räcker till kopplas vattenbehållarens elmotstånd på.

Den mest kritiska komponenten i systemet är kompressorn. Dess livslängd påverkas huvudsakligen av antalet starter, men även störningar i elnätet kan skada kompressormotorn eller dess funktion. Därför bör kompressorn helst starta så få gånger som möjligt per dygn och gå så länge som möjligt då den startat.



Figur 1. Förenklad bild över ett jordvärmesystem.

3 SOLEN

Solen är vår närmaste stjärna och den är ca 5 miljarder år gammal. Dess diameter är ca 110 gånger större än jordens, dvs. den är drygt 1 miljon gånger större än jorden och dess massa är ca 330 000 gånger jordens massa. Solens utstrålande värme och ljus är förutsättningen för allt liv på jorden och alla de former av energi vi använder idag.

Solen är jordens största energikälla. /2/

Solens yttre temperatur uppskattas till 6000 °C medan temperaturen i kärnan är närmare 15 miljoner °C. Solen består av ca 75 % väte och ca 23 % helium och resten, 2 %, är övriga grundämnen. Kärnkraftverken idag använder fission som spjälkar upp tunga atomer vars energi man tar till vara. I solen sker den motsatta reaktionen, nämligen fusion. Fusionen innebär att vätekärnor sammansmälts till heliumkärnor och reaktionen bildar massvis av energi. Bildandet av ett enda kilo helium frigör lika mycket energi som 27 000 ton kol eller 180 miljoner kWh. /3/

Solenergi har en enorm potential. Den totala utstrålningseffekten från solen är $3,8 \times 10^{26}$ W. Av denna mängd träffar ca 170×10^{12} W jorden. /4, s.106/ Uppskattningar har gjorts som anger att den totala solinstrålningen till jorden är cirka 20 000 gånger större än vad människan förbrukar totalt i form av industriell verksamhet, uppvärmning och transporter. /3, s.10/

I figur 2 visas hur solljuset träffar jordytan omkring vårdagjämning ca kl.14 UTC. Finland ligger mitt i bilden och belyses av solen ca 12 h/dygn.



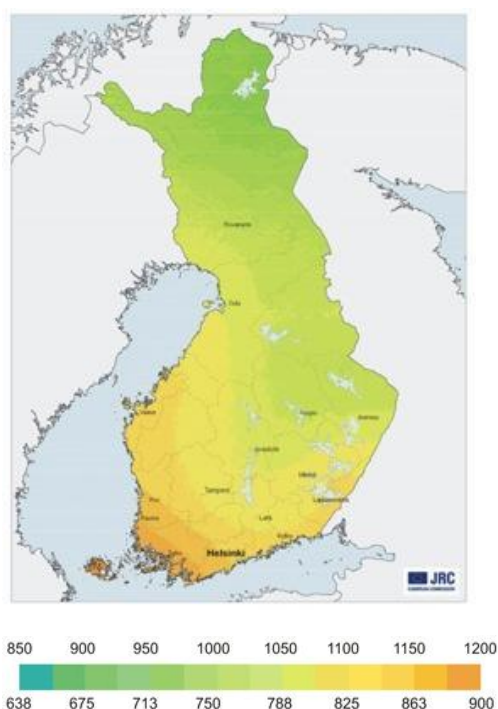
Figur 2. Solen över Europa via Earth View.

3.1 Solvärme i Finland

Finland ligger i norr och det betyder att man inte får lika mycket solljus som länderna vid ekvatorn. Solens strålning är starkast i maj-juli. Då ger solen i Helsingfors på en månad i medeltal $160\text{--}170 \text{ kWh/m}^2$ strålningsenergi på en lodrät yta. På årsnivå får södra Finland ca 1000 kWh/m^2 medan mellersta Finland får ca 900 kWh/m^2 .

Motsvarande årsnivå för t.ex. Indien är dubbelt så mycket, 1987 kWh/m^2 . /3, ss.13-14/ I Finland har vi inte lika mycket solsken pga. mer omväxlande väder men det finns ändå potential. I Finland är solens strålningsenergi mitt på dagen som mest cirka $1\,000 \text{ W/m}^2$, dvs. på en timme tar varje kvadratmeter emot en energi på ca 1 kWh . Solen skiner i medeltal ca $1\,000$ timmar i året. Under ett år tar varje kvadratmeter således emot cirka $1\,000 \text{ kWh}$ solenergi. /5/

I Finland är det viktigt med hur man placerar, riktar och lutar solpaneler så att man får maximal utnyttjandegrad av solenergin. Solenergi är så att säga gratis energi efter att man investerat litet i en solanläggning. Solenergi är en stark form av förnybar energi som man därför måste fortsätta att utveckla också i Finland.



Figur 3. Solens årliga globala strålning (kWh/m²).

4 SOLENERGI

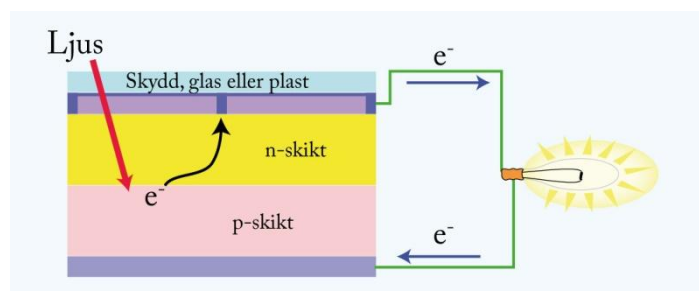
Solenergi i Finland används mestadels på sommarstugor för användning av små elapparater med liten effekt vanligen anslutna till ett 12 V ackumulatorsystem.

Solpaneler är ideala för sommarstugor på öar som det inte finns elkabelförbindelser till. Solenergin utforskas hela tiden mer och mer och den blir allt vardagligare också här i Finland. I det följande beskrivs kort teorin bakom solpaneler och litet om själva solpanelerna.

4.1 Solcell

En solcell, också kallad fotovoltaisk cell (PV), är en konstruktion av halvledare som fungerar som dioder. När ljus träffar dessa dioder bildas en elektrisk ström. En solcell består vanligtvis av kisel som är nästvanligaste grundämnet på jorden, det vill säga sand. Kisel har man använt för dess atomära sammansättning med fyra valenselektroner.

En solcell består av två skikt, ett P-skikt och ett N-skikt. Skillnaden mellan dessa är att N-skiktet är negativt laddat med mer elektroner medan P-skiktet är positivt laddat med mindre elektroner. Pga. skillnaden i antal elektroner i skikten har de ett starkt elektriskt fält emellan varandra. När solens fotoner träffar halvledarna gör de att elektronerna börjar röra på sig och de vill byta plats. Uppbyggnaden av skikten gör att elektronerna kan förflytta sig endast till det negativt laddade N-skiktet varifrån de leds ut till en yttre krets.



Figur 4. Förenklad bild över hur en solcell fungerar.

Den här förflyttningen av elektroner bildar en låg spänning i solcellen. Solcellerna är vanligtvis seriekopplade för att öka spänningen, men om man vill öka strömstyrkan kan man också parallellkoppla cellerna. Solceller delas upp i två grupper; kristallina solceller med högre verkningsgrad samt tunnfilmssolceller. Verkningsgraden för dagens solceller är ca 20 % men utveckling av teknologin utförs hela tiden. /6/

4.2 Solpaneler

En solpanel är en samling av solceller. Vanligtvis har en solpanel 30-36 solceller som åstadkommer en 12 volts spänning, men det finns dock mindre och större. Solpaneler producerar i allmänhet likström, DC, men det finns vissa som även producerar växelström, AC. En solpanel består av en aluminiumram, en glasskiva och solceller. När solpanelen kopplas till en belastning bildas en strömkrets var det går ström. När man kopplar solpaneler i dagsljus (solsken) är det viktigt att täcka över solpanelerna med en duk eller liknande för att minska risken för elstötar och gnistor under själva kopplingsarbetet.

Solpaneler kan man koppla både i serie och parallellt. Med seriekopplade paneler åstadkommer man högre spänning och med parallellkopplade paneler får man ut mera ström. Den ström och spänning man får ut av solpaneler påverkas av solljusets intensitet, solcellernas storlek, solcellsteknologin och temperaturen.

Solpanelerna är byggda av kisel och de delas upp i tre grupper:

1. Monokristallina
2. Polykristallina
3. Tunnfilmssolpaneler

I stort sett är det inte någon väsentlig skillnad mellan mono- och polykristallina solpaneler. Båda är baserade på kisel, skillnaden uppstår i framställningen av materialet. En viss skillnad är dock verkningsgraden, som är högre för monokristallteknologi än i polykristall- och tunnfilmsteknologi. Verkningsgraden är högre i monokristallteknologin för att man bearbetar kislet på en högre nivå och gör materialet bättre.

Solpaneler kan man köpa med diverse olika effekter. Billigare solpaneler har mindre effekt och är relativt små i storlek men de väger mindre. Dyrare solpaneler har högre effekt men är mycket större i storlek och väger mycket. När man tänker på valet av solpaneler för sin fastighet har man vissa möjligheter:

- Billigare solpaneler med mindre effekt – flera solpaneler
- Dyrare solpaneler med högre effekt – färre solpaneler
- En kombination av båda – optimal användning av yta

Till samma effektnivå kan man nå med både dyrare eller förmånligare solpaneler. Frågan blir främst om man vill satsa på färre eller fler solpaneler.

4.2.1 Kristallina solpaneler

De kristallina solpanelerna delas upp i mono- och polykristallina solpaneler. Båda är byggda av kisel som man får främst av sten och berg. I dagens läge används mest polykristallint kisel vars andel är ca 62 %. /7/ Skillnaden mellan grupperna är i kristallstrukturen.

Monokristallina solpaneler tillverkas av kisel som har atomerna i en viss bestämd ordning i kristallstrukturen. Solcellerna framställs genom bearbetning och raffinering av naturligt förekommande kisel. Kiselkristaller odlas i stavform som sedan skärs till ca 0,35-0,45 mm tjocka skivor. Monokristallin kisel är dyr för att produktionen kräver noggrant arbete och processen går långsamt.

Polykristallina solceller är billigare att tillverka för att det inte krävs samma noggrannhet som med monokristallina solceller. Solcellerna tillverkas genom gjutning som ger dess polykristallina struktur. De tekniska egenskaperna hos polykristallina solceller är liknande som de monokristallina solcellerna. Atomerna är mer i en obestämd ordning i de polykristallina solcellerna än i de monokristallina solcellerna som har atomerna i en mer bestämd ordning. /3, ss.120-125/

4.2.2 Tunnfilmssolpaneler

Tunnfilmssolpaneler är den nyaste typen av solpaneler på marknaden. Garantin på en tunnfilmssolpanel i dagens läge är ca 10 år medan kristallina solpaneler har t.o.m. 25 års garanti. Teknologin går hela tiden framåt genom att med tunnfilmsteknologi sparas det kostnader i halvledarmaterial som kan leda till att tekniken utvecklas snabbare och blir då gynnsammare.

Lika som de kristallina solpanelerna är också tunnfilmssolpaneler tillverkade av kisel, men i detta fall amorft kisel. Atomerna i deras kristallstruktur är i fullständig oordning. Tillverkningen sker genom att det amorfa kiset förångas till ett lämpligt bärarmaterial, vilket resulterar i ett mycket tunt ljusabsorberande skikt. Jämfört med de kristallina solpanelerna behövs mycket mindre kisel i tillverkningen av tunnfilmssolpaneler pga. att de är så tunna.

Vissa typer av tunnfilmssolpaneler är belagda med en genomskinlig teflonyta som gör att panelerna tål hård hantering och externa chockar. Tunnfilmssolpaneler är kopplade på ett sådant sätt att strömmen inte förhindras även då en solcell skuggas. Nackdelen med tunnfilmssolpaneler är att effekten per yta är mindre än i de kristallina solpanelerna. Detta leder till att tunnfilmssolpaneler kräver mera utrymme för installation fastän de har samma effekt som kristallina solpaneler.

4.3 En typisk solpanelanläggning

Solpanelanläggningar finns runtom i världen i många olika storlekar, alltifrån små anläggningar som används i båtar eller husbilar till stora solpanelskraftverk på flera MW. Alla har dock liknande uppsättning med apparater som krävs för att en solpanelsanläggning skall fungera. En vanlig solpanelsanläggning är vanligtvis konstruerad av:

- *En eller fler solpaneler*
- *DC/AC inverter*
- *Styrenhet/Mätare*
- *Ackumulator*
- *Installationstillbehör*

Beroende på till vad man tänker använda solenergin kan man planera och konstruera en solpanelanläggning med de olika apparaterna som krävs. Enkla solpanelanläggningar kan bestå enbart av en solpanel som samlar energi till en ackumulator och som sedan matar energi som används på natten.

4.3.1 Kort om olika apparater i en solpanelanläggning

Solpanel

En solpanel är en samling av solceller som samlar solenergi. Det behövs minst en solpanel för att en solpanelanläggning skall fungera och åstadkomma spänning. (se mer fakta ovan i 4.2)

DC/AC-Inverter

En DC/AC- inverter behövs för att omvandla solpanelers likström DC till växelström AC. Inverterns mål är att bilda en perfekt sinusvåg utan distorsion eller pika. Sinusvågen som matas ut från invertern liknar fullständigt den spänning som fås från elnätet. Dagens DC/AC-invertrar har en verkningsgrad på ca 90 %. /8/

Alla vardagliga elapparater såsom t.ex. kaffekokare, TV, elverktyg mm. använder växelström. Om man vill använda solenergi till dessa apparater måste man installera en inverter i systemet. I vissa fall behöver man inte en inverter om man helt enkelt vill använda likström t.ex till att ladda ackumulatorer.

Styrenhet/Mätare

En styrenhet eller laddningsregulator behövs för att koppla solpaneler till ackumulatorer. Styrenhetens viktigaste uppgift är att förhindra ackumulatorernas överladdning och urladdning. Styrenheten skall också hindra strömmen från att flöda tillbaka till solpanelerna, detta görs med en blockeringsdiod. /9/

För att kontrollera driften i systemet krävs åtminstone ett par enkla mätinstrument; en voltmätare som mäter ackumulatorns spänning och en strömmätare för att kontrollera den inkommande strömmen från solpanelerna. Vissa styrenheter har alla mätare färdigt installerade.

Ackumulatorer

För att kunna lagra solenergin behövs ackumulatorer. En ackumulator är en kemisk spänningskälla som man kan ladda om och om igen. Vanliga ackumulatorer har en nominell spänning på 6 V, 12 V eller 24 V. En ackumulator kan också kallas för laddningsbart batteri eller ett så kallat sekundärt batteri. /10/ Batterierna kopplas i serie eller parallellt för att uppnå solpanelanläggningens eller belastningens spänningsnivå eller lagringskapacitet.

I solpanelanläggningar använder man specifika ackumulatorer som är litet annorlunda jämfört med t.ex. bilens ackumulator. Ackumulatorer för solpanelsanläggningar måste ha vissa egenskaper för att fungera så bra som möjligt och ha en lång livstid. Dessa egenskaper är:

- *hög verkningsgrad*
- *höga toleranser för omväxlande drift (laddning och urladdning)*
- *låg självurladdning*
- *låg grad av underhåll (liten vattenförbrukning)*

Om den yttre belastningen inte är i bruk får ackumulatören inte urladdas tillbaka mot solpanelerna. Detta sköts av styrenheten som har installerade blockeringsdioder. Dioder används också för att hindra ackumulatören för att ge för hög spänning till belastningen.

Installationstillbehör

Till installationstillbehör kan man räkna upp mängder med olika apparater och smått tillbehör som det krävs för att installera och koppla solpanelsanläggningar. För att nämna vissa tillbehör: brytare, kablar, kabelkontakter, eluttag, pluggar, säkringar, ställningar mm.

5 SOLPANELSYSTEMET

Utgångspunkten för en fungerande solpanelanläggning är att solpanelerna uppnår 5-6 h obehindrat solljus. Solpanelanläggningar kan man placera nästan var som helst, men för att maximera solenergin skall man tänka på följande: placering, riktning, lutningsvinklar, miljöfaktorer som t.ex växande träd som bildar skuggor mm. Man måste också tänka på husets egenskaper och skuggor det kan bildas av t.ex. skorstenen, flaggstången osv. /11/

Härnäst förklaras hur det är bäst att placera och rikta en solpanelanläggning och viktiga punkter att tänka på.

5.1 Placering

Placeringen av solpanelerna är den viktigaste punkten när man tänker bygga upp en solpanelanläggning. Om inte tillräckligt med tid fästs vid hur solpanelerna skall placeras kan det hända att hela systemet genast från början fungerar med bara en femtedels effekt. Ju högre och längre bort från närmaste träd och andra hinder panelerna placeras, desto mer kan de producera solenergi. I fastigheter är det vanligast att placera solpanelerna på taket eller på husväggen. På sommarstugor är det vid vattnet mycket bra att försöka placera solpanelerna så att de utnyttjar också vattnets reflexion av solljus.

Det är bra att tänka på vissa grunddrag och miljöfaktorer som inverkar på systemet. En av de stora miljöfaktorerna är vinden, som spelar en stor roll i monteringen av solpaneler. Vinden har inte en stor inverkan på fast monterade paneler på väggen för att då har vinden inte så stor press på panelerna. Om panelerna däremot monteras med en vinkel måste man tänka på att vinden kommer att blåsa på systemet på ett annorlunda sätt och orsaka mer press på anläggningen från olika vinklar. Med paneler monterade på marken eller på ställningar runt området, måste man se till att det finns tillräckligt med tyngder och fastsättningar så att panelerna inte faller omkull.

Dessa punkter är väldigt viktiga i placeringen av solpaneler:

Vindens inverkan:

Hela strukturen måste tåla höga vindar, t.o.m. upp till 200 km/h

Strukturens fastsättning på fastigheten

- *Förhindra möjliga vattenskador redan vid installationen av solpanelerna*
- *Vindens inverkan på ledningarna. Om ledningarna inte kan fästas hela vägen t.ex. på en vägg*

Omgivningstemperaturens inverkan på produktionen:

- *Varje plusgrad över 25 °C värme motsvarar en förlust av 0,5 % i paneleffekten*
- *Om panelen är 60 °C varm innebär det en förlust av 20 % i paneleffekten*

Miljöns inverkan:

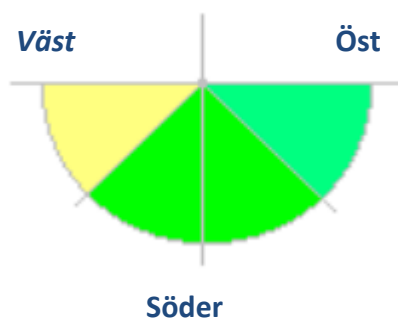
- *Skuggor som finns nu och i framtiden (växande träd, nya byggnader)*
- *Snö, is eller kvistar som faller från hustaket eller träd och kan orsaka mekaniska skador*
- *Snötäcket kan hindra systemets funktionalitet och orsaka störningar i systemet som t.ex. ackumulatorernas urladdning /11, s.2/*

Man skall komma ihåg att solpanelerna bör få en jämn strålning speciellt på vintern när solen står lågt i Finland och skuggorna är längre än på sommaren.

5.2 Riktning

Riktandet av solpanelerna är mycket viktigt. Solen stiger upp i öst och går ner i väst, således är det uppenbart att det bästa väderstrecket för riktandet av solpaneler är mot söder. Vanligen är fastmonterade solpanelsanläggningar riktade mot söder eller ekvatorn. Om man dock vet att södersidan skuggas kan man optimera solenergin med att rikta dem för morgonsol mot öst och för kvällssol mot väst, men det här minskar effekten och då får man mindre ut av systemet.

Pga. solcellernas seriekoppling får solpanelen inte bli totalt i skuggan. Om det händer så förhindras strömflödet i panelerna. Om man inte kan förhindra skuggan måste man öka panytan för att den skall producera den mängd energi som behövs. /3, s.15/



Figur 5. Solljuset under dagen.

5.3 Lutningsvinklar

Solpanelerna har tre viktiga vinklar: lutningsvinkeln, asimutvinkeln (avvikelsen från söder) och infallsvinkeln. Lutningsvinkeln är vinkeln mellan enheten och horisontalplanet. Asimutvinkeln kan man definiera som följande; vinkeln mot söder är 0° och mot väst $+90^\circ$ och mot öst -90° . När jorden snurrar runt sin axel träffar solens strålar solpaneler hela tiden från olika vinklar. Infallsvinkeln kallas den vinkel som bildas mellan solpanelen och det infallande solljuset. Solpanelens bästa infallsvinkel är 0° , då faller strålningen vinkelrätt mot solpanelen.

Om man vill maximera solenergin måste man tänka på de olika årstiderna och solens beteende under dessa. Lutningsvinkeln måste ändras under året för att solens höjd över horisonten ändras, latituden inverkar också på solens höjd. Den bästa lutningsvinkeln är samma som den vinkel latituden bildar. För att nå den maximala effekten också på vintern måste man ha en lutningsvinkel på solpanelerna som är latituden plus $15-20^{\circ}$, för Finland gäller det ca $75-80^{\circ}$ som betyder att solpanelerna står nästan lodrätt. Då kan solpanelerna samtidigt ta emot solljuset som reflekteras från snön och på det sättet få ökad effekt. På sommaren skall lutningsvinkeln vara mindre än latituden för att maximera energin. I tabell 1 beskrivs lutningsvinkelns inverkan på energin som man kan utnyttja per dag och kvadratmeter under varje månad.

Tabell 1. Strålning/dag med olika lutningsvinklar, riktning Helsingfors mot söder utan skuggor ($\text{kWh/m}^2/\text{dag}$) /2, s.16/.

Månad	30°	45°	90°
Januari	0,4	0,5	0,5
Februari	1,5	1,8	1,9
Mars	3,1	3,4	3,2
April	4,4	4,5	3,4
Maj	5,9	5,7	3,7
Juni	6,6	6,3	3,9
Juli	5,7	5,5	3,6
Augusti	5,0	5,0	3,6
September	3,3	3,5	3,0
Oktober	1,6	1,8	1,7
November	0,5	0,5	0,5
December	0,4	0,5	0,6

5.4 Övervakningsanordning

För att kunna maximera solenergin måste man ha en speciell övervakningsanordning som följer med solljuset och ser till att infallsvinkeln är så gott som 0^0 hela tiden. Mesta delen av solpanelerna är dock fastmonterade så de kan inte utnyttja allt solljus som infaller. Men likväl måste man komma ihåg att tilläggsanordningar som installeras förbrukar energi och dessutom kräver mera service än vad själva solpanelerna behöver.

Det finns tre olika övervakningsanordningar på marknaden:

Övervakning med en axel: *Anordningen svänger runt sin egen axel och justerar enbart lutningsvinkeln.*

Övervakning av asimutvinkeln: *Anordningen justerar enbart asimutvinkeln från öst till väst.*

Övervakning med två axlar: *Anordningen justerar både lutningsvinkeln och asimutvinkeln och försöker hålla infallsvinkeln vid 0^0 .*

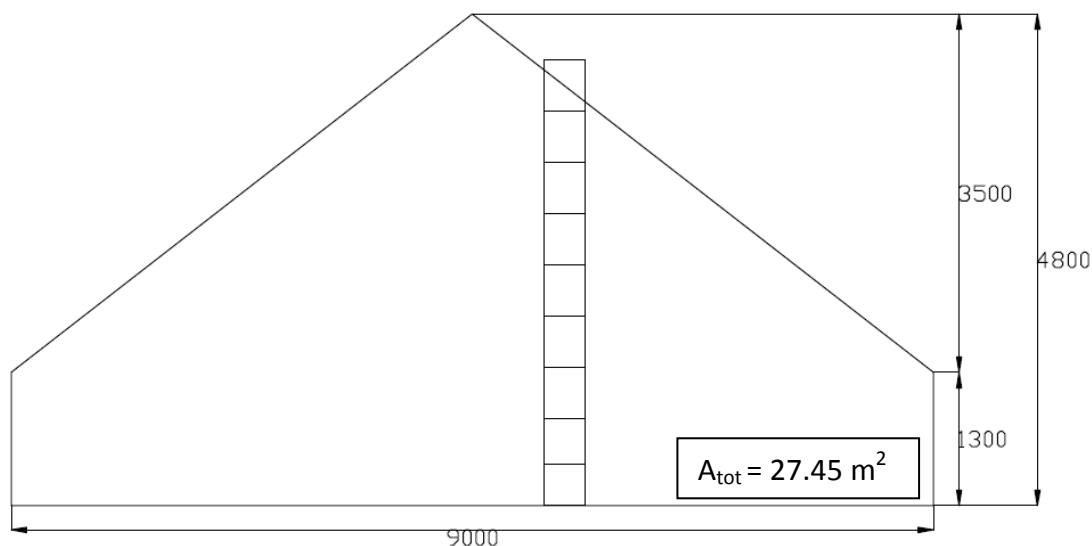
Teoretiskt kan övervakningsanordningen öka energiproduktionen på sommaren med t.om 30-60 %. Övervakningsanordningen ökar inte betydligt energiproduktionen på vintern för att dagarna är så korta. I praktiken ökar en övervakningsanordning med två axlar energiproduktionen med ca 30 %./3, s.17/

6 PRAKTISK PLANERING

Examensarbetet behandlar den fastighet där solpanelanläggningen i framtiden möjligen kommer att installeras. Praktisk planering innehåller möjliga layouter som visar var paneler kan byggas på väggen, beskrivning av dessa och planering av vilken lösning som torde fungera bäst. Man undersöker också olika solpaneler och presenterar diverse fakta som effekter, spänningar, pris osv.

6.1 Fastigheten

Fastigheten har en gavel mot söder och den är optimal för solpaneler (Figur 6). Väggen är nio meter bred och nästan fem meter hög. Solpaneler tillverkas i många storlekar och former, alltifrån $0,25 \text{ m}^2$ eller mindre upp till stora 2 m^2 paneler. Väggen har en total area på ca 28 m^2 vilket betyder att det ryms flera stora paneler på väggen. För att göra planeringen av solpanelerna enklare och prismässigt förmånligare för konsumenten kommer man i detta examensarbete att planera solpanellayouterna utgående från de mest typiska rektangelformade solpanelerna.



Figur 6. Södra gaveln på fastigheten.

Fastigheten har en stegen installerad på den södra väggen och den bör man beakta i planeringen av solpanelerna. Stegen får inte skugga solpanelerna och för att inte försvåra installationen görs planering så att man beaktar stegen. Fastigheten har en triangelformad övre gavelvägg som leder till att solpaneler blir svåra att placera ju högre upp man går.

Beroende på hur mycket spänning och effekt som krävs för elmotstånden i vattenbehållaren kan man välja layouter med färre eller fler solpaneler. För att få en hög spänning för elmotstånden bör man seriekoppla solpanelerna. Spänningen man får ut av solpanelerna beror mycket på skuggor som bildas runt fastigheten, vädret och hur solpanelerna monteras.

6.1.1 Monteringen

För att maximera effekten hur få ut så mycket som möjligt ut av solpanelerna bör man fundera ut hur man fysiskt monterar solpanelerna fast i väggen. Med övervakningsanordningar kan man maximera effekten men det kan bli dyrt beroende på huruvida system man vill ha. Enklaste sättet att nå en bra årlig effekt ur solpanelerna är att montera dem i en vinkel på 30-45°, se tabell 1.

Ett annat sätt med vars hjälp man kan åstadkomma fler olika infallsvinklar om året och nå bra effekt även på vintern är att montera solpanelerna med en vridbar möjlighet. Detta innebär att övre delen av solpanelen är festsatt med gångjärn och nedre delen är justerbar framåt och bakåt. Principen bygger på övervakning med en axel och kan göras relativt förmånligt och enkelt, medan ingen automatik krävs. Med en vridbar möjlighet kan konsumenten själv justera lutningsvinkeln under året som ökar effekten man får ut av solpanelerna.

Är man däremot villig att satsa på en automatiserad övervakningsanordning är övervakning med två axlar den mest effektiva. I monteringen av ett sådant system måste man komma ihåg att all extra utrustning orsakar extra tyngd och press på systemet, som kräver större och starkare ställningar. Automatiserade övervakningsanordningar kräver också el och mer underhåll än vad själva solpanelerna kräver.

6.2 Placeringsalternativ för solpanelerna

Fastighetens konstruktion sätter vissa begränsningar för solpanelerna, som t.ex. det triangelformade gavelväggen som inte tillåter montering av stora paneler högre upp. Solpanelerna vill man placera optimalt för att maximera effekten under hela året vilket leder till att man vill ta i beaktande möjliga skuggor, andra fastigheter och stegen som är monterad på husväggen.

Placeringsalternativ finns oändligt många om man väljer olika storleks solpaneler och olika former. Man kunde fylla upp nästan hela väggen med paneler men nackdelen är att det blir dyrt och med fler olika solpaneler skapas mera kopplingar och det behövs flera kablar. Placeringsalternativen i detta examensarbete är planerade utgående från sex till sju stycken likadana solpaneler vilka kunde ge den mest praktiska lösningen.

Layouterna är planerade med tanke på följande:

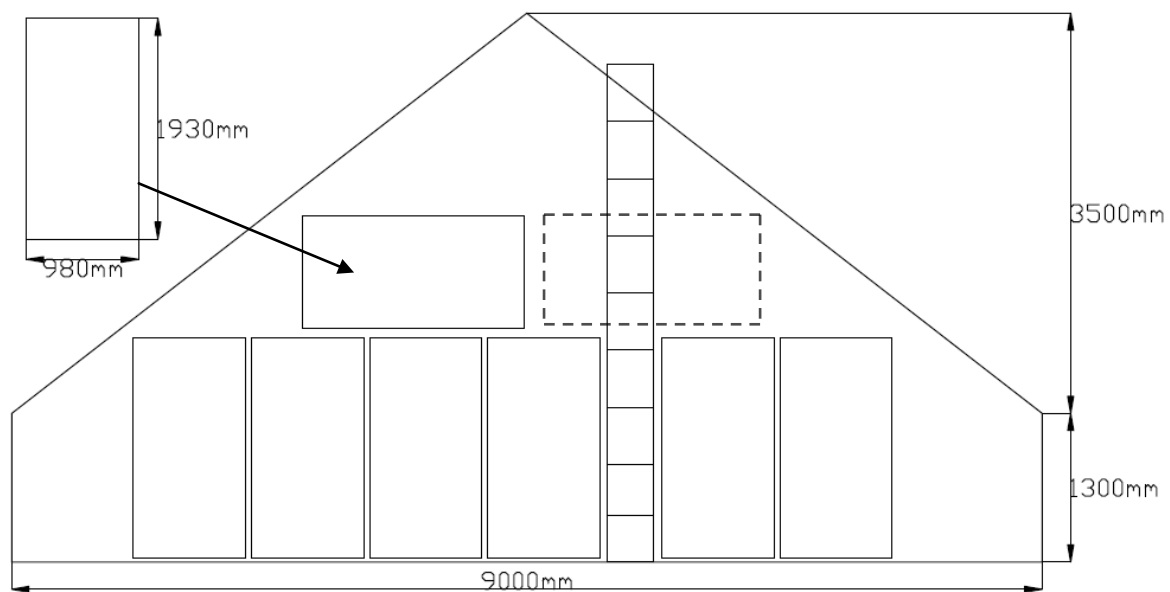
- *Optimering av ytan*
- *Utseende*
- *Enkel installation*
- *Pris*

Layout 1

Denna layout bygger på tanken av att utnyttja husväggens yta och göra installationen enkel och praktisk. Layouten har sju solpaneler med vars hjälp man kan åstadkomma en hög effekt. Självklart beror effekten på vilken prisklass och solpanelstyp man väljer. Tanken med de sex lodräta panelerna är att installationen kan göras möjligen enkel och diverse ställningar och stöd kan minimeras och kablar och kopplingar kan lätt dras. Med denna layout är det möjligt att göra nedre raden vridbar, vilket skulle öka den årliga effekten. På sommaren kunde man ha panelerna i en 30-45⁰ vinkel för att solen står högt upp och på vintern vrider man panelerna vinkelräta så att de kan ta tillvara solljuset som reflekteras av snön på marken.

Solpanelen som är monterad vågrätt ökar effekten hos hela systemet och kan enkelt monteras ovanför den nedre raden. Denna solpanel blir inte vridbar för då kunde det hända att panelen skuggar den nedre raden under sommaren. Beroende på totaleffekten hos solpanelerna man väljer kan man tänka sig lämna bort den vågräta solpanelen, eller så kan den kompletteras med en till horisontell solpanel. Denna skulle dock till en liten grad skuggas av stegen en tid av dagen. Installationen av denna layout lämnar stegen fri för användning och monteringen av panelerna kan göras utan problem med denna.

Visuellt tar detta placeringsalternativ upp mycket av väggytan men panelerna sitter i rak linje och är en stilig konstruktion. Nackdelen med denna layout är att placeringen av panelerna blir relativt låg. Ju lägre de placeras desto mer är panelerna i fara för skuggor vilket leder till att effekten kan minska. En likadan rak linje med paneler högre upp kan man inte montera pga. husväggens konstruktion. En möjlig lösning till detta problem presenteras i samband med layout 4.



Figur 7. Placeringsalternativ 1.

Fördelar:

- Sju solpaneler (möjligen åtta)
- Enkel installation
- Stilig
- Vridbar möjlighet

Nackdelar:

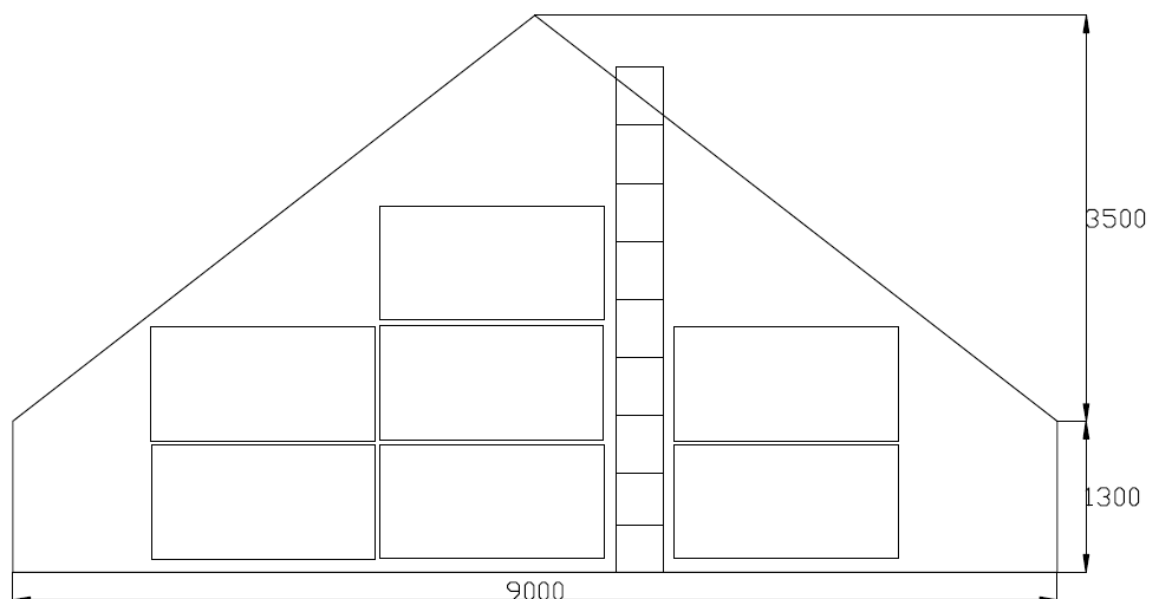
- Placering lågt
- Panelraden kräver starka ställningar

Layout 2

Solpanelerna i denna layout är placerade vågrätt och tanken bakom dem är lätt montering av panelerna och att med ett vridbart system få en bra effekt. Panelerna är installerade i tre kolumner som underlättar fastsättningen i husväggen och gör att man drar nytta av största delen av husväggen. Med detta placeringsalternativ blir solpanelerna placerade högre upp och hjälper då att skuggor inte faller på panelerna lika lätt.

Solpanelerna är placerade i tre rader vilket betyder att man kan montera raderna skilt för sig vridbara. Nedersta raden med tre solpaneler skulle ha den största lutningsvinkeln och mellersta torde ha litet mindre medan den översta solpanelen kunde vara fastmonterad. Det här skulle leda till att alla solpaneler är i den mest optimala vinkeln för solljuset. Dock måste man komma ihåg att på sommaren är solen högt och om man justerar övre panelraderna med en stor lutningsvinkel kan solpanelerna bilda skuggor på de nedre panelraderna och det vill man inte, eftersom det leder till att effekten man vinner i de övre panelraderna förlorar man i de nedre panelraderna. Nackdelen med att ha fler justerbara system leder till att konstruktionen blir mer komplicerad, och om systemet inte har automatik som sköter om vinklarna, måste man själv justera dem, vilket är besvärligt för konsumenten.

Detta placeringsalternativ har också sju stora solpaneler placerade på husväggen. Om konsumenten får tillräckligt med effekt ur sex solpaneler kan man alltid lämna bort den översta solpanelen. Konstruktionen blir litet enklare och man kan öka mellanrummet mellan panelraderna, vilket leder till att man kan öka båda panelradernas lutningsvinklar utan att den en skuggar den andra.



Figur 8. Placeringsalternativ 2.

Fördelar:

- Enkel installation
- Sju solpaneler

Nackdelar:

- Fler justerbara konstruktioner

Layout 3

Detta placeringsalternativ har en solpanel mindre än i de andra layouterna. Tanken är att om en större effekt inte behövs räcker det med färre solpaneler och då kunde placeringsalternativet se ut så här. Nedre panelraden är i rak linje vilket betyder att fastsättningen kan göras enkelt och hela panelraden kan monteras med en vridbar möjlighet. Med en vridbar montering är tanken alltid den samma, att öka den årliga effekten solpanelerna ger ut.



Figur 9. Placeringsalternativ 3.

Fördelar:

- Enkel konstruktion
- Förmånligare
- Vridbar möjlighet

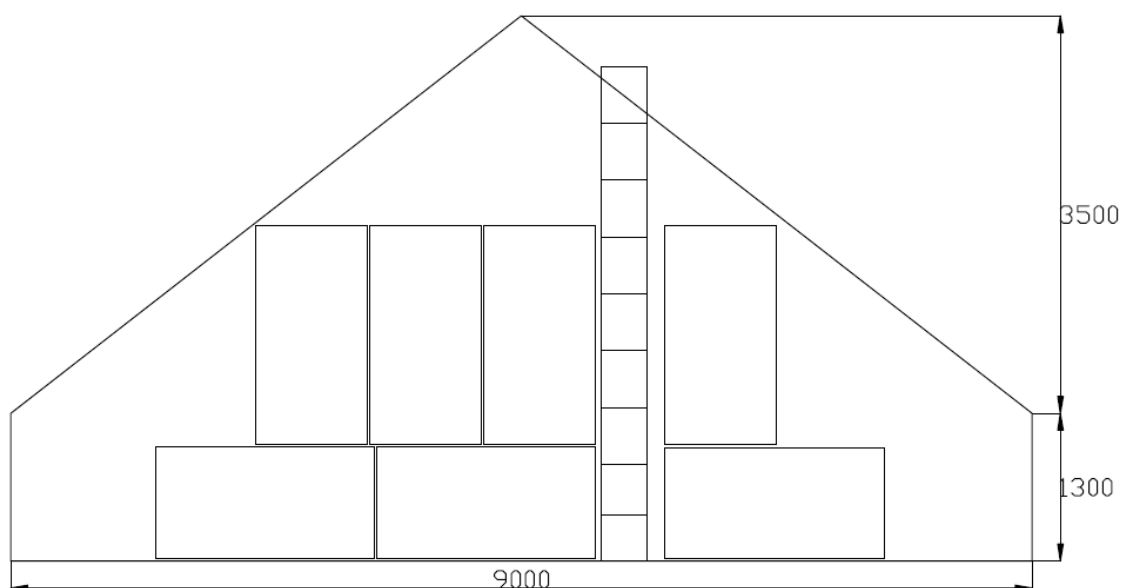
Nackdelar:

- Bara sex solpaneler

Layout 4

Detta placeringsalternativ försöker lösa problemet som kan orsaka en minskad effekt i layout 1. I layout 1 är solpanelerna placerade lågt, vilket kan leda till att skuggor lättare faller på panelerna. I layout 4 är solpanelerna uppdelade i två panelrader. Nedre panelraden är vågrätt och den övre står lodrätt. Med denna lösning får man solpanelerna placerade litet högre och med detta eventuellt öka effekten. Placeringen av panelraderna i två rader gör att fastsättningen i väggen är enkel.

För att maximera effekten ur detta placeringsalternativ kan man montera nedre panelraden med en vridbar lösning. Den vågräta panelraden kan man hålla i en stor lutningsvinkel för att skuggor som bildas av panelraden orsakar inga problem för resten av solpanelerna. Den övre panelraden bör vara fastmonterad för att inte skymma den undre panelraden.



Figur 10. Placeringsalternativ 4.

Fördelar:

- Placering högt
- Sju solpaneler

Nackdelar:

- Större konstruktion
- Oestetisk

Layout 5

Denna layout försöker visa ännu ett placeringsalternativ med sju solpaneler. Tanken var att utnyttja hela bredden av husväggen. Utseendemässigt är denna layout oestetisk för att solpanelerna är placerade på flera olika ställen och de är inte i raka linjer som i de andra placeringsalternativen. Nackdelen med att solpanelerna är placerade på detta sätt är att monteringen och fastsättningen i husväggen blir mer invecklad. Solpanelerna kan inte monteras i samma ställningar utan man måste tillverka skilda konstruktioner, vilket betyder dyrare och mer jobb.



Figur 11. Placeringsalternativ 5.

Fördelar:

- Sju solpaneler

Nackdelar:

- Oestetisk
- Komplicerad konstruktion
- Svår att montera

6.3 Summering av data för solpanelerna

Solpaneler kan anskaffas från väldigt många olika företag och alla har litet olika sortiment. Största delen av företagen erbjuder ett stort urval av olika slags solpaneler alltifrån små ca 30 W solpaneler upp till fler hundra watts solpaneler, med både mono- och polykristallinsolpaneler och nyare tunnfilmssolpaneler.

När man väljer vilken sorts solpaneler som skulle passa bäst för sitt eget projekt är det bra att kunna ge en uppskattning över hur mycket effekt man behöver. Utgående från detta kan man välja diverse olika solpaneler och till det bästa resultatet kommer man med att ha förplanerat sitt projekt väl och efter det kontaktat företag som specialiserar sig på solpaneler. Företagen kan erbjuda konsumenten en viss sorts solpaneler men det är alltid nyttigt att kontakta flera företag och få reda på om det finns en förmånligare lösning.

Tabell 2 visar fem företags solpaneler som kunde användas i denna fastighet. Enligt layouterna torde husväggen ha sex till sju solpaneler och kalkyleringar har gjorts enligt detta. Tabellen visar spänningen och effekten för en solpanel och därpå den totala spänningen och effekten man kan få ut ur systemet om solpanelerna är seriekopplade. I sista kolumnen beräknas det totala priset för sex eller sju solpaneler. Priset är beräknat endast utgående från vad en solpanel kostar multiplicerat med antal solpaneler. Tilläggskostnader för t.ex. kablar, uttag, ställningar, och diverse installationstillbehör har inte beräknats.

Tabell 2. Summering av data för solpaneler.

	Spänning	Effekt	St.	Spänning tot.	Effekt tot.	à-pris totalt
Företag 1	16.7 V	135 W	6	100,2 V	810 W	2580 €
			7	116,9 V	945 W	3010 €
Företag 2	37,59 V	195 W	6	225,54 V	1170 W	2100 €
			7	263,12 V	1365 W	2450 €
Företag 3	24 V	230 W	6	144 V	1380 W	2790 €
			7	168 V	1610 W	3255 €
Företag 4	18 V	135 W	6	108 V	810 W	2394 €
			7	126 V	945 W	2783 €
Företag 5		130 W	6		780 W	1974 €
			7		910 W	2303 €

Av tabellen kan man konstatera att den totala effekten man kan få ut ur systemet ligger nära 1 kW. Prisskillnaderna varierar från företag till företag fastän effekterna ligger nära varandra. Effekten för en solpanel i företag 1 är 135 W och totala priset ligger mellan 2580-3010 €, medan effekten för en solpanel i företag 5 är 130 W och priset är avsevärt förmånligare, 1974-2303 €. Det gäller att kontakta olika företag och komma fram till det mest effektiva systemet för det pris man vill lägga ner på hela solpanelsystemet.

6.4 Tilläggsalternativ /12/

Huset kan även förses med solpaneler på öst- och västsidorna, men pga. att östsidan är riktad rakt mot en tät skog är det inte en lönsam lösning. Möjligen kan en solpanel monteras i fastighetens sydöstra hörn, men problemet är att den belyses endast 1-2 timmar under förmiddagarna sommartid.

Västsidan är däremot en mera praktisk lösning för att husväggen är öppen för eftermiddagssol, men problemet på denna sida är att monteringsytorna är komplicerade och maximalt tre tilläggspaneler kan monteras. Dessa tre solpaneler skulle vara fast monterade och belyses i såfall huvudsakligen kl. 13-18 sommareftermiddagar. Detta alternativ kommer att utredas separat och behandlas därför inte närmare i detta arbete.

7 SLUTSATSER

Solenergi är en mycket bra lösning för att öka produktionen av förnybar energi runtom i världen. Med litet mer utveckling av solpanelsteknologi kan man generera stora effekter som gör att man kan använda solenergi även i tung industri, vilket gör att växthuseffekten minskar avsevärt. Solenergi används idag mestadels där var elnätet inte är tillgängligt men nuförtiden borde man vid husplanering ta i beaktande om solenergi kunde vara en nyttig lösning och för framtiden planera in den redan då byggnaden planeras.

Av placeringsalternativen som gjordes för denna fastighet är layout 1 den mest sannolika som kommer att användas. Detta placeringsalternativ är enkelt att installera och samtidigt är det mest estetiskt på husväggen. Planering för hur mycket effekt det krävs för uppvärmning av vattenbehållaren avgör hur många solpaneler det installeras.

Detta examensarbete syfte var att ge konsumenten en klar bild över vilka punkter och faktorer man måste tänka på före köpet av solpaneler och vid installation. I examensarbetet har framförts teori kring solpaneler och hur miljön inverkar på solpanelsystem. I den praktiska delen förklaras hur man i själva verket kunde planera ett solpanelsystem till sin fastighet och några placeringsalternativ med beskrivningar ges baserade på ett konkret objekt som kan fungera som pilotprojekt. Förhoppningsvis har också andra konsumenter nytta av teorin och det praktiska för sina egna tänkbara solpanelprojekt.

KÄLLOR

- /1/. Tomallen – Värmekällor, [www-sida] [hämtad 2.2.2012]
<http://www.tomallen.fi/svenska/jordvarme/varmekallor.aspx>
- /2/. Wikipedia – Solen, [www-sida] [hämtad 2.10.2011]
<http://sv.wikipedia.org/wiki/Solen>
- /3/. Aurinko-opas, aurinkoenergiaa rakennuksiin. 2008, Bruno Erat, V.E. Borgå:
Soltekniska Föreningen rf.
- /4/. Solenergi, Praktiska tillämpningar i bebyggelse. 1999, Mikael Sjöberg. Stockholm:
AB Svensk Byggtjänst
- /5/. Ground energy – Solvärme i Finland, [www-sida] [hämtad 28.3.2012]
http://www.groundenergy.fi/index.php?pid=108&lg=sv_aurinko
- /6/. Wikipedia – Solcell, [www-sida] [hämtad 3.10.2011]
<http://sv.wikipedia.org/wiki/Solcell>
- /7/. Wikipedia – Aurinkokenno, [www-sida] [hämtad 3.10.2011]
<http://fi.wikipedia.org/wiki/Aurinkokenno>
- /8/. Wikipedia – Växelriktning, [www-sida] [hämtad 16.10.2011]
<http://sv.wikipedia.org/wiki/V%C3%A4xelriktning>
- /9/. JN-Solar – Lataussäätimet, [www-sida] [hämtad 17.10.2011]
http://www.jn-solar.fi/index.php?main_page=index&cPath=6
- /10/. Wikipedia – Ackumulator(elektricitet), [www-sida] [hämtad 17.10.2011]
[http://sv.wikipedia.org/wiki/Ackumulator_\(elektricitet\)](http://sv.wikipedia.org/wiki/Ackumulator_(elektricitet))

/11/. Suntekno – Aurinkopaneelin asennusohje, [www-pdf] [hämtad 25.11.2011]
http://www.suntekno.fi/resources/public/tietopankki/aurinkopaneelin_asennusohje.pdf

/12/. Diskussion med Kim Rancken, 18.4.2012

Figurkällor

Figur 1. Tom Allen – Värmekällor, [www-sida] [hämtad 2.2.2012]
<http://www.tomallen.fi/svenska/jordvarme/varmekallor.aspx>

Figur 2. Earth view, [www-sida] [hämtad 3.2.2012]
<http://www.fourmilab.ch/cgi-bin/Earth?imgsize=320&opt=-l&lat=60&ns=North&lon=335.143&ew=West&alt=1000000&img=leart h.evif>

Figur 3. Ground energy – Solvärme i Finland, [www-sida] [hämtad 28.3.2012]
http://www.groundenergy.fi/index.php?pid=108&lg=sv_aurinko

Figur 4. Skolvision – Förnybar energi, [www-sida] [hämtad 4.10.2011]
<http://www.skolvision.se/DelEnergi/Renewable/content/index.html>

Figur 5. Suntekno – Aurinkopaneelin asennusohje, [www-pdf]
 [hämtad 25.11.2011]
http://www.suntekno.fi/resources/public/tietopankki/aurinkopaneelin_asennusohje.pdf

Figur 6. Diskussion med Kim Rancken, 22.1.2012

Figur 7. Diskussion med Kim Rancken, 6.2.2012

Figur 8. Diskussion med Kim Rancken, 6.2.2012

Figur 9. Diskussion med Kim Rancken, 9.2.2012

Figur 10. Diskussion med Kim Rancken, 9.2.2012

Figur 11. Diskussion med Kim Rancken, 9.2.2012