

Småskalig elproduktion för privatpersoner

En studie om solpanelers produktion och behov i Finland

Emma Rintamäki

Examensarbete för ingenjör (YH)-examen

Utbildningen Energy Technology

Vasa 2019



EXAMENSARBETE

Författare: Emma Rintamäki

Utbildning och ort: El- och automationsteknik Vasa

Inriktningsalternativ: Energy Technology

Handledare: Ronnie Sundsten

Titel: Småskalig elproduktion för privatpersoner – En studie om solpanelers produktion och behov i Finland

Datum 24.4.2019

Sidantal 34

Bilagor 2

Abstrakt

Idag utgör förnybara energikällor en stor del av energiproduktionen. Nationella samt internationella klimatmål- och strategier ställer krav på att minska på utsläpp av växthusgaser. Solpaneler avsedda för elproduktion, så kallade PV-moduler, har vuxit nämnvärt i popularitet i Finland det senaste decenniet, även om det kan anses vara ineffektivt att producera elektricitet i Finland med hjälp av solenergi.

Syftet med detta examensarbete var att ta reda på hur mycket elektricitet en PV-modul skulle kunna producera för ett egnahemshus i Österbotten. Ägarna vill också veta hur lång återbetalningstiden av en PV-modul skulle vara.

Examensarbetet behandlar först relevant information om energiproduktionen i dagens samhälle samt energiproduktionens framtidsutsikter. Information om solpaneler samt installering och effektivisering kommer också att behandlas. Den praktiska delen kommer att bestå av två olika simuleringar för att avgöra en solpanelsanläggnings produktion samt lönsamhet.

Resultatet visar att en rätt dimensionerad anläggning kommer att minska avsevärt på de allmänna elkostnaderna. Eftersom det inte i dagens läge är ekonomiskt lönsamt att sälja överskottsenergi är det relevant att planera solpanelsmoduler så att de endast kan försörja husets egna behov. Återbetalningstiden kommer att bero på modulens storlek och i detta fall kommer den att ligga mellan 15 – 20 år. Flera parametrar i simuleringen kan dock avvika från verkligheten.

Språk: svenska

Nyckelord: energi, solenergi, energiproduktion, lönsamhet

OPINNÄYTETYÖ

Tekijä: Emma Rintamäki

Koulutus ja paikkakunta: Sähkö- ja automaatiotekniikka, Vaasa

Suuntautumisvaihtoehto/Syventävät opinnot: Energiatekniikka

Ohjaaja: Ronnie Sundsten

Nimike: Sähkön pientuotanto yksityishenkilöille - Tutkimus aurinkopaneelien tuotannosta ja tarpeista Suomessa

Päivämäärä 24.4.2019

Sivumäärä 34 Liitteet 2

Tiivistelmä

Nykyisin uusiutuvat energialähteet muodostavat suuren osan energiantuotannosta. Kansalliset ja kansainväliset ilmastotavoitteet- ja strategiat vaativat kasvihuonekaasupäästöjen vähentämistä. Aurinkopaneelit sähköntuotantoon, niin sanotut PV-moduulit, ovat kasvaneet Suomessa suotuisasti viime vuosikymmenen aikana, vaikka aurinkosähkön tuottamista Suomessa voidaan pitää tehottomana.

Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää, kuinka paljon sähköä PV-moduuli voisi tuottaa talolle Pohjanmaalla. Omistajat haluavat myös tietää, kuinka pitkä PV-moduulin takaisinmaksuaika olisi.

Opinnäytetyö käsittelee ensin olennaisia tietoja nykypäivän yhteiskunnan energiantuotannosta ja energiantuotannon tulevaisuudennäkymistä. Lisäksi keskustellaan aurinkopaneeleista sekä asennuksesta ja tehokkuudesta. Käytännön osa koostuu kahdesta eri simulaatiosta aurinkopaneelimoduulin tuotannon ja kannattavuuden määrittämiseksi.

Tulos näyttää, että asianmukaisesti mitoitettu tehdas vähentää merkittävästi yleisiä sähkön kustannuksia. Koska nykyään ei ole taloudellisesti kannattavaa myydä ylimääräistä sähköä, on tärkeää suunnitella aurinkopaneelimoduulit niin että ne voivat ylläpitää vain talon omia tarpeita. Takaisinmaksuaika riippuu moduulin koosta ja tässä tapauksessa se on 15 – 20 vuotta. Useat parametrit simulaatioissa voivat kuitenkin poiketa todellisuudesta.

Kieli: ruotsi

Avainsanat: energia, aurinkoenergia, energiatuotanto, kannattavuus

BACHELOR'S THESIS

Author: Emma Rintamäki

Degree Programme: Electrical- and automation engineering, Vaasa

Specialization: Energy Technology

Supervisor: Ronnie Sundsten

Title: Small Scale Electricity Production for Individuals - A Study on Solar Panel's Production and Needs in Finland

Date April 24, 2019

Number of pages 34

Appendices 2

Abstract

Today, renewable energy sources represent a big part of the energy production. National and international climate targets and strategies set requirements on reducing greenhouse gas emissions. Solar panels designed for electricity production, so-called PV modules, have grown significantly in popularity in Finland over the past decade, although it can be considered inefficient to produce electricity in Finland using solar energy.

The purpose of this thesis was to find out how much electricity a PV module could produce for a house in Ostrobothnia, Finland. The owners also want to know how long the payback time of a PV module would be.

The thesis will first examine relevant information regarding energy production in today's society and the future prospects of energy production. Information about solar panels as well as installations and efficiency will also be discussed. The practical part consists of two different simulations to determine the production and profitability of a PV-module.

The result shows that a properly dimensioned plant will significantly reduce the general electricity costs. Since today it is not economically profitable to sell excess electricity, it is relevant to plan the modules so that they only supply the house's own electrical needs. The payback time will depend on the size of the module and in this case, it will be between 15 – 20 years. However, several parameters in the simulations may differ from reality.

Language: swedish

Key words: energy, solar energy, energy production, profitability

Innehåll

1	Inledning.....	1
1.1	Problemdiskussion.....	1
1.2	Syfte	1
1.3	Disposition.....	2
2	Energi och byggnader.....	3
2.1	Nära-nollenergibyggnader	3
2.2	Energiförbrukning hos småhus.....	4
2.2.1	Eluppvärmning	5
2.3	Elpriser.....	5
2.4	Elförsörjning.....	6
2.5	Eldistribution.....	8
2.6	Energimål.....	9
3	Solenergi och bostadshus.....	10
3.1	Solenergi genomgående.....	11
3.2	Solenergi i Finland.....	13
3.3	Solceller	14
3.4	Solpaneler	16
3.4.1	Polykristallina solpaneler	17
3.4.2	Monokristallina solpaneler	18
3.4.3	Tunnsolpaneler	18
3.5	Verkningsgrad	19
3.6	Installation.....	20
3.7	PV-moduler och kostnader för egnahemshus.....	21
4	Metodval	23
4.1	Bakgrundsinformation	24
4.2	Val av produkt.....	25
4.3	Val av simuleringsprogram	25
4.4	Simuleringar.....	26
4.5	Resultat	27
5	Sammanfattning och diskussion	32
6	Litteraturförteckning.....	35

Ordförklaringar

kWh	Kilowattimmar, 1000 wattimmar. Mått för energi som förbrukas under en timme
GWh	Gigawattimmar, 1 000 000 kWh
TWh	Terawattimmar, 1 000 000 000 kWh
PV	Photovoltaic, solenergi som producerar elektricitet
CO ₂	Koldioxid
kW	Kilowatt, mått för effekt, 1000 W
MW	Megawatt, 1000 kW
TW	Terawatt, 1 000 000 000 kW
E _G	Bandgapsteorin, energin som krävs för att främja elektronen i ledningsbandet
kWp	Toppeffekt, kilowatt peak, summan av märkeffekten av alla solcellsmoduler som ingår i en anläggning

1 Inledning

Finland har en mycket diversifierad energiproduktion vilket också bör finnas i framtiden då förnybara energikällor står för en högre andel av den totala energiproduktionen (Energia.fi). Att använda sig av förnybar energi även på småskalig nivå minskar på elkostnader och skapar en lokal energiproduktion då inte elektricitet behöver tas från elnätet i samma mängd som tidigare. Att använda sig av förnybar energi bidrar också till att minska på skadliga växthusgasutsläpp.

En av de populäraste förnybara energikällorna är solenergi som globalt används inom många applikationer. Trots att framtidsutsikterna för solenergi ser ut att vara på en uppåtstigande trend kan det ändå ifrågasättas, om småskalig elproduktion med hjälp av solpaneler ger någon befintlig produktionsmängd i Finland.

Ett egnahemshus beläget i Vörå, Österbotten, överväger att skaffa solpaneler för eget bruk av elektricitet. Ägarna vill dock veta innan och om en installation görs, om solpaneler skulle kunna producera tillräckligt med elektricitet för husets behov, så att investeringen även skulle vara ekonomiskt lönsam.

1.1 Problemdiskussion

Ett av framtidens största problem är den globala uppvärmningen. Med nationella och internationella klimatmål försöker man reglera och minska på utsläppsmängderna. Den finska regeringen har bestämt att fram till år 2050 ska andelen förnybar energi uppgå till 60 procent av den totala energiproduktionen. Finland ska även vid 2050 vara ett kolneutralt samhälle (Motiva.fi).

Solkraft är en förnybar energiform där elektricitet utvinns från solens energi. Solenergisystem bidrar inte till utsläpp, har inte oljud eller är störande för omgivningen. Solenergi kan dock ses som en ineffektiv energikälla i Finland, eftersom solen inte skiner mycket under stora delar av året.

1.2 Syfte

Syftet med detta examensarbete var att ta reda på hur mycket energi ett solenergisystem skulle kunna producera för ett egnahemshus. Systemet kommer endast vara avsett för att producera elektricitet, ett så kallat PV-system. Solvärmesystem kommer därmed inte att

behandlas. För jämförelsens skull gjordes två olika simuleringar för att avgöra hur mycket energi en dimensionerad anläggning skulle kunna producera. Återbetalningstiden kommer också uppskattas för att bestämma om införskaffningen är lönsam eller inte.

Förnybar energi spelar en stor roll när det kommer till minskning av växthusgaser, genom att installera PV-moduler för egen produktion kan man bidra till att minska på utsläpp. Från och med 2020 ska även alla nya byggnader vara så kallade "nollenergibygnader", vilket innebär att energin huset förbrukar ska kompenseras till största del med förnybar energi (2010/31/EU). Ett mycket bra sätt att genomföra detta vore att installera solpaneler.

1.3 Disposition

I kapitel två kommer examensarbetet att behandla dagens energibehov, produktion samt framtida utsikter. Det kommer även att gås igenom de globala utsikterna när det kommer till skadliga utsläpp. I kapitlet kommer även den nationella eldistributionen och elkostnaden för privatpersoner att behandlas.

Det tredje kapitlet behandlar småskalig solenergiproduktion, det vill säga solenergi avsedd för privatpersoner. Först kommer en övergripande bild ges hur solenergi fungerar samt olika metoder hur den kan utnyttjas. Kapitel tre kommer även behandla hur en PV-installation görs så effektiv som möjligt samt vilka produkter det finns att välja mellan på marknaden.

Det fjärde kapitlet som utgör den praktiska delen av arbetet kommer att bestå av två olika simuleringar som har gjorts för att bestämma en PV-moduls energiproduktion och lönsamhet. Bakgrundsinformation om objektet ges för att kunna bestämma parametrar som används i simuleringarna.

Slutligen i kapitel fem diskuteras för- och nackdelar som har konstaterats under simuleringarna. Lönsamheten och nödvändigheten för solenergi diskuteras även.

2 Energi och byggnader

Genom att behandla energibehovet för byggnader får läsaren en förståelse för de resurser som krävs för att ett egnahemshus ska kunna förbruka elektricitet. Dessutom får läsaren en djupare förståelse hur solenergi skulle kunna bidra till husets elförbrukning genom att minska på mängden skadliga utsläpp som uppstår vid energiproduktionen vid kraftverk.

Byggnadsprocessen samt upprätthållandet av byggnader står för en tredjedel av utsläppen av växthusgaser i Finland. Genom att välja passande material samt energiformer för byggnader kan de byggas och upprätthållas på ett energieffektivt sätt, vilket leder till minskade utsläppsmängder (Ymparisto.fi).

Byggnadstekniken utvecklas hela tiden och i dagens läge erbjuder marknaden flera olika byggnader med låg energiförbrukning. Av dessa kan nämnas; låg-, passiv-, nollenergi-, plusenergi samt energineutrala byggnader. Byggnader kan också repareras och restaureras för att öka deras energieffektivitet (Ymparisto.fi).

Syftet med energieffektiva byggnader är att hålla lägsta möjliga energiförbrukning samt att byggnadens brukbara energi till största del är förnybar. Detta kan förverkligas exempelvis genom att installera solpaneler som används för att producera energi för byggnaden (Emrahus.se).

Från och med slutet av 2020 ska EU:s medlemsstater uppföra byggnader som nära-nollenergibyggnader. Efter den 31 december 2018 ska alla byggnader ägda av officiella enheter vara nära-nollenergibyggnader. Varje medlemsstat bestämmer egna riktlinjer och nationella planer för att öka andelen nära-nollenergibyggnader (2010/31/EU).

2.1 Nära-nollenergibyggnader

En nära-nollenergibyggnad kan definieras som en byggnad med mycket hög energiprestanda. Den låga mängden energi som krävs för byggnadens underhåll bör tillföras i form av energi från förnybara energikällor antingen producerade på plats eller i närheten (2010/31/EU).

Enligt Finlands markanvändnings- och bygglag 117 g §, ska den som inleder ett byggprojekt föra upp byggnaden på ett så energieffektivt sätt som möjligt, betydande att både energi samt naturresurser används på ett sparsamt sätt. Byggnaden ska ha en låg energiförbrukning samt effektbehov. Byggnader avsedda för boende ska uppföras som en nära-nollenergibyggnad.

Om en byggnad repareras eller modifieras, ska även energiprestandan förbättras, såvida detta är tekniskt och ekonomiskt genomförbart (117 g § 2016/1151).

2.2 Energiförbrukning hos småhus

Energiförbrukningen hos ett egnahemshus påverkas av flera faktorer, såsom placering, isolering, tjocklek och kvalitet. Även klimatförhållanden, möjliga misstag som har uppstått i huset under byggnadsskedet samt människors konsumtionsvanor påverkar husets förbrukning (Energiatohokaskoti.fi). I Finland går cirka 55 % av den totala energiförbrukningen hos ett hus endast åt uppvärmning (Eon.se).

Tabell 1 visar Finlands totala energiförbrukning inom boende mellan år 2010 – 2017, angivet i GWh. I tabellen framgår tydligt att rumsuppvärmning står för största delen av energiförbrukningen (stat.fi).

Tabell 1, totala energiförbrukningen inom boende i GWh

Uppgifter	År							
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Rumsuppvärmning	48 765	41 419	45 928	42 739	42 831	40 804	45 692	45 349
Hushållsapparater	9 087	8 315	8 850	8 389	8 091	7 886	8 295	8 126
Belysning	2 702	2 482	2 349	2 115	1 919	1 876	1 770	1 633
Matlagning	826	799	714	697	689	680	681	673
Övriga elapparater	5 559	5 034	5 787	5 577	5 483	5 330	5 844	5 820
Uppvärmning av bastu	2 880	2 871	2 894	2 902	2 924	2 920	3 049	3 057
Uppvärmning av bruksvatten	9 522	9 584	9 658	9 727	9 789	9 850	9 961	9 954
Boende, totalt	70 254	62 189	67 330	63 757	63 635	61 460	66 997	66 486

(stat.fi)

Tabell 2 visar procentuella uppvärmningsformer per småhus (totalt 1 152 489 stycken) i Finland år 2017. I tabellen framgår att elektricitet är den mest förekommande uppvärmningsformen, men olja och gas är relativt förekommande eftersom flera äldre småhus använder sig av oljepannor som uppvärmningsform.

Tabell 2, uppvärmningsform per källa för småhus i Finland under 2017

	Fjärr- eller regionvärme	Olja, gas	Elektricitet	Stenkol, koks	Ved, torv	Jordvärme	Annat eller okänt
Fristående småhus	6%	20%	43%	1%	23%	5%	2%

(stat.fi)

2.2.1 Eluppvärmning

Elektricitet kan produceras på flera olika sätt. Exempelvis i kraftverk förbränns biomassa, avfall eller olja för att producera el (Energiatohokaskoti.fi). I kärnkraftverk produceras elektricitet genom fission där värmen från fissionen används för att hetta upp vatten. Ångan som uppstår körs in i en turbin som genererar elektricitet (Energia.fi).

Elektricitet kan även produceras med förnybara energikällor. Exempelvis i vindkraftverk omvandlas vindens kinetiska energi till rotationsenergi, som sedan roterar en generator för elproduktion (Energia.fi). Vattenkraftverk producerar elektricitet genom att låta fallande vatten rotera en generator som producerar elektricitet (Eon.se).

Majoriteten av småhusen i Finland använder sig huvudsakligen av elektricitet som primär uppvärmningsform. Radiatorer fyllda med olja eller endast bestående av el-slingor inkopplade i husets elsystem producerar värme med hjälp av elektricitet. Eluppvärmda hus har även en varmvattenberedare som använder sig av el för uppvärmning av husets vattenbehov (Hus.se).

2.3 Elpriser

Elpriset för privatpersoner baserar sig på tre olika delar; elenergi, el-överföring samt tillhörande skatter (elskatt och mervärdesskatt). Elenergi priset, med andra ord priset privatpersonen köper elen för, påverkas både av elens produktionskostnader samt den nordiska börser, Nordpools, priser för elenergi (Vaasansahko.fi).

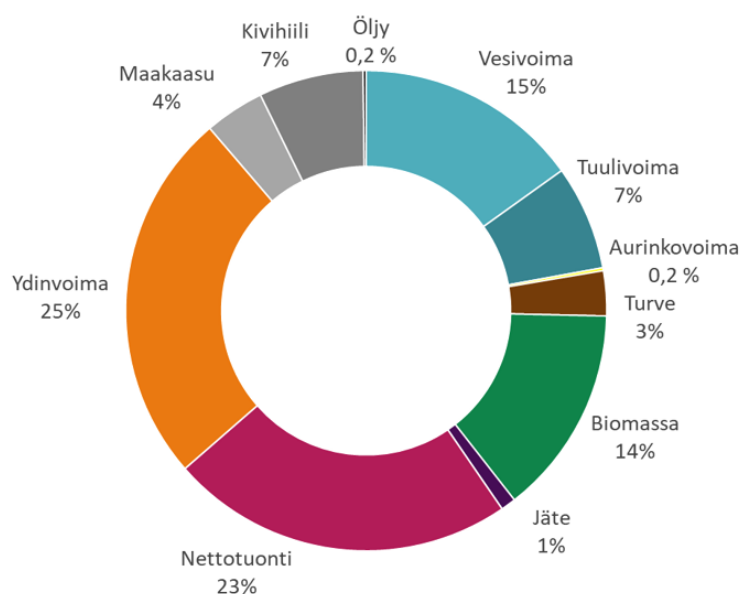
Det finska medelpriset på elenergi för privatpersoner låg år 2018 på 8,31 c/kWh. I Österbotten var medelpriset 7,29 c/kWh, med Vasa Elektriska som el-försörjare (Vaasansahko.fi).

Vid överskottsproduktion av elektricitet från solpaneler kan överloppsel säljas till ett energibolag. Vasa elektriska betalar exempelvis ersättning på elen baserat på Nordpools timpris i Finland (Vaasansahko.fi). Vanligtvis är försäljningspriset för överloppsel samma som en privatperson betalar för elen från nätet, försäljningspriset rör sig därmed mellan 5 – 7 c/kWh. Till försäljning av elen tillkommer även skatter och möjligtvis en försäljningsmarginal beroende på elföretaget (Motiva.fi).

2.4 Elförsörjning

Finland har en mångsidig elproduktion med flera olika produktionsformer och energikällor. De mest förekommande produktionsformerna är vattenkraft, kärnenergi, naturgas, trädbränslen, naturgas, kol, olja och torv (Motiva.fi). Finland har ett mycket decentraliserat elproduktionsnät, vilket innebär en relativt trygg elförsörjning. Det finns cirka 120 verksamma finska elproducenter och 400 verksamma kraftverk, varav 200 stycken är vattenkraftverk (Energia.fi).

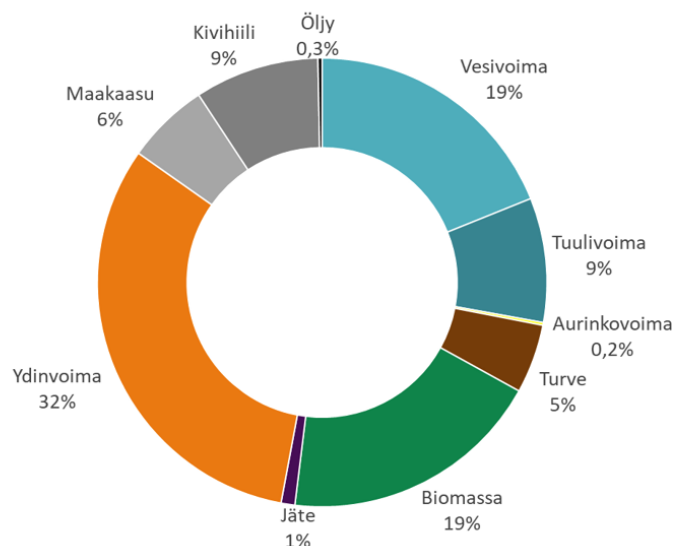
Figur 1 visar den totala finska elproduktionen år 2018 med nettoimporten inräknad (nettoimport = importerad el - exporterad el). Den totala energiförbrukningen för år 2018 var 87 TWh (Energiateollisuus.fi). Nettoimporten stod för 23 % av elproduktionen, kärnkraft 25 %, vattenkraft 15 %, biomassa 14 %, vindkraft 7 %, stenkol 7 %, naturgas 4 %, torv 3 %, avfall 1 %, olja 0,2 % och solenergi 0,2 %.



Figur 1, den finska elproduktionen år 2018 i TWh (energiateollisuus.fi).

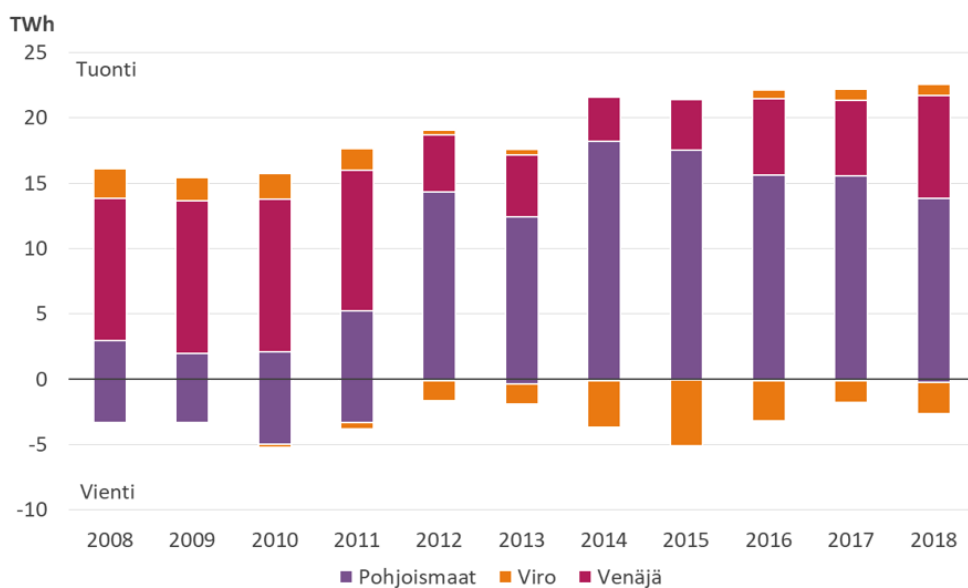
Figur 2 visar elproduktionen per energikälla med nettoimporten inkluderad i respektive energikälla. År 2018 var andelen förnybara energikällor 47 % med vattenkraft, vindkraft, solenergi, torv, biomassa och avfall inräknat. Av energiproduktionen var 79 % kolneutral.

Den totala inhemska elproduktionen uppgick till 67 TWh år 2018. Kärnkraft stod för högsta andelen elproduktion med 32 %, biomassa 19 %, vattenkraft 19 %, stenkol 9 %, vindkraft 9 %, naturgas 6 %, torv 5 %, avfall 1 %, olja 0,3 % och solenergi 0,2 % (Energiateollisuus.fi).



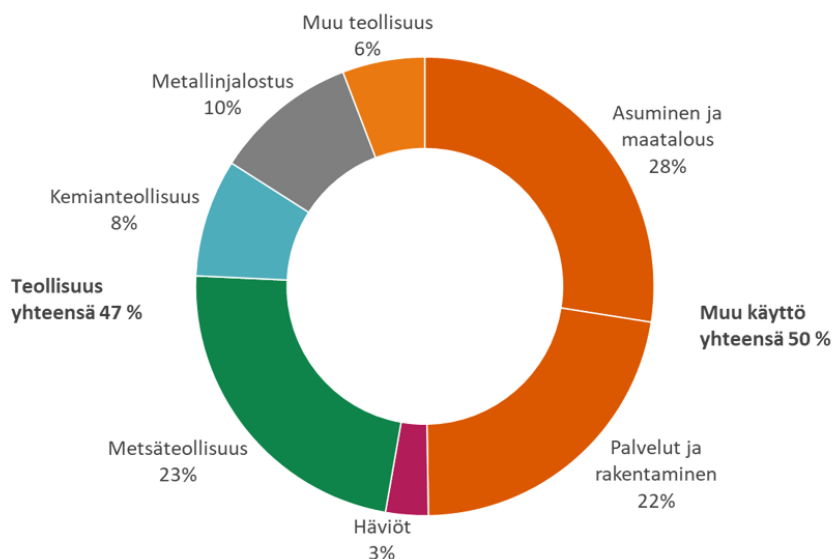
Figur 2, elproduktionen per energikälla 2018 med nettoimporten inräknad (energiateollisuus.fi).

Figur 3 visar nettoimporten av elektriciteten. Finland exporterade cirka 2,5 TWh till Estland och importerade cirka 22,5 TWh el från Sverige, Norge, Ryssland och Estland år 2018 (Energiateollisuus.fi).



Figur 3, Nettoimporten av elektricitet år 2018 (Energiateollisuus.fi).

Figur 4 visar användningen av elen år 2018 där 47 % användes inom industrin, 50 % övriga (boende och jordbruk, service och byggande), resterande 3 % gick som förluster.



Figur 4, användningsområden av elen i Finland år 2018 (Energieollisuus.fi).

2.5 Eldistribution

Det finska elöverföringsnätet upprätthålls av Fingrid Oyj och är en de viktigaste infrastrukturerna i vårt samhälle. Stamnätet bestående av 400 kV, 220 kV och 110 kV ledningar summerar upp till 14 400 kilometer kraftledningar. Till stamnätet är närmare 120 kraftverk anslutna, dessutom är fabriker och regionala kraftverk också anslutna till nätet.

Omkring 77 % av all el som skickas i Finland passerar genom det nationella nätet, vilket kan ses i figur 5. (Fingrid.fi).



Figur 5, stamnätet i Finland (Fingrid).

Det finska elsystemet ingår i det nordiska elsystemet tillsammans med det svenska, norska och öst-danska systemet. Dessutom finns likströmsanslutningar till Finland från Ryssland och Estland, där det nordiska systemet är kopplat till de ryska och baltiska kraftsystemen (Fingrid.fi).

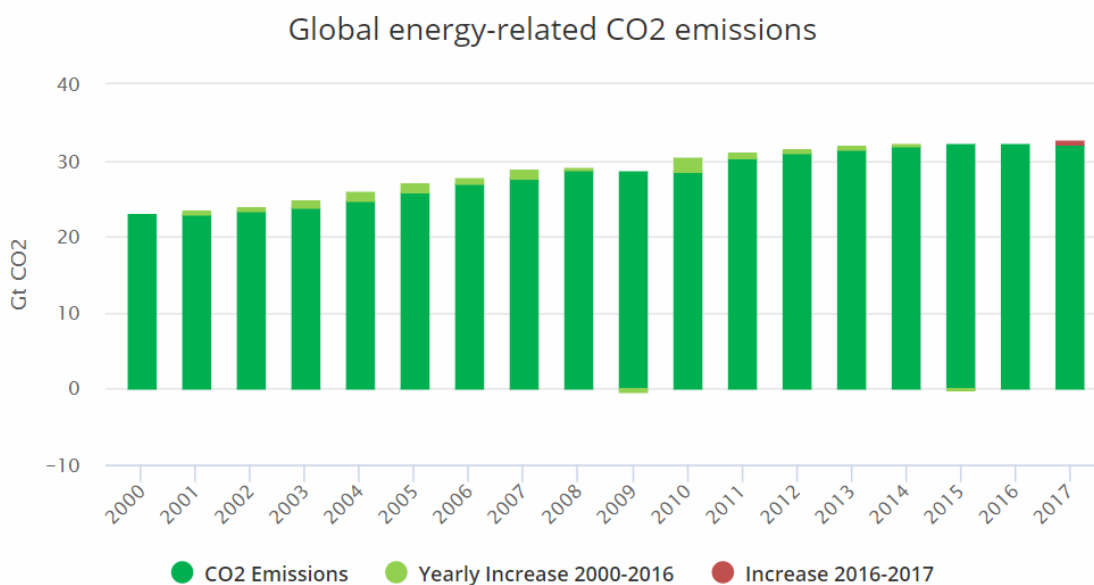
2.6 Energimål

Finlands mål är att år 2050 vara ett kolneutralt samhälle, där andelen förnybar energi ska uppgå till 60 % av totalproduktionen. Den totala energiförsörjningen ska också minska (Motiva.fi). Man har även på EU- nivå satt upp klimatmål och strategier för varje medlemsstat (Motiva.fi). Målsättningarna för dessa bestämmelser grundar sig i att minska växthusgaser, förbättra energieffektiviteten samt öka andelen förnybar energi (Energia.fi).

För Finlands regering har energi- och klimatstrategin inneburit att andelen förnybar energi fram till 2020 ska uppgå till 38 % av den totala slutförbrukningen (Motiva.fi). Detta mål har redan nåtts, år 2015 var andelen förnybar energi i Finland 45 % av den totala energiproduktionen och 79 % av energiproduktionen var utsläppsfri (Energia.fi). Andelen förnybar energi av den totala försörjningen fortsätter att växa, år 2018 låg andelen förnybar energi på 47 % (Motiva.fi). En bidragande faktor till en lyckad ökning av förnybar energi

har varit den diversifierade produktionspaletten förekommande både inom el- och värmeproduktion. Efter att fossila energikällor har övergivits bör diversifieringen fortfarande förekomma inom energisektorn (Energia.fi).

Energisektorn står totalt för två tredjedelar av växthusgasutsläppen. De globala energirelaterade koldioxidutsläppen ökade med år 2017 med 1,4 % och uppnådde en historisk hög mängd på 32,5 gigaton (Gt), vilket även kan ses i figur 6. Detta var ett återupptagande av tillväxten efter tre års minskning av globala utsläpp.



Figur 6, globala energirelaterade CO2 utsläpp från år 2000 – 2017 (IEA).

Medan de flesta större ekonomier såg en ökning upplevde vissa andra minskningar, bland annat USA, Storbritannien, Mexiko och Japan. Den största nedgången kom från USA, främst på grund av ökad användning av förnybara energikällor (IEA.eu).

3 Solenergi och bostadshus

Utvecklingen inom solenergiindustrin startade under 1970-talet och hade en stark utveckling i Finland under 1980- och i början av 2000-talet. Man har även kunnat se en stabilare tillväxt inom solenergiindustrin under det senaste decenniet (Loivo, 2016, s. 9).

Vid slutet av 2017 var den totala PV-kapaciteten 80,4 MW i Finland, vilket var en ökning med 43 MW från föregående år. Av den totala kapaciteten är det beräknat att 69,8 MW är anslutet till elnätet, medan 10,6 MW inte är anslutet eller så kallat ”off-grid”. Man beräknar

att cirka 30 % av kapaciteten härstammar från bostäder, 35 % från kommersiella och 35 % från industrianläggningar. Totala antalet PV-kraftverk i Finland uppskattas vara 7 000 stycken (Ahola, 2017, s. 4).

PV-marknaden i Finland har länge koncentrerats på små installationer som inte är nätanslutna. En stor del sommarstugorna i Finland använder sig av PV-system för att tillhandahålla energi för belysning, hushållsmaskiner och hemelektronik (Ahola, 2017 s. 4). Sedan 2010 har dock antalet nätanslutna PV-system ökat och för tillfället är nätanslutna PV-system populärare än off-grid system. De nätanslutna systemen består huvudsakligen av takmonterade system för offentliga och kommersiella byggnader, jordbruksplatser och bostadshus. Den största PV-anläggningen är ett 3,6 MW markmonterat system, byggt på ett industriområde i Nurmo. Majoriteten av PV-systemen är byggda för självförsörjning av el, eftersom PV-system inte för tillfället har ekonomisk potential för elproduktion (Ahola, 2017, s. 4).

Det är beräknat att produktionen i ett PV- system är ekvivalent med 600 g/kWh CO₂ utsläpp från ett kolkraftverk. Enligt European Photovoltaic Industry Association (EPIA) är det beräknat att år 2030 kommer den globalt PV -producerade elen motsvara 1.6 miljarder ton CO₂ utsläpp eller 450 stycken kolbaserade kraftverk, med en genomsnittlig energigenerering på 750 MW (Labouret & Viloz, 2010, s. 17).

3.1 Solenergi genomgående

Solen är ett stort gasklot bestående uppskattningsvis av 75 % väte och 23 % helium, resterande 2 % består av natrium, järn, kalcium, magnesium, nickel, barium, koppar och kol. Strålningen som produceras av solen är baserad på den ständiga fusionsreaktionen, där två väteatomskärnor, två protoner och två neutroner sammanfaller med kärnan till en heliumatom. Bildandet av en enda heliumatom producerar 180 miljoner kWh energi, vilket motsvarar förbränningen av cirka 27 000 ton kol i ett kolkraftverk (Erat et. al. 2001, s. 10).

Solstrålningens effekt är dock inte lika hög när den träffar jordytan som utanför atmosfären eftersom den reflekteras och absorberas i atmosfären. Trots detta kan en yta på 145 000 km² alternativt 4 % av de mest torra öknarna ta emot den strålningsenergi som krävs för att kunna försörja det totala energibehovet på jorden (Labouret & Viloz, 2010, s. 17).

Strålningsenergin som träffar jordytan kan delas in i direkt och diffus strålning. Direkt strålning består av de strålar som träffar jordytan rakt genom atmosfären. Till diffus strålning

hör strålning som speglas av molekyler och moln i atmosfären samt strålningen som speglas från jordytan. I Finland står den diffusa strålningen för ungefär hälften av strålningen (Erat et al, 2001, s. 12).

Den totala effekten som jordytan mottar kan beräknas enligt formel 1 (Erat et. al. 2001, s. 12)

$$I = I_A + I_D + I_V - I_U \quad [1]$$

Där,

I är den totala strålningen som träffas jordytan

I_A är den direkta solstrålningen

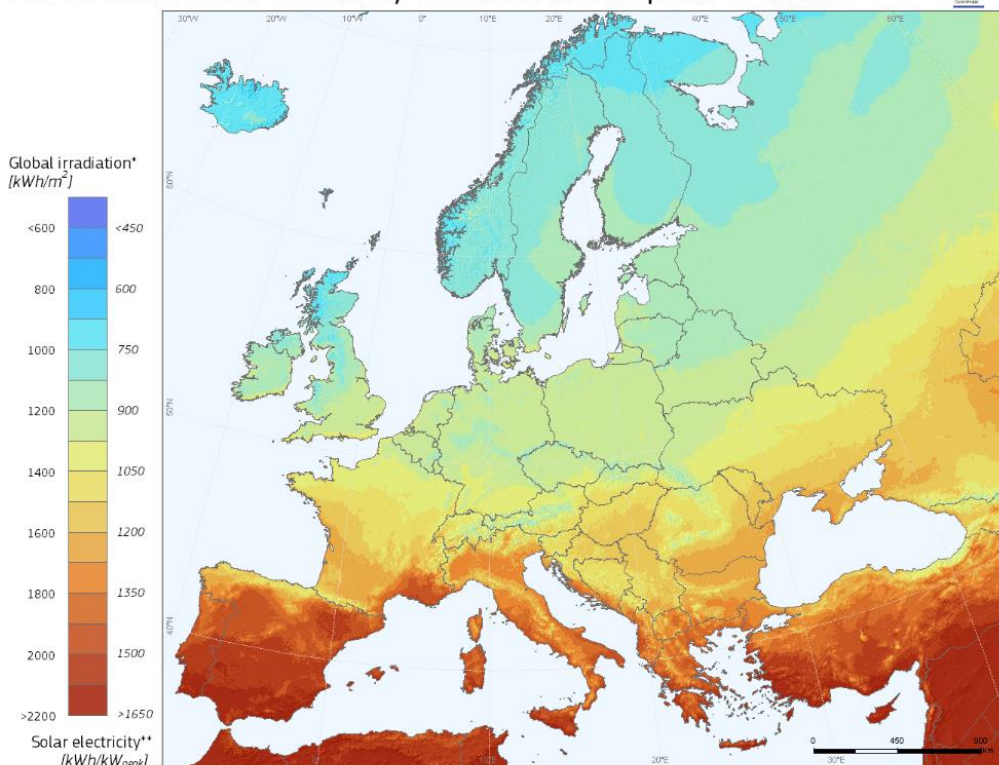
I_D är den diffusa strålningen

I_V är den reflekterande strålningen som stannar inom atmosfären (växthuseffekten)

I_U är långvågiga strålningen som strålar tillbaka ut till rymden.

Figur 7 visar strålningsintensiteten per kWh/m² i Europa och solcellspotentialen per kWh/m² i Europa för optiskt vinklade PV-paneler riktade mot söder (Europa.eu).

Photovoltaic Solar Electricity Potential in European Countries



* Yearly sum of global irradiation incident on optimally-inclined south-oriented photovoltaic modules

** Yearly sum of solar electricity generated by optimally-inclined 1kW_p system with a performance ratio of 0.75

© European Union, 2012
PVGIS <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>

Authors: Thomas Huld, Irene Pinedo-Pascua
EC - Joint Research Centre
In collaboration with: CM SAF, www.cmsaf.eu

Legal notice: Neither the European Commission nor any person acting on behalf of the Commission is responsible for the use which might be made of this publication

Figur 7, solcellspotentialen per kWh/m² per år i Europa för optiskt vinklade PV-paneler riktade mot söder (europa.eu).

3.2 Solenergi i Finland

Solstrålningsenergin varierar mellan 900 – 1 100 kWh/m² per år från norra till södra Finland, vilket även kan ses i figur 8. Solstrålningsenergin varierar kraftigt beroende på säsong och påverkas av antalet soltimmar, solens vinkel, mängden moln samt mängden damm förekommande i luften (Erat et al. 2001, s. 13).



Figur 8, den årliga strålningsmängden i Finland sam strålningsmängden för en optimalt vinklad 1 kWp solpanel riktad söderut (europa.eu).

Finland visualiseras ofta som ett land med låg potential för solenergi. Finland har dock samma strålningsmängd som mellaneuropeiska länder. De mörka vintrarna kompenseras av de ljusa somrarna, då det är ljusst nästan dygnet runt. En fördel är även klimatet i Finland, då

svala omgivningstemperatur förbättrar solpanelernas effektivitet (Lut.fi). Antalet soltimmar varierar kraftigt i Finland, vilket även kan ses i tabell 3 (Erat et al., 2001, s. 13 - 16).

Tabell 3, antalet soltimmar per månad i Helsingfors, Vasa, Joensuu och Utsjoki.

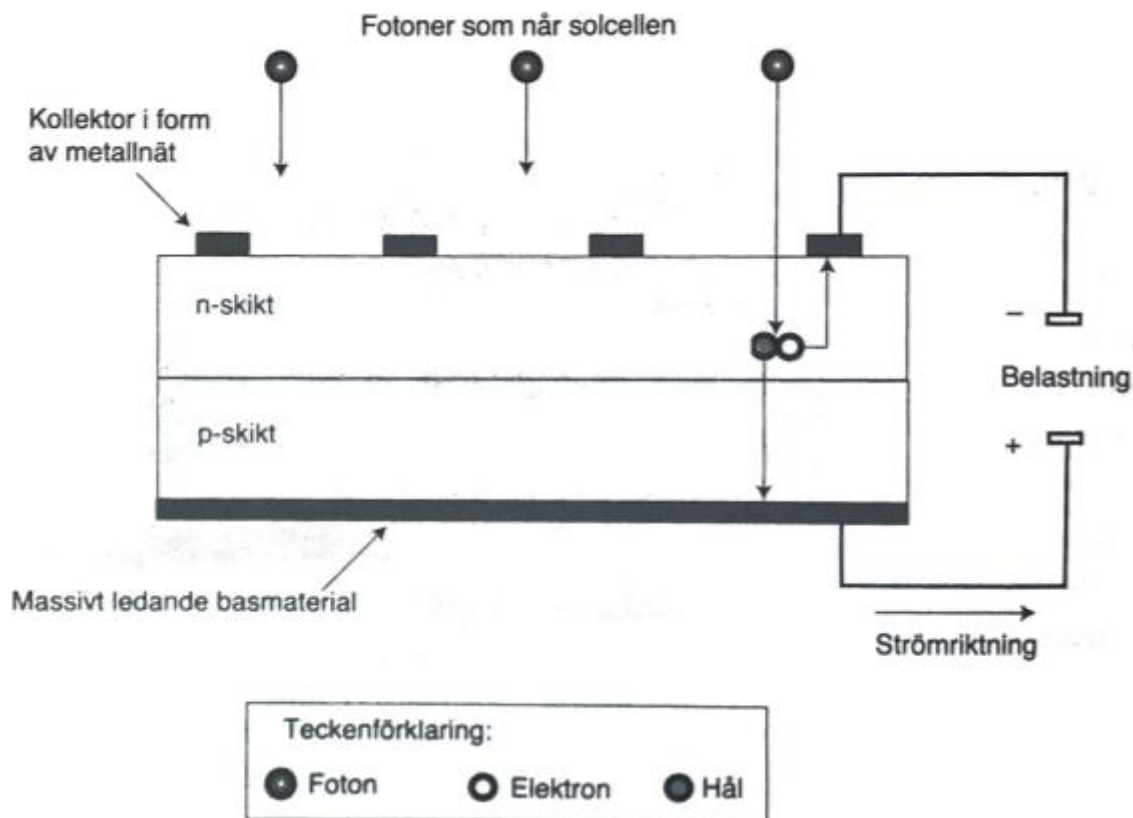
Månad	Helsingfors	Vasa	Joensuu	Utsjoki
Januari	39	29	30	1
Februari	72	72	69	36
Mars	130	131	131	116
April	183	190	174	168
Maj	275	277	259	203
Juni	298	303	264	232
Juli	275	283	265	239
Augusti	222	220	197	142
September	135	131	114	84
Oktober	90	85	62	48
November	37	40	34	7
December	28	21	17	0

(Erat et. al. 2001, s. 16)

3.3 Solceller

Solceller utnyttjar PV- effekten, där ljusenergi från solen (fotoner) omvandlas till elektrisk energi (elektroner) (Knier, 2008). Solceller är tillverkade av kisel och består av två olika skikt; p-skikt dopat med bor, och n-skikt dopat med fosfor. P- skiktet har ett underskott på elektroner (3 valenselektroner) och n-skiktet har ett överskott på elektroner (5 valenselektroner). I och med att p- skiktet har ett underskott kommer skiktet att istället ha ett överskott på elektronhål (Erat et al. 2001, s. 128) (Sundström, 2018). Då solljus träffar cellen kommer elektronvandring ske så att de fria elektronerna går mot n-skiktet och elektronhålarna mot p-skiktet, detta leder till att en spänning uppstår som kan utnyttjas genom att koppla en extern krets till cellen (Boyle, 2012, s. 81). I figur 9 ses en schematisk bild över en solcell samt hur den fotoelektriska effekten verkar i cellen.

För att en foton ska kunna frigöra elektroner måste fotonen ha större energi än bandgapsteorin E_G . Det vill säga, då $E < E_G$ sker ingen fotoelektrisk effekt (Sundström, 2018).



Figur 9, den fotoelektriska effekten i en solcell (Sundström, 2018).

En enskild solcell har normalt en spänning på 0,5 V, topp effekt på 4 W och storlek på 150 * 150 mm. Genom att koppla cellerna i ett större system i serie- eller parallellkoppling, ökar spänningen eller strömmen, seriekoppling ger ökad spänning och parallellkoppling ger ökad ström (Boyle, 2012, s 84).

Kristallina kiselceller är de mest populära solcellerna som finns tillgängliga på marknaden. De förekommer i fyrkantiga, trimmade fyrkanter och runda rån. Materialet kallas för kristallint eftersom atomerna i kiset har en atomstruktur av den tetraedriska typen. En kristallin cell har en spänning på cirka 0.6 V (Labouret & Viloz, 2010, s. 64).

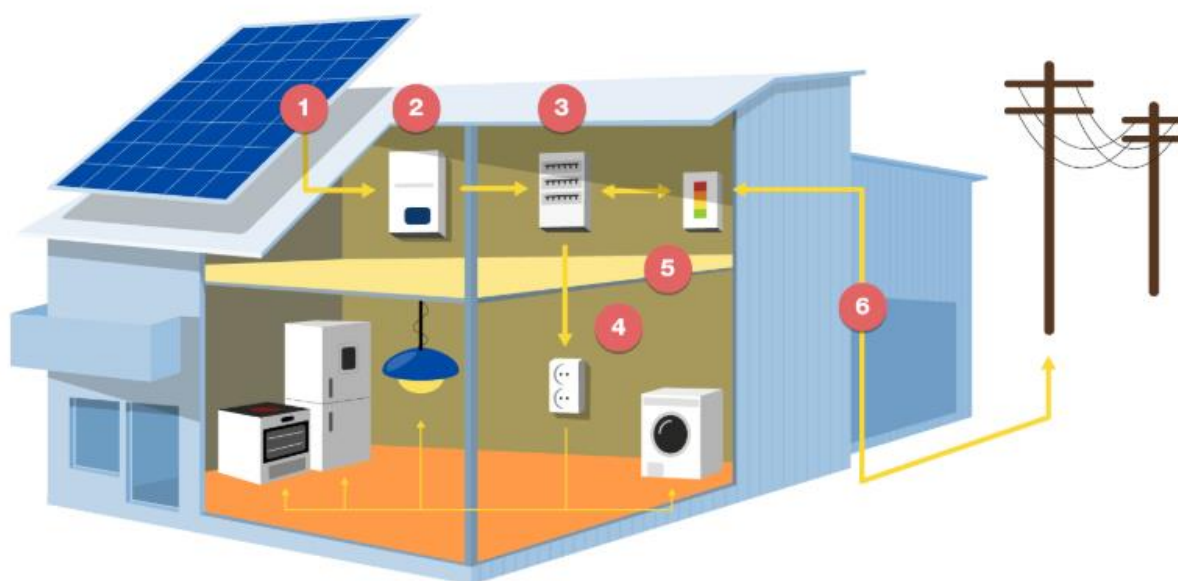
Kristallina paneler har en livslängd på 20 – 25 år, under denna tid kommer effektiviteten hos panelen att sjunka med 10 – 20 % (Labouret & Viloz, 2010, s. 73).

3.4 Solpaneler

Sammanstatta solceller kallas för solpaneler eller PV-moduler. Dessa producerar likström (DC) på 12 eller 24 V, men måste omvandlas till växelström (AC) för att kunna användas av husets olika applikationer eftersom dessa använder sig av växelström som matas in från nätet på 220 - 240 V och 50 Hz. För att kunna omvandla strömmen från likström till växelström behövs en växelriktare (Labouret & Viloz, 2010, s. 3).

De flesta solpanelerna installeras även så att de är anslutna till elnätet, så att överproduktion av elektricitet kan matas ut i nätet och underskott av el kan tas in från nätet då det behövs. Elen som produceras mäts av en elmätare som visar hur mycket el som genereras, dessutom behövs säkringar och säkerhetsbrytare i systemet (Kamp, 2013) (Energimyndigheten.se).

Figur 10 visar ett exempel på ett solcellssystem där nummer 1 är själva solcellsmodulen, 2 är växelriktaren, 3 är el-centralen, 4 är strömmen som används i huset, 5 är elmätaren och 6 är in- och utmatning av el till elnätet (Energimyndigheten.se).



Figur 10, ett solcellssystem (Energimyndigheten).

Till ett solenergisystem kan även ett batteri anslutas som kan lagra producerad överskottsel. Det förekommer flera olika batterityper på marknaden som kan användas för energilagring varav de flesta baserar sig på litiumjoner, som även förekommer som batterier i bärbar elektronik. Blybatterier är också förekommande (Energimyndigheten.se). Med dagens teknologi finns det dock inte tillräckligt kraftfulla batterier som kan lagra energi över en

längre tid. Exempelvis förekommande blybatterier har en lagringskapacitet på några dagar till maximum en vecka (Erat. et. al. 2001, s. 136).

3.4.1 Polykristallina solpaneler

Polykristallina solceller är rektangulärt formade och tillverkade av kisel. Normalt är färgen på cellerna blåaktiga med ett mosaik-liknade utseende, cellerna har en verkningsgrad på 16 - 19 % (Energimyndigheten.se) (Erat et. al. 2001, s. 43). Själva solpanelen har en storlek på cirka 1 x 1,67 meter och kan ses i figur 11.



Figur 11, Polykristallin solpanel (electrotecenergy).

Polykristallina celler är billigare att tillverka än monokristallina celler, men de har en lägre effektivitet på grund av de ljusgenererande laddningsbärarna, med andra ord elektroner och hål. (Labouret & Viloz, 2010, s. 53).

3.4.2 Monokristallina solpaneler

Monokristallina solpaneler är tillverkade av kisel och har en kontinuerlig gitterstruktur (Boyle, 2012, s. 84). Dessa celler är dyra att tillverka eftersom tillverkningsprocessen är långsam, kräver kunniga operatörer och är arbets- och energiintensiv (Boyle, 2012, s. 86). Figur 12 visar en monokristallin solpanel.



Figur 12, Monokristallin solpanel (electroenergy).

Dessa solceller har runda kanter och är svarta till färgen. Verkningsgraden ligger mellan 15 – 25 % (Labouret & Viloz, 2010, s. 56). Precis som polykristallina solpaneler har även paneler med monokristallina solceller en storlek på cirka 1 x 1,67 meter.

3.4.3 Tunnfilmssolpaneler

Tunnfilmssolceller är inte lika vanligt förekommande som kristallina solceller och utgör endast cirka 15 % av den globala solcellsmarknaden (Labouret & Viloz, 2010, s. 81). Tunnfilmssolceller tillverkas i skikt på 1 μ m av styva eller flexibla substrat (Labouret & Viloz, 2010, s. 81) och förekommer i flera olika typer, solcellstypen är benämnd utifrån vilka ämnen som ingår i dem. De vanligaste tunnfilmssolcellerna är CdTe (kadmium, tellurid) eller CIGS (koppars, indium, gallium, selen). Eftersom kadmium är ett miljöfarligt ämne är CdTe solceller inte lika vanliga som CIGS solceller (Energimyndigheten.se).

Tunnfilmssolceller har en verkningsgrad på 10 – 16 %, vilket är något lägre än för kristallina solceller. På grund av deras tunnhet är de dock flexibla och böjbara, vilket innebär att de kan placeras på platser där inte kristallina solceller skulle passa (Energimyndigheten.se).

3.5 Verkningsgrad

En solcell kan aldrig nå en hundra procentig effektivitet, eller så kallad ”verkningsgrad”, eftersom fotoner med högre energier än E_G kommer att producera överskottsenergi i form av värme. Om fotonerna har en lägre energi än E_G , kommer inte elektronerna i cellen att exciteras och spänning kommer inte att uppstå i cellen. En del av fotonerna kommer även att reflekteras från cellerna, vilket betyder att energin inte upptas (Boyle, 2012, s. 88). Kommersiella solceller har inte heller en lika hög verkningsgrad som laboratoriefremställda solceller eftersom massproduktion minskar effektiviteten och kvaliteten på solcellerna. Det finns även små resistiva förluster i ledningarna mellan cellerna och dioderna som används för att hindra cellerna från kortslutning (Boyle, 2012, s. 88).

I teorin kan en solcell uppnå en maximal verkningsgrad på 30 % men kommersiellt tillgängliga solceller har för tillfället endast en verkningsgrad på runt 20 %. Man har dock kunnat utforma så kallade flerkorsningsceller eller ”multi junction”-celler, där multipla PV-skikt uppradade ovanpå varandra extraherar energi från en viss del av det inkommande ljusets spektrum. Dessa flerkorsningsceller har en teoretisk verkningsgrad på 66 %, men sådana verkningsgrader har inte i dagens läge uppnåtts (Boyle, 2012, s. 88, 91).

För att verkningsgraden ska vara så hög som möjligt vid installation av PV-moduler bör flera faktorer beaktas. Skuggning från närliggande byggnader eller träd kan minska verkningsgraden hos en solcell med 35 – 50 %, därför bör dessa beaktas så att de inte förhindrar effektiviteten hos cellerna. Även smuts, föroreningar och snö som lägger sig över glaset på solpanelerna påverkar effektiviteten och elproduktionen (Kamp, 2013) (Tahkokorpi et al. 2016, s. 181). Man bör även tänka på att panelerna ska motta en jämn solstrålning (Erat et al. 2001, s. 15).

Vanligen riktas solpanelerna i en sydlig riktning med en lutning på 45° för optimal elproduktion, men finns det exempelvis byggnader eller andra objekt som förhindrar solstrålarna att träffa panelerna kan de även riktas i sydvästlig eller sydostlig riktning. Detta påverkar inte energiproduktionen nämnvärt, vad som dock påverkas är under vilken tid på dygnet energin produceras (Tahkokorpi et al. 2016, s. 18).

3.6 Installation

Det finns flera kriterier att ha i åtanke vid installation av PV-moduler. Systemet som blir köpt bör åtminstone fungera i mera än 20 år, därför är det viktigt att välja moduler av bra kvalitet. Underhållskostnader kan bli dyra och komplicerade om systemet går sönder, därför bör man välja noggrant både system samt installatör (Labouret & Viloz, 2010, s. 115).

Vid installering av PV-moduler bör lastförbrukningen, batteriets kapacitet (om ett sådant är anslutet till systemet), lutningsvinkeln, mängden solstrålning och solpanelernas storlek beaktas. Man bör även planera så att distanserna mellan batterier, styrenheter och panelernas förbrukningsanordning är så korta som möjligt (Erat et al. 2001, s. 152).

För att optimera vinkeln för solpanelerna bör två olika vinklar beaktas; azimutvinkeln och lutningsvinkeln. Med azimutvinkel menas mot vilket väderstreck solpanelerna är riktade, i detta fall är -90° rakt österut, 0° rakt söderut och $+90^\circ$ rakt västerut (Erat et. al. 2001, s. 13 - 14). Med lutningsvinkeln menas vinkeln mellan ett horisontellt plan och solpanelerna, om solpanelerna installeras på ett befintligt tak är lutningsvinkeln ofta samma som takets vinkel. Att ha en lutningsvinkel under 15° är att undvika, så att inte ansamlingar av damm, smuts och snö på panelytorna förhindrar elproduktionen. På grund av årstiderna borde solpanelerna egentligen vinklas under året för att ha en optimerad elproduktion. Under sommarmånaderna borde solpanelerna ha en lutning på 30° , under vintermånaderna borde panelerna ha en lutning på $75 - 90^\circ$. Man kan dock utgå från att 45° är den optimala lutningsvinkeln för elproduktionen i Finland (Erat et. al. 2001, s. 153).

Har man en anläggning där solpanelerna inte har samma vinkel som taket bör man ta i beaktande att panelerna möjligtvis kan skugglägga varandra någon tidpunkt under dagen, vilket bör undvikas. Med formel 2 kan radavståndet beräknas så att panelerna inte skuggar varandra. (Chivelét-Martinez, 2016, s. 6)

$$d = l \cos \beta + \frac{l \sin \beta}{\tan \gamma_s} \cos \Psi_s \quad [2]$$

där,

d är avståndet för panelraderna angett i meter

l är längden för solpanelerna angett i meter

β är lutningsvinkeln för solpanelerna angett i grader

γ_s är solens höjd över horisonten angett i grader

Ψ_s är azimutvinkeln för solen angett i grader

Man kan även använda sig takintegrerade lösningar där solceller fungerar som takmaterial medan de samtidigt producerar elektricitet. Det finns flera olika typer av dessa på marknaden och bland annat Tesla erbjuder solceller som takintegrerade lösningar. Utvecklingen inom detta område går hela tiden framåt, många uppskattar dessa lösningar på grund av estetiken. Dessa lösningar är dock för tillfället dyrare än normala solpaneler (Energimyndigheten.se)

3.7 PV-moduler och kostnader för egnahemshus

Det finns flera olika företag som planerar, säljer och installerar PV-moduler för egnahemshus. Solpanelstyperna varierar när det kommer till verkningsgrad, pris och utseende. Vid val av solpaneler är det viktigt att tänka på byggnadens förutsättningar samt egna användningsmål. Om många solpaneler kommer att installeras kan dessa ha en lägre verkningsgrad, eftersom den totala elproduktionen slutligen blir relativt hög (Energimyndigheten.se).

För att kunna välja storlek på PV-moduler har företag så kallade ”paket” från små storlekar till större storlekar, mindre paket har lägre mängd solpaneler och lägre kostnader, medan större paket har fler solpaneler och högre kostnader.

I tabell 4 kan Fortums paketlösningar ses. Fortum erbjuder paket mellan S – XL och priset varierar mellan 10 000 – 30 000 €.

Tabell 4, PV-paket från Fortum

Paketstorlek	Antal solpaneler	Solcellstyp	Panelernas totala yta	Årlig elproduktion	Kostnad	Extra information
S-paket	8-12	Hanwha Q CELLS Q. Peak-G4.1 300 (Monokristallin)	12 - 18 m ²	2450 kWh	ca 9900 €	Lämpar sig för sommarstugor och mindre egna hemshus som inte har el som uppvärmningsform
M-paket	14 - 22	Hanwha Q CELLS Q. Peak-G4.1 300 (Monokristallin)	21 - 33 m ²	4450 kWh	ca 15 480 €	Medelstora byggnader med annan huvudsaklig uppvärmningskälla än elektricitet. Årsförbrukning under 20 000 kWh
L-paket	20 - 30	Hanwha Q CELLS Q. Peak-G4.1 300 (Monokristallin)	30 - 44 m ²	6150 kWh	ca 22 272 €	Egna hemshus med en årlig förbrukning på cirka 20 000 kWh
XL-paket	26 - 38	Hanwha Q CELLS Q. Peak-G4.1 300 (Monokristallin)	38 - 56 m ²	7750 kWh	ca 27 264 €	Lämpar sig för stora egna hemshus eller lantgårdar

(Fortum.fi)

Tabell 5 visar paketlösningar från Vattenfall. Precis som Fortum erbjuder Vattenfall paketlösningar från storlek S till XL. Vattenfall har dock en mindre dimensionering på sina paket, vilket betyder att solpanelerna, kostnaderna och elproduktionen för Vattenfalls produkter är lägre än Fortums respektive paketlösningar.

Tabell 5, PV-paket från Vattenfall

Paketstorlek	Antal solpaneler	Panelernas totala yta	Årlig elproduktion	Pris	Extra information
S-paket	8*260 Wp	14 m ²	1 890 kWh	ca 4 950 €	Lämpar sig för hus som förbrukar 6000 - 8000 kWh/år och har en storlek på 80 - 150 m ²
M-paket	10*260 WP	20 m ²	2790 kWh	ca 6 250 €	Lämpar sig för hus som förbrukar 10 000 – 19 000 kWh/år
L-paket	20*260 Wp	34 m ²	4860 kWh	ca 9 299 €	Lämpar sig eluppvärmda hus med en förbrukning på 16 000 - 32 000 kWh/år. Husets storlek är 200 - 350 m ²
XL-paket	28*260 Wp	48 m ²	6750 kWh	ca 12 490 €	Lämpar sig för eluppvärmda hus med en förbrukning på 24 000 - 44 000 kWh/år. Husets storlek är 350 - 700 m ²

(Vattenfall.fi)

Naps Solar erbjuder två olika PV-moduler kallade ”Naps Premium” och ”Naps Value”. Skillnaden mellan dessa två är att solpaneler tillhörande ”Premium” är finskt tillverkade medan ”Value”- solpaneler är tillverkade i Asien. ”Value”- solpaneler har även en något

lägre verkningsgrad. Priset för dessa paket finns inte listade på hemsidan (Napsolar.com). I tabell 6 visas paketlösningar för Naps Solar Premium.

Tabell 6, PV-paket från Naps Solar

Pakettyp	Antal paneler	Årlig elproduktion
S paket PREMIUM	10*305 W	3,05 kWp
M-paket PREMIUM	16*305 W	4,88 kWp
L-paket PREMIUM	20*305 W	6,10 kWp
XL-paket PREMIUM	32*305 W	9,76 kWp

(Napsolar.com)

Kostnader för PV-moduler kan delas in i två delar, kostnader för själva produkten samt installationskostnader med tillhörande servicekostnader. Produktkostnaden är ofta proportionell mot själva PV-modulens uteffekt. Till produktionskostnader hör även andra delar till modulen, exempelvis kablar, monteringsstrukturen, växelriktare med mera (Boyle, 2012, s. 104). Priserna för PV-moduler har sjunkit avsevärt under det senaste årtiondet, endast mellan 2008 – 2014 sjönk modulpriset med 42 – 64 % (Finsolar.net).

Skatt behöver inte betalas på den producerade elen som används för byggnadens egna behov, skatt betalas däremot på överskottsdel som säljs till elnätet (Vero.fi). Privatpersoner kan ansöka om bidrag för installation av solpaneler. Installation av solpaneler räknas som ett hushållsavdrag, om arbetet är förvärvat av ett förskottuppbördsregistrerat företag. En privatperson kan då av 50 % av installationskostnaderna vid beskattningen, inklusive moms (Vero.fi).

4 Metodval

I detta kapitel kommer två olika simuleringar göras för att uppskatta hur mycket energi en installerad PV-anläggning skulle kunna producera. Simuleringen kommer att göras för ett egnahemshus beläget i Vörå, Österbotten. Ägarna till huset vill ta reda på, om en investering av solpaneler är nödvändiga samt hur mycket energi de kan producera för huset, och om detta skulle kunna minska på husets elkonsumtion som tas från elnätet. Om en sådan PV-installation skulle genomföras, skulle den vara ansluten till nätet, därför görs endast simuleringar för nätanslutna system, inte ”off-grid”. Först kommer information om huset att presenteras och därefter nödvändig information om PV-modulen. Sedan kommer

simuleringsprogrammen att presenteras följt av själva simuleringen. Slutligen kommer resultaten att genomgå och diskuteras. Som jämförelse har ett ”verkligt” exempel tagits med för att jämföra verklig elproduktion med den teoretiska produktionen.

4.1 Bakgrundsinformation

Huset är ett egnahemshus byggt år 1991 med en total boendeyta på 150 m², samt ett garage på 50 m² med en konstant innetemperatur på 15 °C. Den huvudsakliga uppvärmningsformen är eluppvärmning även om veduppvärmning står för en del av uppvärmningen under vintermånaderna. Huset har en energiförbrukning på 18 000 ± 2000 kWh per år.

Huset är rätt högt placerat på en backe med sluttande tomt och är huvudsakligen riktat mot väst, mednocken riktad mot söder och norr. Det finns några tallar på tomten, men dessa skuggar inte taket nämnvärt. Huset är därmed placerad på ett sådant sätt, att solen lyser på den västliga sidan av taket i princip från morgon till kväll, speciellt under sommarmånaderna. Husets tak är cirka 215 m² stort och har en lutning på 18°. Det är planerat att solpaneler endast kommer att installeras på takets västliga sida.

I tabell 7 visas den månatliga elförbrukningen under 2018. Huset använder sig av natt-el och dag-el men dessa är inte beaktade i tabellen

Tabell 7, energiförbrukning under 2018

Januari	2 146 kWh
Februari	2 314 kWh
Mars	2 226 kWh
April	1 511,51 kWh
Maj	903,25 kWh
Juni	830,65 kWh
Juli	863,96 kWh
Augusti	798,92 kWh
September	873,79 kWh
Oktober	1 249,19 kWh
November	1 492,44 kWh
December	2 057,68 kWh

4.2 Val av produkt

Alla företag erbjuder olika slags solpaneler med olika verkningsgrader, årliga produktionsmängder och priser. Vad vi vet är att lutningsvinkeln för taket är 18° , panelerna kommer att integreras i taket på så vis att de har samma lutning som själva taket. Azimutvinkeln är cirka 40° , vilket kommer att användas i simuleringarna. Vid jämförelse och beaktning av flera olika produkter har det bestämts att följande värden kommer att användas i simuleringarna:

- Panelernas mängd är 20 stycken.
- Panelernas totala yta på taket utgör cirka 34 m^2 .
- Lutningsvinkeln för panelerna är 18° .
- Azimutvinkeln är 40° .
- Priset för PV-anläggningen är 10 000 €.
- Solpanelerna är gjorda av kristallint kisel och har en effekt på 305 W.
- Toppeffekten är 7,0 kWp.
- Husets förbrukning är 24 000 kWh/år.
- Skuggningen är obefintlig.
- Priset på elen är 0,12 €/kWh.
- Priset på sol-el som säljs är 0,06 €/kWh.

4.3 Val av simuleringsprogram

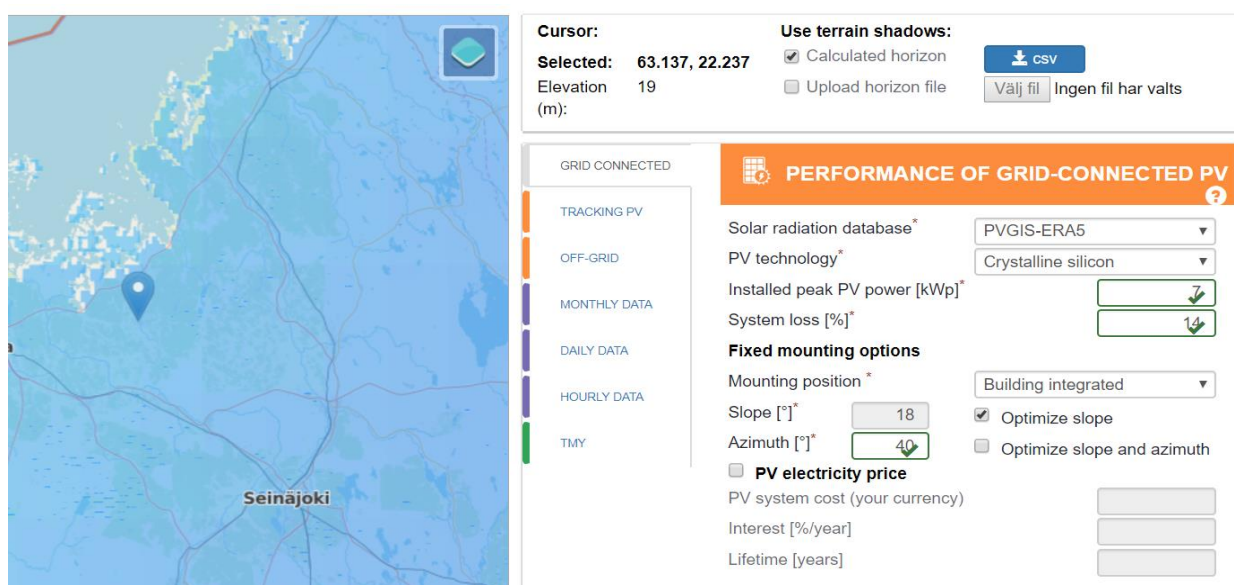
För simuleringen har två olika program valts. Det första programmet heter Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS), som är framtaget av ett forskningsprojekt sponsrat av EU. Tyngdpunkten för forskningen hos PVGIS har varit inom solkraftbedömning, PV-prestationsstudier och spridning av kunskap och data om solstrålning. Projektet har varit aktivt i många år för att uppskatta solstrålning från satellitdata, både genom egna ansträngningar och genom samarbete med organisationer som Deutscher Wetterdienst och National Renewable Energy Laboratory i USA. Programmet är gratis att använda. Vid simulering av programmet fås en uppfattning om energiproduktionen för PV-moduler (PVGIS.eu)

Det andra programmet som har valts heter Solar Arena, vilket är ett simulationsprogram framtaget av det finska företaget SolarCleantec. Företaget grundades år 2010 och är verksamt främst i östra Asien inom sol-utveckling där de finansierar, bygger, äger och

opererar solkraftsprojekt (Solararena.fi). Vid simulering av programmet fås en uppfattning om solpanelernas energiproduktion samt återbetalningstid.

4.4 Simuleringar

Vid simulering med PVGIS anges först koordinaterna för området som ska simuleras. Efter detta anges vilken typ av solpanel man ska använda, solpanelen PVGIS ERA-5 har valts, detta dataset kommer från den nya ERA-5-analysen som har gjorts tillgänglig av European Centre for Medium-Range Weather Forecast (ECMWF). Kristallint kisel används som solpanelstyp. Installeringen är angiven som byggnadsintegrerad, det vill säga installerad på taket. Toppeffekten på solpanelerna är 7 kWp som tidigare bestämt, förluster är angivna som 14 % (programmet rekommenderar detta som en passlig procent, om man själv inte har information om detta), lutningen är 18° och azimutvinkeln är 40°. Man kan även välja att optimera lutningsvinkeln och azimutvinkeln, eftersom vi inte kan påverka husets riktning väljer vi inte det, men det kan vara intressant att veta vad den optimerade lutningsvinkeln för solpanelerna är. Figur 13 visar den ifyllda informationen.



The screenshot displays the PVGIS simulation interface. On the left is a map showing the location of Seinäjoki, Finland. The right side contains a configuration panel for 'PERFORMANCE OF GRID-CONNECTED PV'. The panel includes the following settings:

- Cursor:** Selected: 63.137, 22.237; Elevation (m): 19
- Use terrain shadows:**
 - Calculated horizon
 - Upload horizon file
- Buttons:** CSV, Välj fil, Ingen fil har valts
- Grid Connected Options:** TRACKING PV, OFF-GRID, MONTHLY DATA, DAILY DATA, HOURLY DATA, TMY
- PERFORMANCE OF GRID-CONNECTED PV:**
 - Solar radiation database*: PVGIS-ERA5
 - PV technology*: Crystalline silicon
 - Installed peak PV power [kWp]*: 7
 - System loss [%]*: 14
 - Fixed mounting options:**
 - Mounting position*: Building integrated
 - Slope [°]*: 18
 - Azimuth [°]*: 40
 - Optimize slope
 - Optimize slope and azimuth
 - PV electricity price**
 - PV system cost (your currency):
 - Interest [%/year]:
 - Lifetime [years]:

Figur 13, simulering med PVGIS programmet (PVGIS.eu).

Med Solar Arena ska först ort anges, miljön anges sedan som landsbygd. Sedan väljs en jämförande beräkning för ett hus med elförbrukning samt tidszon UTC +2. Ifylld information kan ses i figur 14.

The screenshot shows the 'Paikkatiedot' (Location) tab of the Solar Arena interface. It contains four input fields with dropdown menus:

- Kaupunki** (City): Vöyri
- Ympäristö** (Environment): Maaseutu
- Tee tarkennettu vertailulaskelma** (Make detailed comparison calculation): Omakotitalo, sähkölämmitys -e:
- Aikavyöhyke** (Time zone): (UTC+02:00) Europe/Helsinki

Figur 14, lägesdata med Solar Arena (SolarArena.fi).

För val av produkt anges solpaneler med effekten 305 W, andelen är 20 stycken, lutningsvinkeln är 18° och azimutvinkeln är 40°. Skuggningen är obefintlig och den årliga elförbrukningen anges som 24 000 kWh. Elens pris är 0,12 €/ kWh och solelens försäljningspris är 0,06 €/kWh.

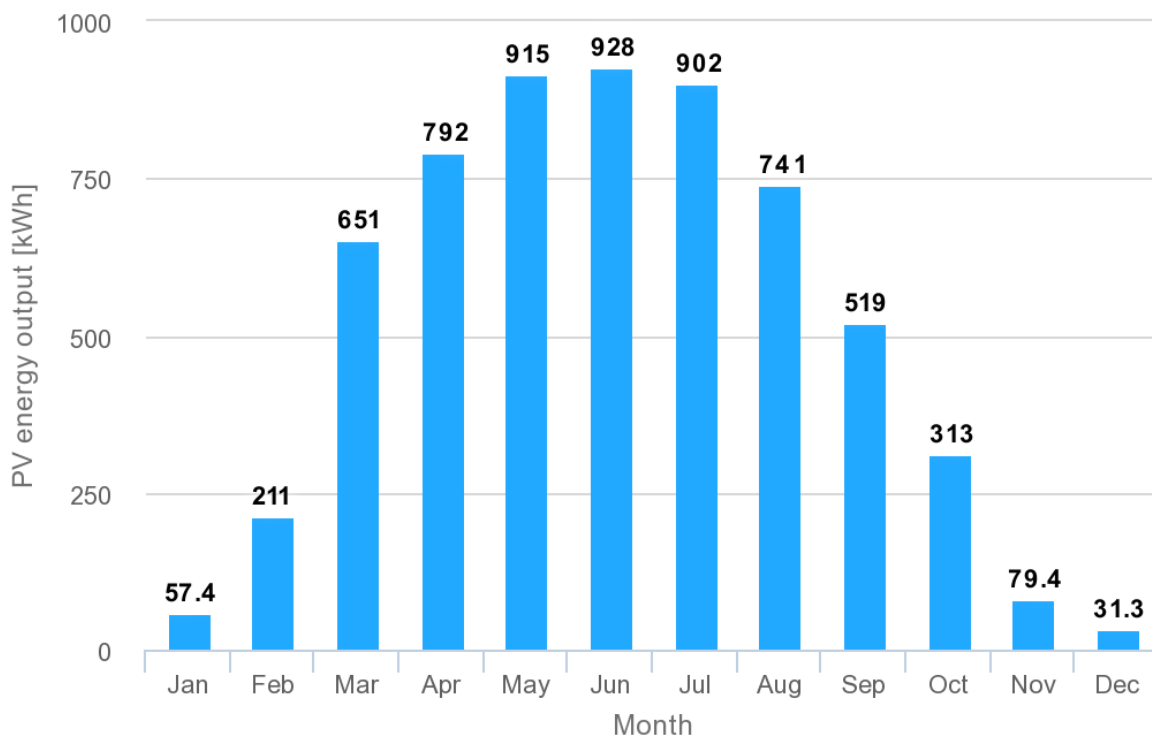
4.5 Resultat

Resultaten från PVGIS-simuleringen ger data enligt figur 15. PVGIS angav i simuleringen att den optimerade vinkeln borde vara 46°. Efter att detta värde sattes in i simuleringen kom det fram att produktionen ändå inte tycktes påverkas nämnvärt. Därför beslöts det att en 18° lutning ändå fungerar och simuleringen för PV-paneler med en 46° lutning förkastades.

Figur 15 visar också att elproduktionen kommer att vara som störst under sommarmånaderna maj, juni och juli, med toppproduktionen under juni månad. Även om solen lyser mycket under juli och augusti har dessa månader inte lika hög produktionsmängd, vilket kan förklaras med att solen har allra längst soltimmar i juni, och omgivningstemperaturen inte är lika hög i början av sommaren. Som det tidigare nämndes i texten, så ger en hög omgivningstemperatur en sämre verkningsgrad hos solcellerna. Produktionsmängden minskar drastiskt under hösten för att inte producera nästan något under vintermånaderna. I mars tilltar dock produktionen på nytt.

Monthly energy output from fix-angle PV system

(C) PVGIS, 2017



Figur 15, den månatliga elproduktionen för PV-modulen för lutningsvinkeln 18° (PVGIS.eu).

Figur 16 visar att den årliga PV-produktionen ligger på 6 140 kWh, den totala årliga solstrålningen ligger på 1 130 kWh/m². Enligt Erat et. al (2001), ligger strålningsmängden i södra delen av Finland runt 1 000 kWh/m², så data från PVGIS verkar stämma rätt så bra överens med tidigare angiven teori.

Simulation outputs:

Slope angle [°]:	46 (opt)
Azimuth angle [°]:	40
Yearly PV energy production [kWh]:	6140
Yearly in-plane irradiation [kWh/m ²]:	1130
Year to year variability [kWh]:	255.00

Figur 16, simuleringsresultat för PVGIS (PVGIS.eu).

Figur 16 visar även att den årliga förändringen för solpanelernas elproduktion kan variera med 255 kWh. Detta verkar också vara ett rimligt resultat, eftersom årstiderna kan variera mycket från år till år i Finland. Naturligtvis är det dock svårt att veta i praktiken hur mycket detta egentligen påverkar solpanelernas elproduktion.

Årsförbrukningen för simuleringen gjord i Solar Arena ses i figur 17. I jämförelse med PVGIS har båda simuleringarna rätt så lika resultat, men PVGIS har en högre årsproduktion på 923 kWh per år. Även Solar Arenas simulering visar statistiken att elproduktionen kommer att vara som störst under juni månad.

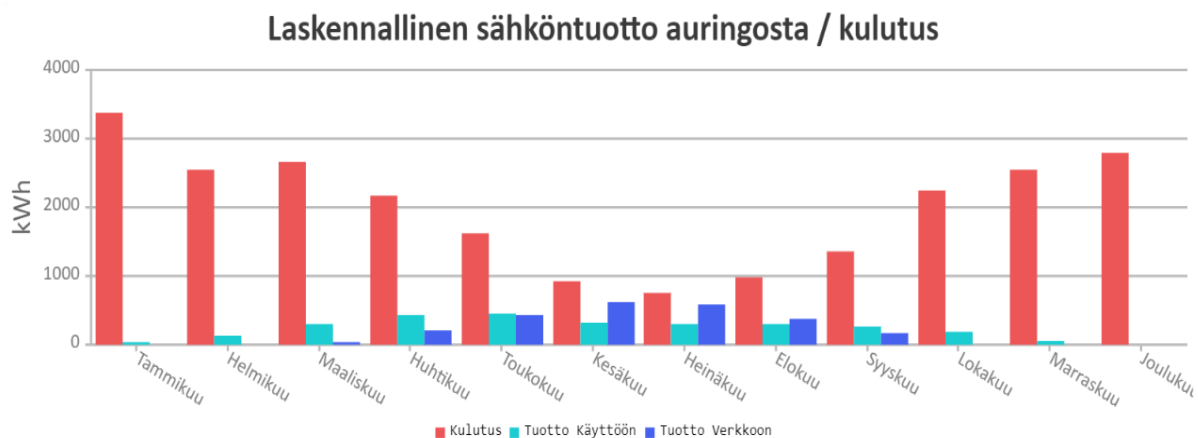
Skillnaden mellan elproduktionen under december och januari är dock ganska hög, under december månad är produktionen 2 kWh medan den i januari ligger på 40 kWh. December är vanligtvis en mycket mörk månad och även om det är något ljusare i januari borde installerade solpaneler vid det laget vara delvis snötäckta, vilket betyder att produktionen borde vara låg. Båda simuleringsprogrammen använder sig av väderdata och positionsdata för att ge en exaktare simulering, det har dock inte framkommit om snömängder har beaktats.

Tuotettu Energia (kWh)

Tam	Hel	Maa	Huh	Tou	Kes	Hei	Elo	Syy	Lok	Mar	Jou	Vuodessa Yhteensä
40	142	367	640	900	930	865	672	415	185	58	2	5217

Figur 17, elproduktion i kWh med Solar Arena (SolarArena.fi).

För att kunna uppskatta återbetalningstiden har Solar Arena tagit fram ett diagram som jämför elkonsumtionen för ett egna hemshus jämfört med den producerade elen som presenterades i figur 17. Elkonsumtionen är dock för ett exempelhus, egna värden har inte angivits här. Den röda stapel i figur 18 anger elkonsumtionen, den ljusblå är den producerade elen och den mörkblå stapeln är överskottsel som säljs till elnätet.



Figur 18, beräknad produktion av överskottsel och förbrukning (SolarArena.fi).

Figur 18 visar att överskottsel skulle kunna säljas till elnätet under mars, april, maj, juni, juli, augusti och september. I dagens läge är det inte lönsamt att sälja överskottsel, så detta borde minimeras så mycket som möjligt. Dessutom kommer produktionen förmodligen inte motsvara behovet så pass mycket, att det finns överskottsel under dessa månader. Elbehovet i figur 18 är också rätt så hög jämfört med det verkliga husets energibehov som presenterades i tabell 7.

Enligt Solar Arena är den årliga inbesparningen 481 € per år. Med försäljning av elöverskott borde återbetalningstiden för anläggningen vara 21 år och 7 månader, vilket även visas i figur 19.

Säästöt €/kk

Tam	Hel	Maa	Huh	Tou	Kes	Hei	Elo	Syy	Lok	Mar	Jou	Vuodessa Yhteensä
5	17	39	64	81	75	70	59	41	23	7	0	481

Mitatun ajan kulutus ja tuotot

Kulutettu energia (kWh)	Tuotettu Energia (kWh)	Verkkoon myynti	Järjestelmän kokonaiskustannukset (€)	Takaisinmaksuaika
24000	5217	2425 kWh / 145 €	10000 €	21 vuotta, 7 kuukautta

Figur 19, besparingar per månad, tidsförbrukning och inkomst (SolarArena.fi).

Om återförsäljning av el inte skulle beaktas, skulle anläggningen spara in 626 € per år enligt beräkning:

$$5217 \text{ kWh/år} * 0,12 \text{ €/kWh} = 626,04 \text{ €/år}$$

Då blir återbetalningstiden enligt:

$$10\ 000 \text{ €} / 626,04 \text{ €/år} = \text{cirka } 16 \text{ år}$$

Man måste dock ta i beaktande, att överskottsel kanske kommer att produceras under sommarmånaderna. Anläggningen är dimensionerad så att detta inte borde vara alldeles för högt. Som det även i teoretiska delen nämndes, så vinner inte privatpersoner på att sälja överskottsel, vinsten kommer från då privatpersonen slipper betala för elkostnader då el tas från nätet.

Om egnahemshusets elförbrukning från år 2018 jämförs med teoretiska elproduktionen från PVGIS fås värden enligt tabell 8. Samma jämförelse är gjord i tabell 9 med Solar Arenas värden. I båda tabellerna framkommer det att endast under sommarmånaderna kommer ett litet överskott av elektricitet att produceras, dessa månader är märkta som gröna rader i tabellerna. Överskottet är dock inte jättestort, vilket betyder att dimensioneringen av PV-anläggningen borde stämma överens med behoven rätt så bra.

Tabell 8, förbrukning och produktion enligt värden tagna från PVGIS

	Förbrukning (kWh)	Produktion (kWh)	Skillnad (kWh)
Januari	2146	58	-2088
Februari	2 314	211	-2103
Mars	2226	651	-1575
April	1511	792	-719
Maj	903	915	12
Juni	830	928	98
Juli	863	902	39
Augusti	798	741	-57
September	873	519	-354
Okotber	1249	313	-936
November	1492	80	-1412
December	2057	32	-2025

För Solar Arena är överskottet av el endast under juni och juli, även maj ligger nästan runt överproduktion. Vad som märks i båda tabellerna, är att då behovet av el är som störst, det vill säga under vintermånaderna, är elproduktionen som lägst.

Tabell 9, förbrukning och produktion enligt värden tagna från Solar Arena

	Förbrukning (kWh)	Produktion (kWh)	Skillnad (kWh)
Januari	2146	40	-2106
Februari	2 314	142	-2172
Mars	2226	367	-1859
April	1511	640	-871
Maj	903	900	-3
Juni	830	930	100
Juli	863	865	2
Augusti	798	672	-126
September	873	415	-458
Okotber	1249	185	-1064
November	1492	58	-1434
December	2057	2	-2055

5 Sammanfattning och diskussion

För att ytterligare bedöma om simuleringarna är sannolika har ett verkligt exempel tagits med för jämförelse. Denna PV-anläggning är också belägen i Österbotten. Panelerna är 16 stycken och har en effekt på 300 Wp, de är installerade på hustaket som har en lutning på 26,6°. Taket är nästan riktat mot söder. I tabell 10 kan värden ses för denna PV-anläggning. Man bör dock ta i beaktande, att panelerna installerades den 13 juni 2018, data för ett helt år finns alltså inte tillgängligt. Därför har en estimering gjorts på de månader utan data vilka är märkta i tabellen som ”saknas”.

Tabell 10, produktionen för en 16 paneling á 300 Wp anläggning

			Månad	Total System kWh per månad
13.6.2018	30.6.2018		Juni	393,28
1.7.2018	31.7.2018		Juli	727,07
1.8.2018	31.8.2018		Augusti	509,4
1.9.2018	30.9.2018		September	251,02
1.10.2018	31.10.2018		Oktober	141,2
1.11.2018	30.11.2018		November	6,44
1.12.2018	31.12.2018		December	0,13
1.1.2019	31.1.2019		Januari	0,18
1.2.2019	28.2.2019		Februari	19,58
1.3.2019	22.3.2019		Mars	42,35
Saknas	23.3.2019	30.4.2019	Mars/April	500
Saknas	1.5.2019	13.6.2019	Maj/Juni	690,0
			Total produktion cirka	3280,65

Estimeringen för tabell 10 visar att anläggningen kommer ha en ungefärlig årsproduktion på 3 300 kWh. Om vi jämför dessa värden med simuleringarna kan vi konstatera att de stämmer relativt bra, årliga produktionen för simuleringarna kan kanske ligga något i överkanten.

Solpanelerna i tabell 10 har en bättre lutning på 26,6°, vilket optimerar solstrålningsmängden under våren och hösten. Den simulerade anläggningen har dock fler solpaneler med högre effekt.

Som det tidigare nämndes så kommer de dimensionerade solpanelerna i simuleringarna möjligtvis att ha en överproduktion av elektricitet under sommarmånaderna. Eftersom man i dagens läge inte kan göra en ekonomisk vinst på försäljning av överskottsel är det bäst att försöka dimensionera panelmängden så att de inte har en kraftig överproduktion. Man kunde i detta fall till och med minska på panelernas mängd till runt 15 stycken, detta skulle också ge en rätt så passlig produktion, men ingen överskottsel skulle förmodligen produceras.

Ett annat problem som framkom under simuleringen är att behovet inte matchar produktionen, det vill säga, att då energin behövs som mest, producerar solpanelerna allra minst elektricitet. Behovet av elektricitet för egna hemshuset är som störst under vintermånaderna december, januari, februari och mars. Under dessa månader producerar solpanelerna bevisligen minst energi. Att balansera behovet och produktionen när det kommer till förnybara energikällor är mycket knepigt eftersom människan inte kan påverka elproduktionen för dessa. Då solen skiner, så gör den det.

För att kunna balansera upp detta borde man framtida batterier som kan lagra elektricitet under mycket långa tider. Här i Finland vore det mycket bra om man kunde lagra den energi som solpanelerna producerar under sommaren, så att överskottselen kunde användas under vintern. Om detta skulle bli en verklighet, skulle solpaneler förmodligen bli ännu mera lönsamma och dessutom mer populära att skaffa.

Ett annat problem med solenergi är att den nödvändigtvis inte behöver producera mycket under de månader, då de statistiskt borde göra det. I Finland har vi varierande somrar som är antingen varma eller kalla, soliga eller mulna. Alla dessa faktorer spelar in på elproduktionen, vilket också spelar in på lönsamheten.

När det kommer till verkningsgraden hos dagens PV-moduler är den rätt så låg, som det tidigare nämdes i texten ligger verkningsgraden runt 20 % hos dagens kommersiella solpaneler, även om de har en teoretisk maximal verkningsgrad på 33 %. Om man kunde framställa solpaneler med en sådan verkningsgrad, skulle de producera märkbart mer energi än vad de gör idag. Flerkorsningsceller med en teoretisk verkningsgrad på 66 % nämdes också tidigare i texten, skulle dessa solceller kunna framtas för kommersiellt bruk skulle produktionen vara tre gånger större än vad den är idag, vilket skulle effektivera solenergin ännu mera.

Även om det finns flera nackdelar och problem med solenergi bör man också se fördelarna. Att använda sig av solenergi är ett väldigt bra sätt att minska på koldioxidutsläpp och andra växthusgaser. Sätter man detta i en större skala, kan mängden koldioxidutsläpp globalt minska märkbart, vilket också nämdes tidigare i texten. Eftersom nybyggen i Finland efter år 2020 kommer att uppföras som nollenergibyggnader, är solenergi ett väldigt bra alternativ. Även genom installation av solenergi bidrar man till de klimatmål som är uppsatta på både nationell och internationell nivå.

Om man dessutom från början av byggnadsskedet skulle välja att installera solpaneler, skulle kostnaderna kanske inte märkas av lika mycket. Man kunde exempelvis välja traditionella

solpaneler som installeras på ett befintligt tak, eller så kunde man välja att skaffa takintegrerade solpaneler, som både fungerar som tak och energiproducent samtidigt. Denna lösning är estetiskt tilltalande och kunde kanske bli ett vanligt alternativ för hus i framtiden.

Efter att simuleringarna har gjorts kan det konstateras att det skulle vara lönsamt att skaffa solpaneler för egnahemshuset, eftersom återbetalningstiden kommer att ligga mellan 15 – 20 år. Solpaneler har en livslängd på cirka 25 år, det betyder alltså att ägarna kommer att gå på vinst under 5 – 10 års tid. Man bör dock ta i beaktande, att dessa simuleringar inte nödvändigtvis behöver stämma helt och hållet överens med verkligheten. Det finns flera faktorer som spelar in på PV-modulens lönsamhet, exempelvis kostnad, verkningsgrad och topp effekt, dessa värden är ungefärliga och behöver inte stämma överens med en verklig produkt. Solpanelerna kommer att täcka elbehovet mycket väl under sommarmånaderna, även på våren och hösten kan ägarna klart förvänta sig en minskning på elräkningen.

Vi kan sammanfatta detta med att det finns många problem med solenergi som man ännu inte har lyckats lösa, men om detta förbättras i framtiden, kommer solpaneler att vara en mycket effektiv energiproducent. Att välja att installera solpaneler är idag är också en bra investering eftersom de minskar på elräkningen, har man dessutom ett hus med eluppvärmning, är det ett bra alternativ. Problemet är idag i Finland att försäljning av överskottsel inte ger ekonomisk vinning.

Dagens melodi rimmar ändå bra med förnybara energikällor, så om det finns möjlighet och intresse att installera solpaneler, borde man överväga detta alternativ. Eftersom vi alla i framtiden kommer att påverkas av klimatförändringen kan man som husägare känna sig nöjd om man väljer att installera solpaneler. Detta val både minskar på elkostnaderna samtidigt som man gör klimatet en tjänst.

6 Litteraturförteckning

- Ahola, J. (2017). *National Survey Report of Photovoltaic Applications in Finland 2017*. Lappeenranta Univeristy of Technology.
- Allmän beskrivning*. Finngrid.fi [online] <https://www.fingrid.fi/sv/grid/allman-beskrivning/> [hämtat 27.2.2019]
- Aurinkoenergia ja aurinkosähkö Suomessa*. Lut.fi [online]: https://www.lut.fi/uutiset/-/asset_publisher/h33vOeufOQWn/content/aurinkoenergia-ja-aurinkosahko-suomessa. [Hämtat 25.1.2019]
- Aurinkopaneelit*. Fortrum.fi [online]: https://www.fortum.fi/kotiasiakkaille/sahkoa-kotiin/aurinkopaneelit?gclid=Cj0KCQjwg73kBRDVARIsAF-kEH-Bgc4CHKwIzbpPsxZ6aMGcR379VWaWHG0TeX4bh4O_zhVWnsaTaVYyaAlNfEA Lw_wcB. [Hämtat 4.3.2019]
- Aurinkopaneelit kotiin*. Vattenfall.fi [online]: <https://www.vattenfall.fi/aurinkopaneeli/aurinkopaneelit-taloon/> [hämtat 4.3.2019]
- Aurinkosähköjärjestelmien hintatasot ja kannattavuus*. finsolar.net [online]: <http://www.finsolar.net/aurinkoenergian-hankintaohjeita/aurinkosahkon-hinnat-ja-kannattavuus/> [hämtat 28.3.2019]
- Auvinen, K., Lovio, R., Jalas, M., Juntunen, J., Liuksiala, L., & Nissilä, H. M. (2016). *FinSolar: Aurinkoenergian markkinat kasvuun Suomessa*.
- Boyle, G. (2012). *Renewable Energy - Power for a sustainable future*.
- Climate change*. iea.org [Online]: <https://www.iea.org/topics/climatechange/> [Hämtat 28.3.2019]
- Direktverkande el*. Hus.se [Online]: <https://www.hus.se/artiklar/direktverkande-el/> [hämtat 19.01.2019]
- Elpriset och vad det baserar sig på*. Vaasan Sähkö.fi [online]: <https://www.vaasansahko.fi/sv/teckna-elavtal/elpriset-och-vad-det-baserar-sig-pa/> [hämtat 25.2.2019]
- Elproduktion*. Energia.fi [online]: https://energia.fi/sv/basfakta_om_energibranschen/energiproduktion/elproduktion [hämtat 26.2.2019]
- Energi som förnyas*. Motiva.fi [online]: https://www.motiva.fi/files/8541/Energi_som_fornyas_2014.pdf [hämtat 3.4.2019]
- Energiatuotanto*. (den 19 01 2019).Energiateollisuus.fi: https://energia.fi/perustietoa_energia-alasta/energiantuotanto

- Energiförbrukning inom beoende*. Stat.fi [online]:
https://www.stat.fi/til/asen/2017/asen_2017_2018-11-22_kuv_001_sv.html
[hämtat 01.02.2019]
- Erat, B., Erkkilä, V., Löfgren, T., Nyman, C., Peltola, S., & Suokivi, H. (2001). *Aurinko - opas, aurinkoenergia rakennuksiin*.
- Markanvändnings- och bygglag. Finlex.fi [online]:
<https://www.finlex.fi/sv/laki/ajantasa/1999/19990132#L16P115a> [hämtat 29.01.2019]
- Hushållsavdrag*. Veronhallinto.fi [online]:
<https://www.vero.fi/sv/privatpersoner/skattekort-och-skattedeklaration/inkomster-och-avdrag/hushallsavdrag/> [hämtat 23.3.2019]
- Kamp, S. (2013). *Sveriges potential för elproduktion - Teoretisk, teknisk och ekonomisk analys*. Uppsala Universitet.
- Knier, G. (2008). How do photovoltaics work? [online]
<https://science.nasa.gov/science-news/science-at-nasa/2002/solarcells>
[hämtat 28.01.2019]
- Laadukas suunnittelu*. Energiatehokaskoti.fi:
https://www.energiatehokaskoti.fi/perustietoa/miten_tehdaan_energiatehokas_koti/laadukas_suunnittelu [hämtat 19.01.2019]
- Labouret, A., & Viloz, M. (2010). *Solar Photovoltaic Energy*.
- Martín-Chivelet, N. (2016). *Photovoltaic potential and land-use estimation methodology, Energy, Volume 9*.
- Miljöförvaltningen* (u.d.) Ympäristö.fi [online]: https://www.ymparisto.fi/sv-FI/Byggnadens_energi_och_ekoeffektivitet [hämtat 29.01.2019]
- Naps Aurinkovoimaala*. Napssolar.fi [online]:
<https://napssolar.com/fi/ratkaisut/kotiin> [hämtat 3.4.2018]
- Nollenergihus/ Plusenergihus*. Emrahus.se: <https://www.emrahus.se/plushus-nollhus-nollenergihus-plusenergihus/> [hämtat 29.01.2019]
- Om riktlinjer för främjande av nära-nollenergibyggnader*. eur-lex [online]: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SV/TXT/PDF/?uri=CELEX:32016H1318&from=SV> [hämtat 22.1.2019]
- Photovoltaic Geographical Information System*. re.jrc.ec.europa.eu[online]:
http://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html [hämtat 4.3.2019]
- Photovoltaic Geographical Information System, Country and regional maps*. (u.d.) [Online].<http://re.jrc.ec.europa.eu>:
http://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_download/map_index.html [hämtat 22.2.2019]
- Simons, P. (den 21 03 2019). Solpanelsproduktion (Personlig kommunikation).

Solar Arena Laskuriesimerkki. Solar-arena.com [online]: <https://demo1.solar-arena.com/> [hämtat 2.2.2019]

Solelportalen. Energimyndigheten.se [online]:
<http://www.energimyndigheten.se/fornybart/solelportalen/> [hämtat 25.1.2019]

Sundström, K. (den 15 05 2018). *Energitekniska System - Kraftkällor.* Hämtat från
<https://www.fs.isy.liu.se/Edu/Courses/TSFS11/OH/OH-09-TSFS11.pdf>

Suurin haaste on taakanjakosektorin päästövähennystavoite. Energia.fi [online]:
https://energia.fi/energiateollisuuden_edunvalvonta/energiapolitiikka/energia-ja_ilmastostrategia [hämtat 4.3.2019]

Tahkokorpi, M., Erat, B., Hänninen, P., Nyman, C., Rasinkoski, A., & Viljander, M. (2016). *Aurinkoenergia Suomessa.*

Ylijäämäsähkön myynti. Motiva.fi [online]:
https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/aurinkosahkojarjestelman_kaytto/ylijaamasahkon_myynti [hämtat 28.3.2019]

Bilaga 1, Solar Arena resultat



SOLAR-ARENA.com

Solar Arena Laskuriesimerkki

Aurinkoenergiälaskelma

Aurinkosähköpaneelit (tuotetut kilowattitunnit ja säästöprosentti annetusta kokonaiskulutuksesta)

Laskennassa käytetyt yhteiset tiedot				
Paikkakunta/Koordinaatit, Ympäristö			Vöyri, Maaseutu	
Sähkön hinta (€/kWh)			0.12	
Verkkoon takaisinmyyntihinta (€/kWh)			0.06	
Tuote	Paneelien/Keräimien Määrä (kpl)	Kallistuskulma (0-90°)	Varjostuskerroin (%)	Suuntaus
Aurinkosähköpaneeli 305W	20	18	0	40 (Lounas)

Tuotettu Energia (kWh)

Tam	Hel	Maa	Huh	Tou	Kes	Hei	Elo	Syy	Lok	Mar	Jou	Vuodessa Yhteensä
40	142	367	640	900	930	865	672	415	185	58	2	5217

Säästöt (%)

Tam	Hel	Maa	Huh	Tou	Kes	Hei	Elo	Syy	Lok	Mar	Jou	Vuodessa Yhteensä
1	6	12	24	42	67	76	50	25	9	2	0	17

Säästöt €/kk

Tam	Hel	Maa	Huh	Tou	Kes	Hei	Elo	Syy	Lok	Mar	Jou	Vuodessa Yhteensä
5	17	39	64	81	75	70	59	41	23	7	0	481

Mitatun ajan kulutus ja tuotot

Kulutettu energia (kWh)	Tuotettu Energia (kWh)	Verkkoon myynti	Järjestelmän kokonaiskustannukset (€)	Takaisinmaksuaika
24000	5217	2425 kWh / 145 €	10000 €	21 vuotta, 7 kuukautta

Bilaga 2, PVGIS resultat

Performance of grid-connected PV

PVGIS-5 estimates of solar electricity generation:

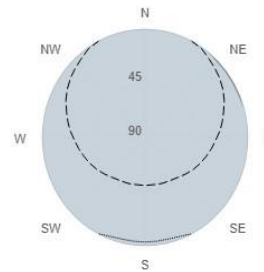
Provided inputs:

Latitude/Longitude: 63.137, 22.237
 Horizon: Calculated
 Database used: PVGIS-ERA5
 PV technology: Crystalline silicon
 PV installed: 7 kWp
 System loss: 14 %

Simulation outputs

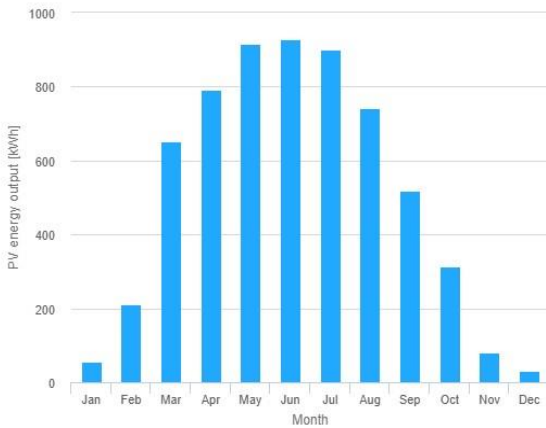
Slope angle: 46 (opt) °
 Azimuth angle: 40 °
 Yearly PV energy production: 6140kWh
 Yearly in-plane irradiation: 1130kWh/m²
 Year to year variability: 255.00%
 Changes in output due to:
 Angle of incidence: -2.9%
 Spectral effects: ? (0) %
 Temperature and low irradiance: -6.6%
 Total loss: -22.1%
 PV electricity cost: 4.280per kWh

Outline of horizon at chosen location:

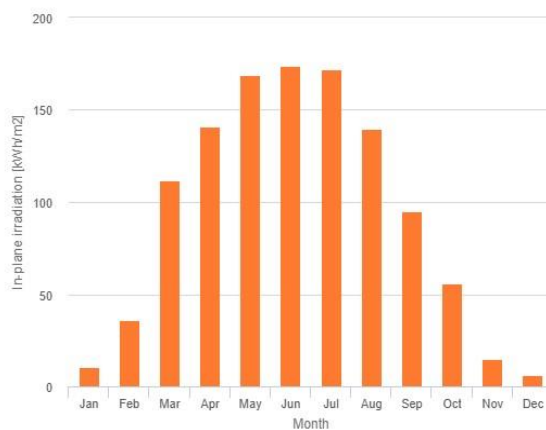


■ Horizon height
 - - - Sun height, June
 ····· Sun height, December

Monthly energy output from fix-angle PV system:



Monthly in-plane irradiation for fixed-angle:



Monthly PV energy and solar irradiation

Month	Em	Hm	SDm
January	57.4	10.7	7.13
February	211	36.1	65.6
March	651	112	93.4
April	792	141	98.8
May	915	169	86.9
June	928	174	49
July	902	172	55.2
August	741	140	86.2
September	519	94.8	70.1
October	313	55.6	71.5
November	79.4	14.9	12.7
December	31.3	6.2	10.8

Em: Average monthly electricity production from the given system [kWh].

Hm: Average monthly sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system [kWh/m²].

SDm: Standard deviation of the monthly electricity production due to year-to-year variation [kWh].

The European Commission maintains this website to enhance public access to information about its initiatives and European Union policies in general. Our goal is to keep this information timely and accurate. If errors are brought to our attention, we will try to correct them.
 However the Commission accepts no responsibility or liability whatsoever with regard to the information on this site.
 This information is: i) of a general nature only and is not intended to address the specific circumstances of any particular individual or entity; ii) not necessarily comprehensive, complete, accurate or up to date; iii) sometimes linked to external sites over which the Commission services have no control and for which the Commission assumes no responsibility; iv) not professional or legal advice (if you need specific advice, you should always consult a suitably qualified professional).
 Some data or information on this site may have been created or structured in files or formats that are not error-free and we cannot guarantee that our service will not be interrupted or otherwise affected by such problems. The Commission accepts no responsibility with regard to such problems incurred as a result of using this site or any linked external sites.

PVGIS ©European Union, 2001-2017.

Reproduction is authorised, provided the source is acknowledged, save where otherwise stated.

R