

AURINKOSÄHKÖ JOKIRANNAN TILALLA



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

HAMK Mustiala, Maaseutuelinkeinot

Syksy, 2020

Kari Virtanen

Maaseutuelinkeinot
Hamk Mustiala

Tekijä Kari Virtanen **Vuosi** 2020

Työn nimi Aurinkosähkö Jokirannan tilalla

Työn ohjaaja Timo Teinilä

TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää kannattaisiko Jokirannan tilalla investoida aurinkosähköjärjestelmään, koska tilalla sähköä kuluu heinän kylväukseen kesäkuukausien aikana huomattavasti. Ja aurinkosähkön tuotantomahdollisuudet kesällä ovat hyvät.

Auringon säteilymääriä tutkittiin Suomessa ja Euroopassa, käytiin läpi Aurinkosähköjärjestelmän osat ja toimintaperiaate. Jokirannan tilan tuotanto ja sähkön kulutus selvitettiin. Arvioitiin minkä kokoluokan järjestelmä mahdollisesti olisi taloudellisesti paras vaihtoehto. Minne järjestelmä kannattaisi asentaa. Päädyttiin selvittämään tarkemmin kolmea erilaista asennusvaihtoehtoa, sekä laskemaan sähkön tuotantomäärää kolmelle eri kokoluokan aurinkosähköjärjestelmälle.

Laskettiin kannattavuuslaskelmat kolmelle parhaaksi vaihtoehdoiksi osoittautuneille järjestelmämalleille. Laskelmien perusteella arvioitiin, aurinkosähköjärjestelmä investointi maksaisi kyllä oletetulla eliniällä itsensä takaisin ja olisi kannattava, mutta tuotto jäisi varsin pieneksi, johtuen investoinnin pitkäikäisyydestä ja suhteellisen suuresta sijoitettavasta alkupääomasta.

Arvioitiin lopuksi, että työ selvittää hyvin aurinkosähköinvestoinnin kannattavuuden Jokirannan tilalle ja toimii erinomaisena tukena investointia suunniteltaessa. Työn tilaajana toimi Jokirannan tila.

Avainsanat Aurinkosähköjärjestelmä, heinäviljely, investointi, tuotanto, kannattavuus

Sivut 41 sivua, joista liitteitä 6 sivua

Degree program in Agricultural and Rural industries
Hamk Mustiala

Author	Kari Virtanen	Year 2020
Subject	Solar power for Jokiranta farm	
Supervisors	Timo Teinilä	

ABSTRACT

The goal of the work was to examine the profitability of investing to the photovoltaic systems on Jokiranta farm. Electricity use on the farm is at the highest during the summer months, because of the hay-drying process and at the same time the conditions for the solar power production are good.

The amount of solar radiation in Finland and Europe was checked. Also, the solar power production systems and their operation were examined. Production capacity and electricity use on the Jokiranta farm were defined. The most cost-efficient photovoltaic systems by their capacity were determined. The best location and installation method were estimated. Three different sized photovoltaic systems with different installation methods were more closely studied and their electricity output was determined.

As a conclusion three best models of the photovoltaic systems were estimated by their profitability. Results were that investing in the photovoltaic system would be cost-effective estimated by its operating life, but the profit would be marginal, because of the relatively large starting investment and long term nature of the investment. The end result was that the work determined the profitability of the photovoltaic system to Jokiranta farm and can be used for making decisions about solar power investment on the Jokiranta farm. The commissioner of the work was Jokiranta farm.

Keywords Photovoltaics system, Hay farming, investment, production, profitability

Pages 41 pages including appendices 6 pages

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
2	YLEISTÄ AURINGONSÄTEILYSTÄ	2
2.1	Auringonsäteily Suomessa	2
2.2	Auringonsäteily Euroopassa	4
3	AURINKOSÄHKÖJÄRJESTELMÄT JA TOIMITTAJAT	5
3.1	Aurinkosähköjärjestelmät	5
3.2	Tavarantoimittajat.....	7
4	TILAN TUOTANTO JA SÄHKÖNKULUTUS.....	7
4.1	Tuotanto.....	7
4.2	Sähkönkulutus	8
5	SOPIVAN JÄRJESTELMÄN VALINTA.....	10
5.1	Yleistä	10
5.2	Asennuspaikka.....	11
5.3	Järjestelmän mitoitus.....	13
5.4	Järjestelmän sähköenergian tuotto	15
5.5	Tuotetun sähköenergian käyttökohteet	26
6	JÄRJESTELMÄN KANNATTAVUUS JA TAKAISIN MAKSUAIKA	26
6.1	Kannattavuuslaskelmiin valitut järjestelmät.....	26
6.2	Kannattavuuslaskelmissa huomioituja asioita	27
6.3	Kannattavuuslaskelmien tulokset	28
6.4	Investointia suunniteltaessa huomioitavaa	29
7	YHTEENVETO	31
	LÄHTEET	35

Liitteet

Liite 1	Aurinkosähkön mahdollinen tuotanto klo. 9-21 välisenä aikana
Liite 2	Kannattavuuslaskelma 10 kWp järjestelmä
Liite 3	Kannattavuuslaskelma 15 kWp Järjestelmä
Liite 4	Kannattavuuslaskelma 20 kWp järjestelmä
Liite 5	Tarjous 1 aurinkosähköjärjestelmä
Liite 6	Tarjous 2 aurinkosähköjärjestelmä

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää aurinkosähkön tuotannon kannattavuutta ja sopivuutta Jokirannan heinäviljelytilalla, jossa sähköä käytetään paljon heinän kuivaukseen. Sähköä kuluu paljon kesällä päivisin, mutta muuna aikana sähkönkulutus on huomattavasti vähäisempää ja tassisempaa. Auringon tuottamaa energiaa on myöskin hyvin saatavilla nimenomaan kesällä ja päivällä. Kesä-syyskuun välille ajoittuu n. 10 viikon ajan kestävä heinäkuivausjakso, jonka aikana käytetään lähes 50 % tilan koko vuoden sähköenergian kulutuksesta. Voisi siis päätellä, että aurinkosähkön tuottaminen tilalla olisi mahdollisesti kannattavaa, tähän pyritään saamaan työssä vastaus.

Työssä selvitetään hieman auringonsäteilyä yleisesti, säteilyn määriä Suomessa ja muualla. Tutustutaan aurinkosähköjärjestelmään kuuluviin komponentteihin. Hieman käydään läpi tilan tuotantoa ja selvitetään laskelmia varten tarvittavat tiedot tilan aikaisemmasta sähkön kulutuksesta. Arvioidaan minkä kokoinen ja minkälainen aurinkosähköjärjestelmä voisi mahdollisesti olla sopiva, kuinka ja mihin se kannattaisi asentaa ja millä aikavälillä se maksaisi itsensä takaisin. Arvioidaan myös eri kokoisten järjestelmien kannattavuuseroja toisiinsa.

Aurinkosähkön tuotantoa tarkasteltaessa on hyvä muistaa, että auringonsäteilyn määrä eri ajankohtina vaihtelee huomattavasti, vuosittaisesta vaihtelusta tuntitason vaihteluun, toisin sanottuna ei voida tietää tulevaisuudesta, kuinka suurta aurinkosähkön tuotanto kullakin hetkellä on. Kuitenkin tätä voidaan ennustaa. Ennustusmallit perustuvat menneiden vuosien ja vuosikymmenten mitattuun auringonsäteilyn määrään. Malleilla päästään sellaiseen tarkkuuteen, jonka avulla voidaan tehdä laskelmia, jotka sitten toimivat investointien tukena. Tässä työssä käytetyt auringonsäteily- ja sähköntuotanto määrät on haettu Euroopan komission ylläpitämällä PVGIS-tietojärjestelmällä.

Opinnäytetyössä ei keskitytä niinkään aurinkosähköjärjestelmän toimintaan, vaan nimenomaan siihen, miten tällainen järjestelmä sopisi kyseiselle tilalle ja sen tuotannon tarpeisiin.

2 YLEISTÄ AURINGONSÄTEILYSTÄ

Aurinkoenergiaa pystytään tuottamaan auringon maanpinnalle tuottamasta säteilystä. Auringon kokonaissäteily muodostuu auringosta suoraan tulevasta säteilystä ja hajasäteilystä. Hajasäteilyä on kaikki muu auringon säteily paitsi se, joka osuu auringosta suoraan kohteeseen. Hajasäteilykin on siis auringon säteilyä, mutta se osuu auringosta tullessaan johonkin muuhun ensin ja heijastuu tämän kautta varsinaiseen kohteeseen. Tällaisia auringon säteilyn välittäjiä voivat olla esim. ilmakehä, pilvet, maanpinta, vedenpinta, Suomessa usein talvella lumi. (Motiva,2020)

Suomessa hajasäteilyn osuus kokonaissäteilyn määrästä on hyvin merkittävä. Etelä-Suomeen vuoden aikana osuvasta kokonaissäteilystä noin puolet on hajasäteilyä. Aurinkoenergian hyödyntämisen kannalta sähköntuotantoon ei ole väliä onko säteily suoraa säteilyä vai hajasäteilyä. (Motiva,2020)

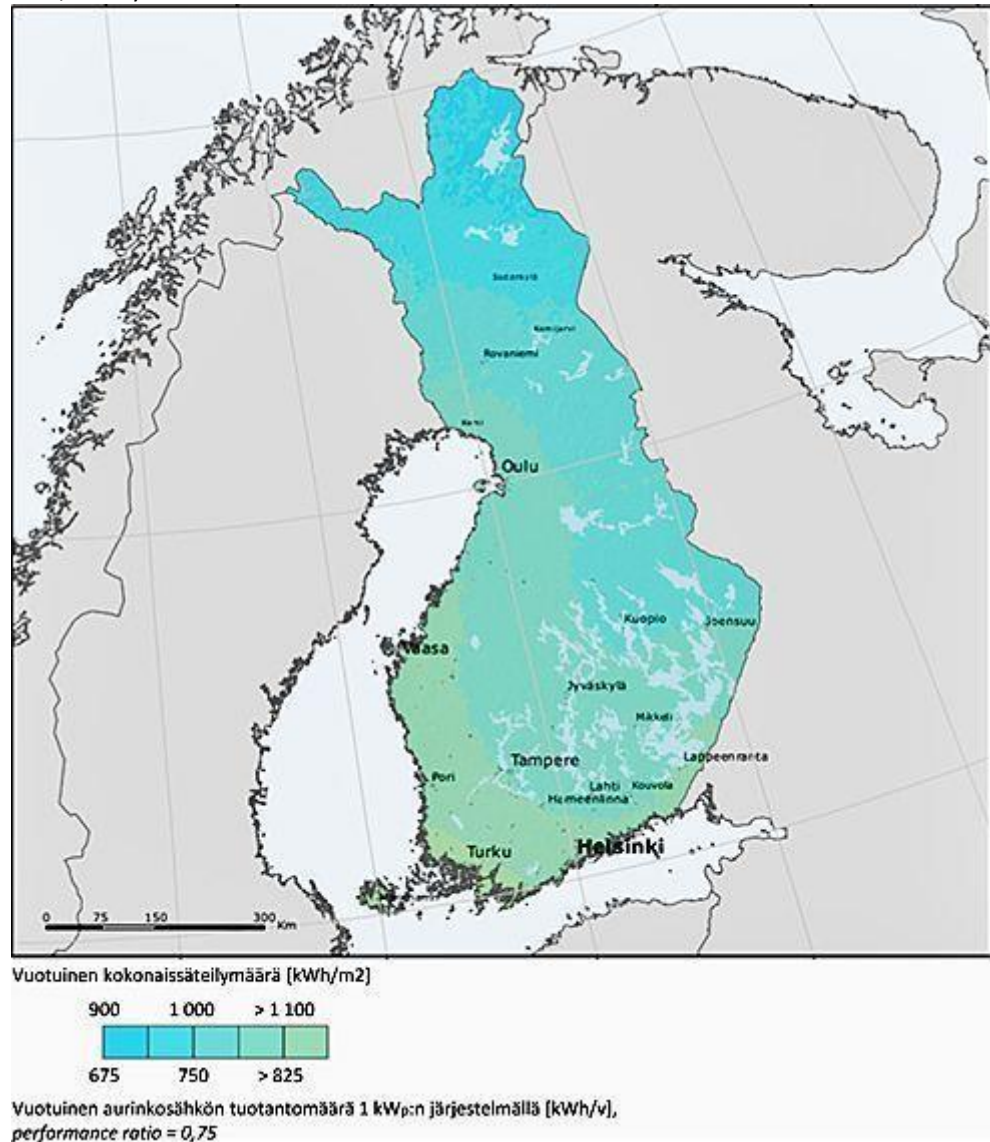
Aurinkopaneelien sijoittelulla ja suuntauksella voidaan vaikuttaa niille tulevan säteilyn määrään. Hajasäteilyn lähteistä tulevalla säteilyllä voidaan lisätä aurinkopaneelille kohdistuvaa säteilyä. Esimerkiksi lumesta, kiiltävistä pinnoista tms. tulevalla säteilyllä voidaan lisätä paneelille kohdistuvaa säteilyn määrää hetkellisesti, jopa yli 20 %, mutta vuositasolla hajasäteilyn osuus kokonaissäteilystä on normaalisti muutaman prosentin luokkaa. (Motiva,2020)

Etelä-Suomen kokonaissäteilyn määrät ovat samaa luokkaa kuin pohjoisessa Saksassa. Suomeen kohdistuvasta säteilystä suurin osa saadaan kesäkuukausien aikana, tämän takia tuotanto vaihtelee Suomessa enemmän vuodenaikojen mukaan. Helsingissä vuotuinen säteily määrä vaakasuoralle pinnalle on Ilmatieteen laitoksen testivuoden mukaan noin 980 kWh/m² ja Sodankylässä noin 790 kWh/m². Suuntaamalla paneelit 45 asteen kulmassa etelään päin voidaan hyödynnettävän säteilyn määrää lisätä vuositasolla 20–30 prosenttia verrattuna vaakasuoraan asennukseen. (Motiva,2020)

2.1 Auringonsäteily Suomessa

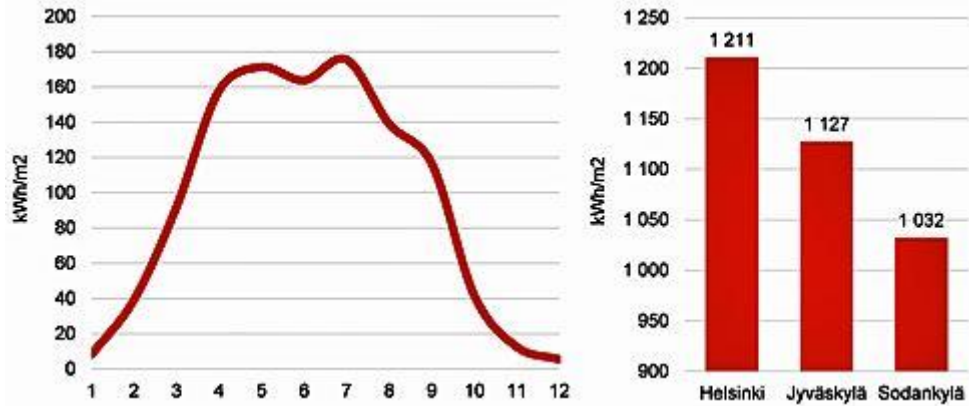
Suomessa auringon vuotuinen kokonaissäteily määrä on suurin eteläisen suomen rannikkoalueella (Kuva 1). Aivan rannikon tuntumassa muodostuu enemmän hajasäteilyä vedenpinnasta, tämä osaltaan nostaa kokonaissäteilyä rannikolla. Pienimmillään säteilyn määrä on pohjoisimmassa Suomessa. Vaikka Suomi on pitkä maa etelä-pohjoissuunnassa, on Suomen sisällä säteilyn määrän erot vain n. 20 % luokkaa etelän korkeimmasta säteily määrästä pohjoisen pienimpään. (Motiva,2020)

Kuva 1. Auringon vuotuinen kokonaissäteily määrä Suomessa. (Motiva,2020)



Suomen sijainti lähellä maapallon pohjoista napa-aluetta, kaukana päivän-tasaajalta, aiheuttaa sen, että auringon säteilyn osuminen vuoden aikana jakautuu hyvin epätasaisesti, ja iso osa auringon vuoden aikana tuottamasta säteilystä tulee kesäkuukausien aikana, kun taas marras-, joului-, ja tammikuussa säteilyä osuu hyvin vähän (kuva 2). Heinänkuivaus ajoittuu myös kesäkuukausiin, joten voisi ajatella, että kuivaukseen pystyisi jollain tavalla hyödyntämään auringon tuottamaa energiaa.

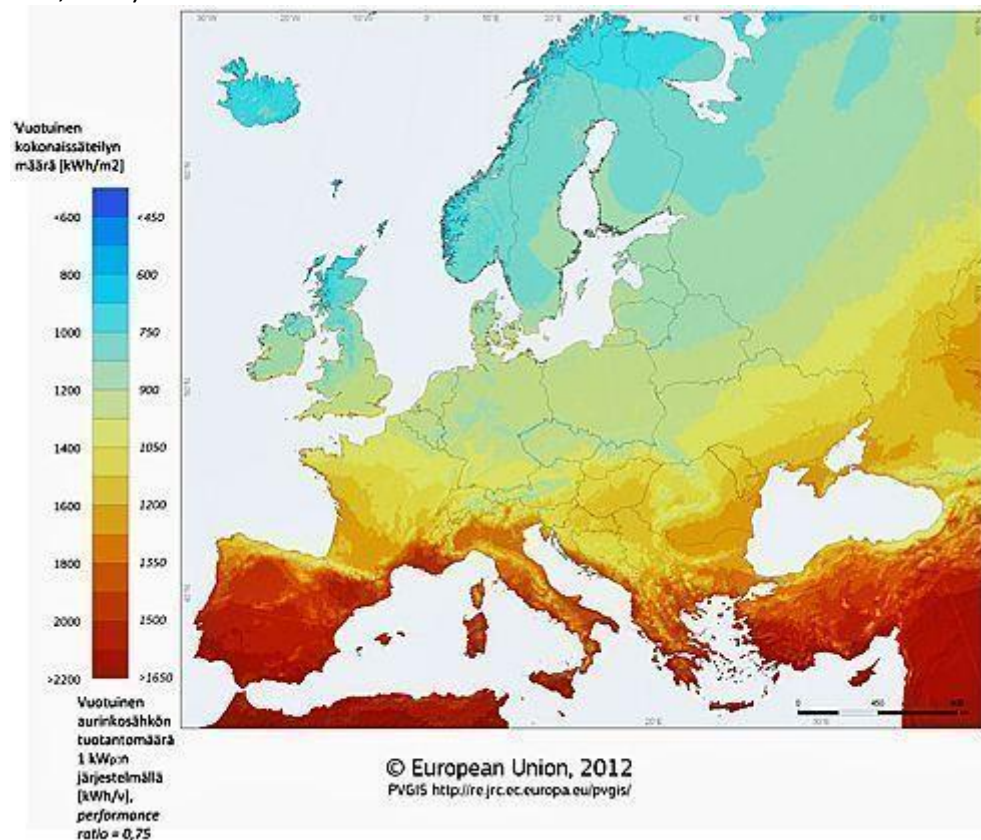
Kuva 2. Auringon säteilyn määrä keskimäärin Suomessa. (Motiva,2020)



2.2 Auringonsäteily Euroopassa

Auringon säteilyä Euroopan laajuisesti tarkasteltaessa huomataan, että Suomessa säteilyn tasot ovat samaa luokkaa kesken Euroopan pohjoisten alueiden ja Brittein saartenkin kanssa. (kuva 3) Eteläisessä Euroopassa säteilyn tasot ovat huomattavasti suuremmat. Etelä-Euroopassa kuitenkin lämpötila vaikuttaa aurinkoenergian tuottoon vähentävästi, koska aurinkopaneeleiden sähkönenergian tuottokyky huononee mitä lämpimämmäksi lämpötila paneelin läheisyydessä nousee, tästä huolimatta on tuotantopotentiali Etelä-Euroopassa suurempi. (Motiva,2020)

Kuva 3. Auringon vuotuinen kokonaissäteily määrä Euroopassa. (Motiva,2020)



Kolme faktaa auringon säteilyenergiapotentiaalista (Vattenfall,2020):

-Tunnin aikana maapallon pinnalle tulee auringon säteilyenergiaa enemmän kuin koko ihmiskunta kuluttaa energiaa vuodessa.

-Auringon säteily on Suomessa vuositasolla lähes yhtä suurta kuin Keski-Euroopassa ja noin puolet Saharan määrästä.

-Mikäli Suomen pinta-alasta 1 % peitettäisiin aurinkokennoilla, riittäisi energiamäärä tyydyttämään koko Suomen ympärivuotisen energiatarpeen.

3 AURINKOSÄHKÖJÄRJESTELMÄT JA TOIMITTAJAT

3.1 Aurinkosähköjärjestelmät

Aurinkosähköjärjestelmään kuuluu aurinkopaneelit ja niiden kiinnitystarvikkeet, sekä vaihtosuuntaaja eli invertteri, turvakytkin ja tarvittavat johdotukset, muut järjestelmän osat löytyvät jo rakennetulta kiinteistöltä yleensä valmiina. Mikäli tarvitaan uusi sähkömittari, ja kun kyseessä on uusi aurinkosähkön tuotantopaikka, joudutaan mittari vaihtamaan sellaiseen mittariin, joka mittaa myös sähköverkkoon syötettävää sähköä. Mittarin vaihto hoituu yleensä paikallisen sähköverkkoyhtiön toimesta. (Motiva,2020)

Aurinkosähköntuotanto perustuu aurinkokennoihin, jotka muuttavat auringon säteilyn energian valosähköisessä ilmiössä sähköenergiaksi. Aurinkopaneelit rakennetaan sarjaan kytketyistä ja joissain tapauksissa rinnan kytketyistä yksittäisistä aurinkokennoista. (Tukes,2020)

Aurinkopaneeleihin perustuvat aurinkosähköjärjestelmät voidaan jakaa kahteen ryhmään, vailla sähköliittymää olevissa kohteissa itsenäisesti saarekekäytössä toimivat ja sähkönjakeluverkkoon liitetyissä kohteissa verkon kanssa rinnan toimivat. Itsenäisiin järjestelmiin liittyy usein akku tai akusto, joka mahdollistaa energian varastoinnin. Itsenäiset järjestelmät toteutetaan yleensä 12V/24V tasasähköjärjestelmänä. Tällaisia järjestelmiä käytetään yleensä kesämökeillä tai kulkuneuvoissa, joissa verkkoon kytkeminen on hankalaa tai sähkönkulutus on vähäistä. (Tukes,2020)

Tässä työssä ei keskitytä sen enempää itsenäisiin järjestelmiin, sellaista on vaikea sovittaa heinän tuotantotilalle, koska sähkön käytön aikaikkuna on suhteellisen lyhyt ja tästä syystä syntyy väkisininkin hieman tilan tarpeen ylittävää tuotantoa, joka on myytävä verkon kautta sähköyhtiölle. Työssä keskitytään siis sähköverkon kanssa rinnan toimivaan aurinkosähköjärjestelmään.

Sähköverkon kanssa rinnan toimivat järjestelmät, kuten asuin-, teollisuus- tai liikekiinteistöjen sekä mautilojen aurinkosähköjärjestelmät liitetään kohteen 230/400 voltin sähköverkkoon. Jakeluverkon kanssa rinnan toimivassa järjestelmässä vaihtosuuntaaja muuttaa paneelien tuottaman tasasähkön vaihtosähköksi. Vaihtosuuntaajan eli invertterin avulla aurinkosähköjärjestelmä kytketään kiinteistön sähköverkkoon sekä edelleen jakeluverkkoon. Järjestelmän liittäminen sähköverkkoon tehdään sulakkeiden kautta sähköpääkeskuksessa tai vastaavassa, johon invertteriltä tuleva kaapeli kytketään. Invertterissä on turvallisuussyistä oltava automatiikka, joka estää aurinkosähköjärjestelmää syöttämästä sähköä verkkoon päin sähkökatkon aikana, esimerkiksi sähköverkon vikatilanteessa. Jakeluverkkoon liitettävälle aurinkosähköjärjestelmälle on haettava lupa alueen sähköverkkoyhtiöltä. Verkkoyhtiöllä on yleensä myös oltava pääsy aurinkosähköjärjestelmän erotuskohtaan, esimerkiksi pää- tai turvakytkimelle. (Tukes,2020)

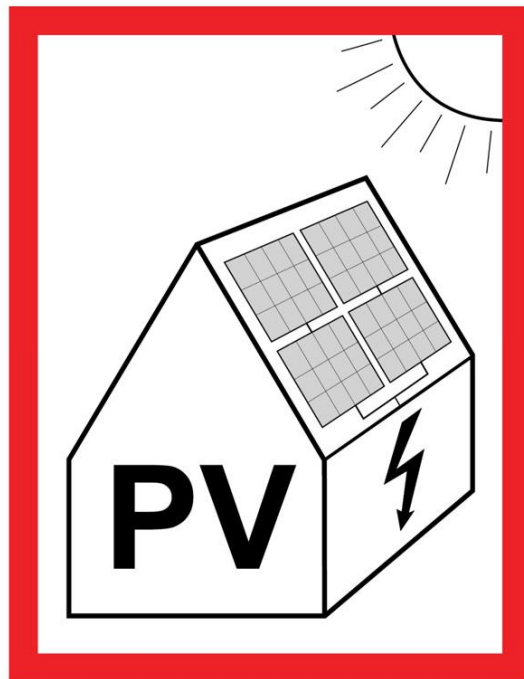
Jakeluverkkoon liitettyssä järjestelmässä kulutushetken sähkö otetaan ensisijaisesti aurinkoenergiasta. Jos kulutus on järjestelmän tuottoa suurempi, otetaan sähköä myös jakeluverkosta. Mahdollinen aurinkopaneelien tuottama ylimääräinen sähkö puolestaan voidaan välittää myytäväksi sähköyhtiölle sähköverkon kautta. (Tukes,2020)

Kuva 4. Sähköverkkoon kytketty aurinkosähköjärjestelmä. (Motiva,2020)



Huolto- ja pelastushenkilöstön turvallisuuden varmistamiseksi kohteet, joissa on aurinkosähköjärjestelmä, on varustettava oheisella merkillä (kuva 5). Merkki on asennettava sähköasennuksen liittymiskohtaan, energianmittauskohtaan ja sähkökeskukseen, jota syötetään aurinkosähköjärjestelmällä. (Tukes,2020)

Kuva 5. Merkki, rakennuksessa sijaitsevasta aurinkosähköjärjestelmästä. (Tukes,2020)



3.2 Tavarantoimittajat

Kiinnostus aurinkosähköntuotantoa kohtaan on tällä hetkellä kovassa kasvussa ja erityisesti uutta pientuotantoa. Uusia toimijoita tulee jatkuvasti lisää. Myyntipuolen toimijoita on paljon ja niissä riittää valinnan varaa. Paikalliset sähköverkkoyhtiöt ovat myöskin perustaneet myyntiyhtiöitä, ja näiden kanssa yhteistyö tuntuisi luontevalta, lisäksi paikallisen yhtiön kanssa pystyttäisiin samalla sopimaan ylimääräisen sähkön myyntiehdosta. Mutta on tärkeää kuitenkin ottaa selvää myös muista vartenotettavista toimijoista.

Järjestelmien tekniikka kehittyy ja on kehittynyt viime vuosina nopeaa taktia, joten markkinoilta löytyy monenlaista tekniikkaa, tästä olisi hyvä ottaa selvää ennen lopullisen investointipäätöksen tekoa.

4 TILAN TUOTANTO JA SÄHKÖNKULUTUS

4.1 Tuotanto

Tilalla tuotetaan kuivaa heinää ja muoviin käärittävää esikuivaa heinää. Kuivan heinän tuotantoon kuluu paljon sähköä, koska heinä joudutaan kuivaamaan koneellisesti laadun varmistamiseksi. Tilalla tuotetaan vuosittain

noin 50 ha alalla heinää, suurin osa tästä on kuivaa heinää. Kuivan heinän tuotanto määrä vaihtelee hieman vuosittain, riippuen kasvuolosuhteista ja korjuuajankohdan sääolosuhteista. Noin 80 % kuivan heinän tuotannosta saadaan 1. sadosta ja loppu 20 % tehdään 2. sadosta.

Tilan tämän hetken kuivauskapasiteetti, joka pystytään kerralla kuivureihin ajamaan, on noin 120 000 kiloa, riippuen hieman paalien painosta. Heinäerän kuivaamiseen käytettävien puhaltimien yhteen laskettu teho on 50,5 kW, joka muodostuu 8 eri puhaltimesta, joiden tehot ovat 4*7,5 kW, 3*5,5kW ja 1*4 kW. Sähköä tuotetaan verkosta ostetun sähkön lisäksi traktorigeneraattorilla, jotta pystytään pitämään kaikki kuivurit samanaikaisesti päällä.

Kuivureita pidetään käynnissä lähinnä päivisin, vuorokaudessa n. 12 h. Kuivausajankohta on kesäkuun alkupuolelta (n. 10.6.) alkaen eteenpäin noin kuusi viikkoa, tällä aikavälillä siis tapahtuu ensimmäisen sadon kuivaus keskimäärin, jos ei ole kyse aivan poikkeuksellisesta vuodesta. Toisen sadon kuivaus ajoittuu normaalisti elokuun alkupuoliskolle ja kestää hieman lyhyemmän aikaa, mutta voi joinakin vuosina myös venähtää osittain syyskuun puolelle.

Kuva 6. Kuivaheinän paalausta.



4.2 Sähkönkulutus

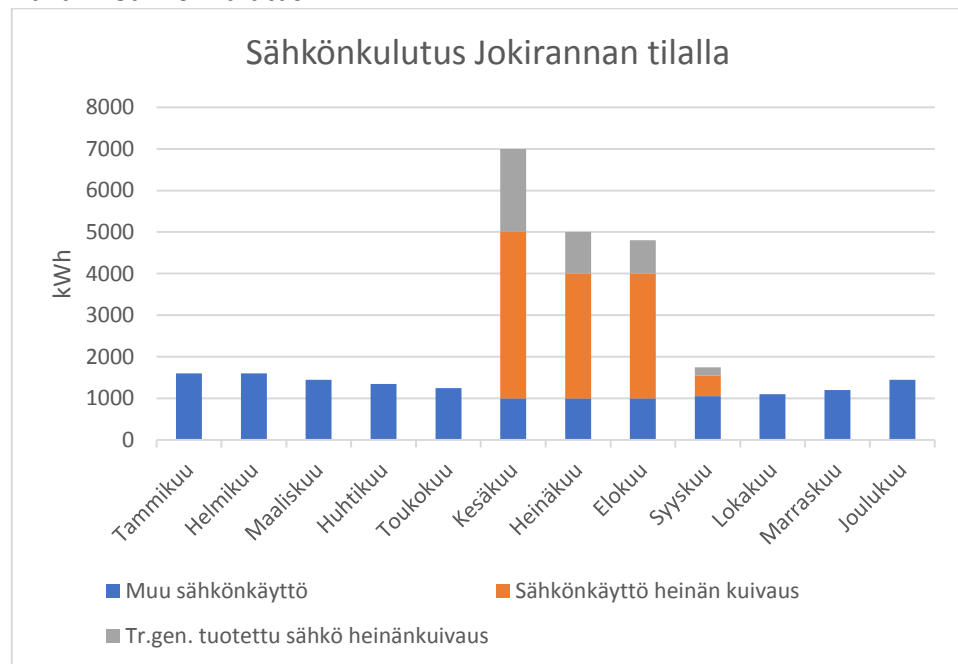
Heinäkuivaus ajoittuu siis kesäkuukausille, eniten sähköä kuivaukseen tarvitaan kesäkuussa, kun alkaa ensimmäisen kuivaheinäsadon kuivaus eli pääsadon, tämän kuivaus jatkuu heinäkuulle. Lisäksi sähkön tarve on suurta elokuussa, kun toisen sadon korjuu alkaa, mutta suurempaa sähkönkulutusta on käytännössä joka vuosi koko kesäkuukausien ajan, kun

satojen kuivaukset venyvät yleensä ja kuivureita joudutaan käyttämään, jotta koko heinäsadon laatu saadaan varmistettua.

Tilalla sähköä saadaan sähköverkosta ostettuna sekä tuotetaan lisäksi traktorigeneraattorin avulla. Heinäkuivaukseen käytetyn ostosähkön määrä viiden edellisen vuoden kulutustietoja apuna käyttäen on arvioitu olevan 10 500 kWh /vuosi, lisäksi traktorigeneraattorilla tuotetaan noin 3800 kWh / vuosi.

Käytettävän sähkön kulutusmäärät on arvioitu viimeisen viiden vuoden todellisen kulutuksen ja sääolosuhteiden mukaan. Mikäli olisi laskelmiin otettu todelliset kulutukset, olisi todennäköisesti laskelmien tarkkuus karsinut siitä enemmän kuin nyt työhön valituissa arvioiduissa kulutus tiedoissa. Koska sääoloissa on ollut viimeisten vuosien aikana erityisen suurta vaihtelua, arviota on hieman tasoiteltu pidempää keskiarvoa vastaavaksi. Lisäksi viime vuosina on vielä rakennettu kuivauskapasiteettia lisää, mikä osaltaan aiheuttaa epätarkkuutta todellisen kulutuksen ja tulevan kulutuksen suhteen. Heinän kuivauksen aikaisella tarkalla kulutuksella ei myöskään ole laskelmien kannalta ratkaisevaa merkitystä, tärkeää on vain se, että tiedämme sen olevan huomattavaa. Se on joka tapauksessa huomattavasti suurempaa kuin mahdollinen tuleva aurinkosähköntuotanto.

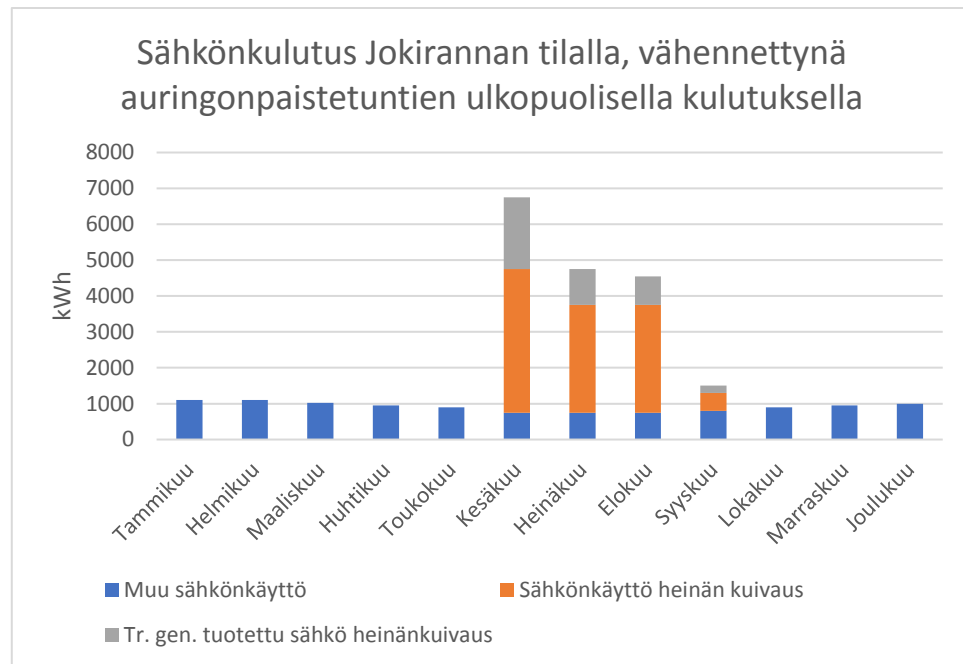
Kuva 7. Sähkönkulutus.



Koska osa sähkönkulutuksesta tapahtuu auringonpaistetuntien ulkopuolisena aikana, jolloin auringon säteilyä ei ole saatavilla, tarvitsee tämä ottaa huomioon omaa käyttöä laskettaessa. Auringonpaistetuntien ulkopuolella tapahtuvaa sähkönkulutusta arvioitiin viiden edeltävän vuoden sähkönkulutushistorian perusteella. Paistetuntien ulkopuolinen kulutus olisi n. 1,1 kWh. Tunteja, joina aurinkosähköjärjestelmä ei tuota 1,1 kWh määrää, on keskimäärin 11 h. Siten keskimääräiseksi kulutukseksi, jota ei pystytä

aurinkosähköllä kattamaan, saadaan siis (11 h*1,1 kWh) 12,1 kWh/vrk, 363 kWh kuukaudessa. Tämä täytyy vähentää siis tarkempia laskelmia varten kuukausittaisesta kulutuksesta.

Kuva 8. Sähkönkulutus.



5 SOPIVAN JÄRJESTELMÄN VALINTA

5.1 Yleistä

Aurinkosähköjärjestelmän valinnassa on otettava huomioon mm. seuraavia asioita: minkä kokoinen järjestelmä on, asennetaanko katolle vai maahan, mihin ilmansuuntaan paneelit suunnataan ja laitetaanko kaikki paneelit samaan ilmansuuntaan vai tehdäänkö kaksi erillistä paneelikenttää eri ilmansuuntiin. (Motiva,2020)

Tässä työssä on lähdetty miettimään järjestelmää, sillä ajatuksella, että sen tuottama energiamäärä pystyttäisiin käyttämään mahdollisimman hyvin hyödyksi heinän kuivauksessa ja tällöin investointi maksaisi itseään mahdollisimman nopeasti pois. Heinän kuivaukseen käytetty aika ajoittuu kolmelle kesäkuukaudelle sekä hieman syyskuulle. Tänä aikana kuivaukseen tulee joitakin taukoja. Kuivaukseen käytetty kokonaisaika, jolloin siis kuivurit ovat käynnissä ja tarvitsevat sähköä, on keskimäärin 10 viikkoa. Kuivausajan ulkopuolelle jää jonkin verran aikaa, jolloin järjestelmä tuottaa sähköä mutta sähkölle ei ole tarpeeksi käyttöä. Tämän takia ei järjestelmä voi olla kovin iso, koska sen hinta suhteessa käyttöön nousisi suureksi. Vaikka isommankin järjestelmän sähkön pystyisi käyttämään tuon 10 viikon kuivauksen aikana, kuivausajan ulkopuolinen tuotanto täytyisi saada

hyödynnettyä tilalla johonkin muuhun käyttöön, koska sähkön tuotanto myyntiin ei ole tällä hetkellä kannattavaa.

5.2 Asennuspaikka

Aurinkosähköjärjestelmän asennuspaikkaa mietittäessä tärkein asia olisi, että valittuun paikkaan osuva auringon kokonaissäteilyn määrä olisi mahdollisimman suuri, silloin kun sähkön tarvetta käyttöpaikassa on. Tärkeää olisi myös huomioida, ettei paikkaan osu ylimäärisiä varjostuksia. On myös hyvä selvittää, missä sijaitsee kiinteistön pää- ja/tai ryhmäkeskukset, jotta välttyään ylimääräisiltä kaapelivedoilta sekä johdotuksilta. Näiden lisäksi on hyvä ottaa huomioon se, että aurinkopaneelit tulevat mahdollisesti olemaan samalla paikalla kymmeniä vuosia, joten paikan käyttö muuhun tarkoitukseen estyy, lisäksi kattoasennuksissa on huomioitava kattomateriaalin ikä, jotta se kestäisi ainakin sen ajan, kuin aurinkopaneelitkin. Vaikka aurinkopaneeleilla on vähäinen puhdistus- ja huoltotarve, kannattaa se myös ottaa huomioon asennuspaikan valinnassa mahdollisuuksien mukaan.

Etelä-Suomessa sähköntuotto on parhaimmillaan asennettaessa paneelit suoraan etelään noin 40 asteen kulmaan. Pienet poikkeamat optimaalisesta suuntauksesta, alle 15 astetta jompaankumpaan suuntaan, eivät vähennä tuottoa kovin paljoa, itään tai länteen suuntaaminen vähentää tuottoa 20 %. Jos sähkönkulutus painottuu aamupäivään, voi itään suuntaaminen olla järkevää, jos taas iltapäivään, suuntaus länteen voi tulla kyseeseen. (Motiva,2020)

Tehokkain kallistuskulma on noin 35–45 astetta. Vuosituotanto pienenee hitaasti optimikulmasta poikettaessa. Kallistuskulmat 30° ja 60° tuottavat vielä miltei yhtä paljon sähköä vuodessa kuin optimikulma. Nyrkkisääntönä voidaan pitää, että 15 asteen poikkeama optimikulmasta vähentää vuosituotantoa noin 5 prosenttia. Mitä pienempi kallistuskulma, sitä terävämpi tuotannon kausihuippu saavutetaan keskikesällä. Vastaavasti mitä pystymypään paneelit asetetaan, sitä tasaisemmin ne tuottavat keväästä syksyyn, keskikesällä vähemmän kuin optimikulmalla, mutta keväällä ja syksyllä enemmän kuin optimikulmalla. Pystyasennuksessa paneelit tuottavat keväällä ja syksyllä myös päivän aikana tasaisemmin ja enemmän sähköä kuin optimikulmaan asennetut paneelit. (Motiva,2020)

Jokirannan tilalle asennuspaikkaa suunniteltaessa hylättiin maahan telineisiin tuleva asennus heti alussa, koska kattopinta-alaa, joka sijaitsee oikeaan suuntaan, oli riittävästi ja kattomateriaalit oli lähivuosina uusittu, tai mahdollisesti voitaisiin uusita tarpeen vaatiessa. Jos taas olisi aloitettu rakentamaan maahan tulevaa järjestelmää, olisi pohjatyön kustannukset muodostuneet huomattavan suuriksi, eikä myöskään olisi ollut sellaista paikkaa osoittaa järjestelmälle, josta olisi tiedetty suurella

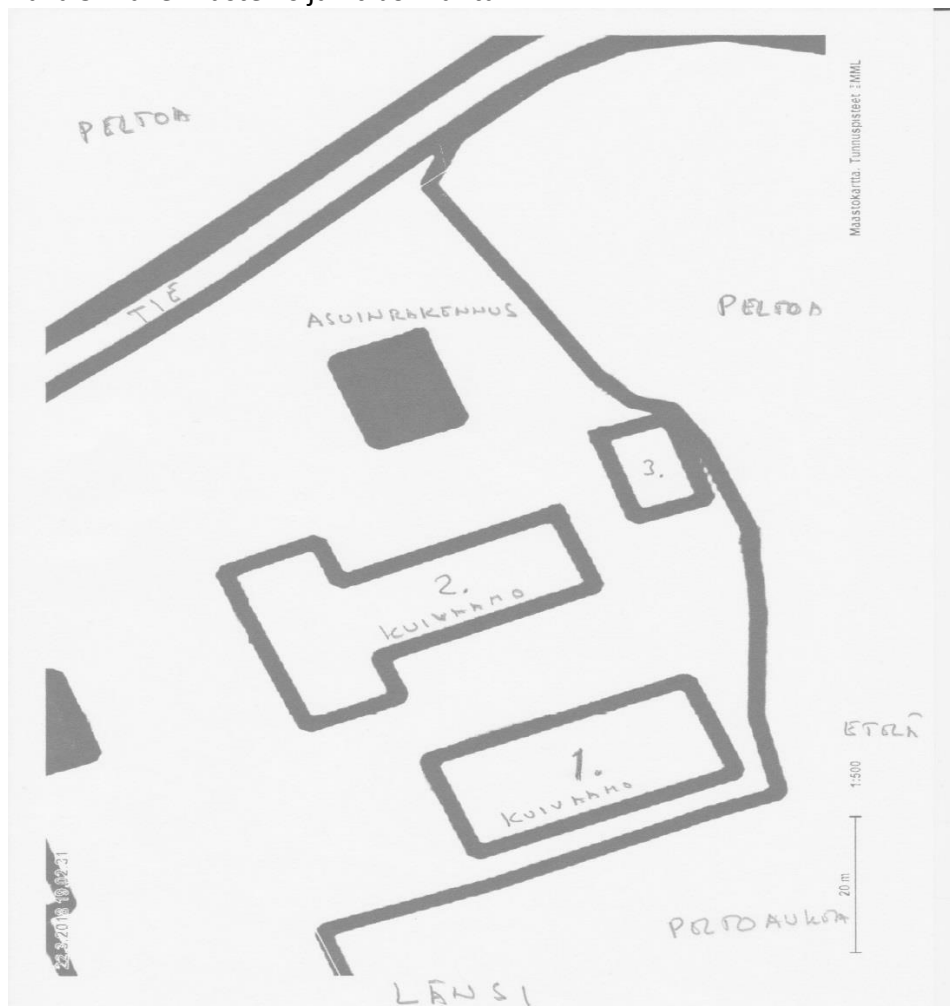
todennäköisyydellä, ettei siihen seuraavien vuosikymmenien aikana ole tarvetta rakentaa mitään muuta tarvittavaa.

Päädyttiin siihen, että Aurinkopaneelit kannattaisi asentaa heinäkuivaamoiden 1 tai 2 katoille (kuva 9). Näiden katot ovat sellaisiin suuntiin, että on mahdollista asentaa paneelit lähes itä, etelä- tai länsisuuntaan. Aivan tarkkaan ottaen rakennuksien ilmansuunta on etelän suunnasta katsottuna hieman kaakkoon, joten esim. etelälape ei ole suoraan etelän suuntaan, vaan on n. 20 astetta etelästä kaakon suuntaan. Näiden rakennusten ympärillä on myöskin lähinnä peltoa, joten ei ole ylimääräisiä esteitä auringsäteilyn osumiselle paneeleihin. Lisäksi kattojen kaltevuuskulmat ovat sopivia, n. 30 astetta molemmissa rakennuksissa. Molemmissa rakennuksissa sijaitsi myöskin ryhmäkeskus. Alustavasti voitaisiin ajatella, että tilalla jo olevien kuivaamorakennusten katot olisivat suhteellisen hyvin suunnattuja aurinkosähkön tuotannon tarpeisiin. Päädyttiin kuitenkin jättämään pois tarkemmista tarkasteluista suuntausvaihtoehdoista idän suuntaan olevat kattopinnat, koska näillä sähkön tuotanto olisi arvion mukaan ollut hieman heikompaa ja painottunut liian vahvasti aamulle ja aamupäivälle, lisäksi idän suunnalla oli hieman varjostusta aiheuttavia tekijöitä, kuten puustoa. Päädyttiin valitsemaan mahdollisiksi asennuspaikoiksi etelän ja lännen suuntaiset kattopinnat, näillä tuotanto olisi todennäköisesti suurin ja saataisiin jakautumaan tasaisemmin koko päivän ajalle.

Tarkempia laskelmia varten valitsimme kolme eri vaihtoehtoista asennusmallia, alla olevan listan mukaisesti.

- Vaihtoehto 1. Kaikki paneelit etelän suunnasta 20 astetta itään, kuivaamon 2 etelälapeelle.
- Vaihtoehto 2. Kaikki paneelit lännen suunnasta 20 astetta etelään, kuivaamon 1 katolle.
- Vaihtoehto 3. Puolet etelän suunnasta 20 astetta itään ja puolet lännen suunnasta 20 astetta etelään, kuivaamon 2 lappeille.

Kuva 9. Rakennusten sijainti Jokiranta.



5.3 Järjestelmän mitoitus

Aurinkosähköjärjestelmien teho ilmoitetaan nimellistehona ns. Piikkiwatti (kWp), joka tarkoittaa paneelin standardiolosuhteissa (säteilymäärä $1\,000\text{ W/m}^2$) tuottamaa sähkötehoa. Suomen oloissa aurinkosähköjärjestelmän todellinen huipputeho kaakko – etelä - lounas ilmansuunnissa on usein noin 80 % nimellistehosta järjestelmän häviöt huomioituna. (Pikes,2020)

Jokirannan tilalla sähköä kuluu heinän kuivauksen aikana reilusti, pelkääntään kuivureiden pyörittäminen vie suurimmillaan reilun 50 kW tehon tunnissa, lisäksi tulee vielä muu kulutus (taulukko 2). Tilan sähkökulutusta tarkasteltaessa voidaan nähdä heti se, että heinäkuivausajana 10-20 kWp tehoisen aurinkovoimalan tuotanto kuluu helposti kuivureiden pyörittämiseen, mutta kannattavuuden tilalla ratkaisee järjestelmän koon suhde kuivausajan ulkopuolelle jäävään tuotantoon, kun sähkönmyynti verkkoon ei tällä hetkellä ole kannattavaa, johtuen sähköyhtiölle myytävän sähkön alhaisesta hinnasta.

Alustavan arvion mukaan pelkästään kuivausta varten ei siis kannattaisi aurinkosähköjärjestelmään investoida, koska heinäkuivausaika on lyhyt, n. 10 viikkoa vuodessa. Järjestelmän kokoluokan arvioinnissa lähdemme siitä ajatuksesta, että myös heinäkuivausajan ulkopuolinen sähköntuotanto tulisi isoksi osaksi omaan käyttöön.

Määriteltäessä tilalle soveltuvan järjestelmän kokoluokkaa suureen rooliin tulee siis heinä kuivauksen ulkopuolinen käyttö. Jonka keskiarvo tilalla on 1260 kWh kuukaudessa. Keskiarvo on laskettu helmikuun ja toukokuun väliseltä ajalta lisättynä lokakuulla (taulukko 2). Laskuista pois jätettiin kolme hyvin vähätuottoista kuukautta, koska marraskuun ja tammikuun välisenä aikana aurinkosähköntuotanto on hyvin mitätöntä.

Sähkön kokonaiskulutuksen keskiarvo kyseisenä aikana oli siis tuo 1260 kWh, tästä on kuitenkin vähennettävä sähkönkulutus, joka tapahtuu sellaisena aikana, kun aurinkosähköjärjestelmä ei pysty tuottamaan sähköä eli esim. yöaikaan. Tätä sähköenergiaa ei voi tuottaa aurinkoenergialla silloin, kun ei ole tarkoitus asentaa järjestelmään sähköä varastoivia komponentteja.

Arvioidaan, että tällaista kulutusta voisi olla n. 30 %, joten tästä saadaan laskettua kulutus, joka voidaan tuottaa aurinkosähköjärjestelmällä $1260 \text{ kWh} * 0,7 = 882 \text{ kWh}$.

Kun lasketaan auringon kokonaissäteily määrän keskiarvo taulukkoa 3 apuna käyttäen heinä kuivauksen ulkopuoliselle ajalle, samoille kuukausille, kun edellisissä kappaleessa laskettu kuukausittaisen sähkön kulutuksen keskiarvo saadaan kokonaissäteilyn määrän keskiarvoksi 110 kWh, kun paneelit on suunnattu etelään n. 30 asteen kallistuskulmalla (lähes sama säteilyn kokonaismäärä kuin 45 astetta). Tästä voimme laskea järkevää kokoluokkaa. Kun keskikulutus 882 kWh jaetaan keskimääräisellä mahdollisella tuotolla 110 kWh, saadaan siis $882 \text{ kWh} / 110 \text{ kWh} = 8,02 \text{ kWp}$ järjestelmä.

Kerrotaan vielä saatu tulos 1,2:lla, koska järjestelmien tuotto on n. 80 % luokkaa nimellistehosta.

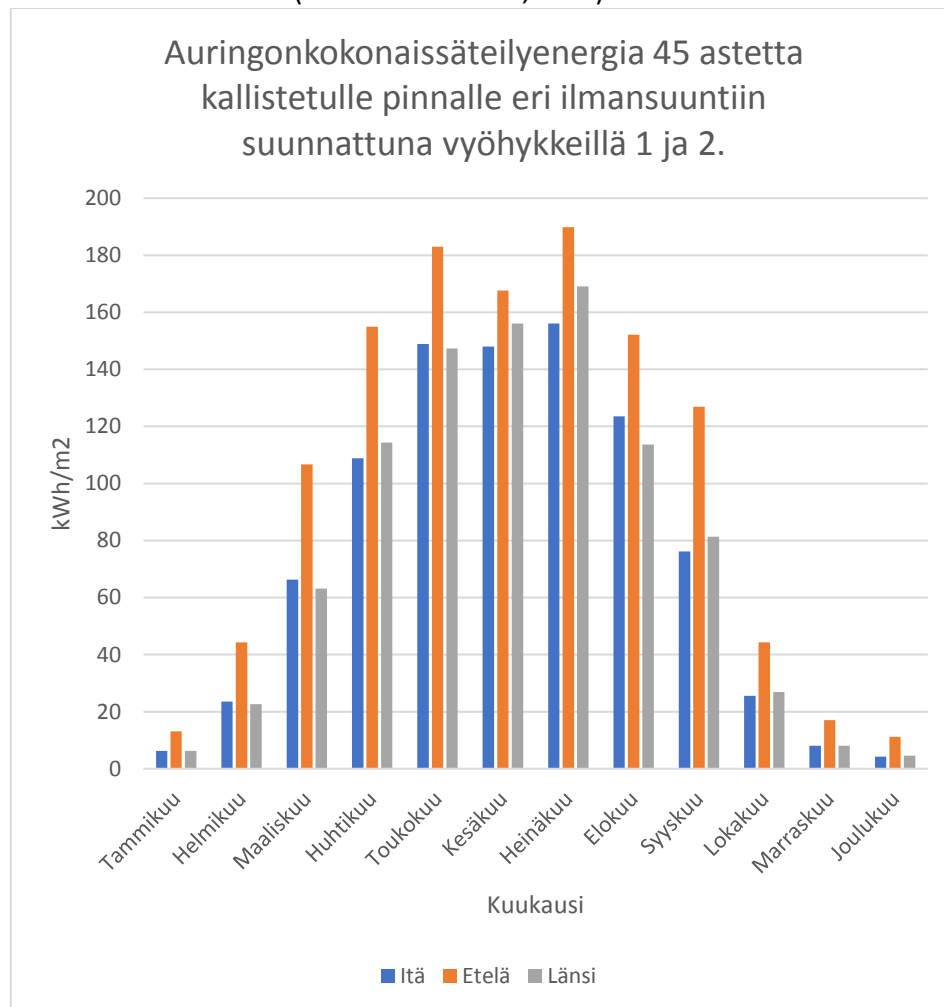
Lasketaan: $8,02 \text{ kWp} * 1,2 = 9,62 \text{ kWp}$

Sopivan järjestelmän kokoluokaksi arvioidaan siis n. 10 kWp

Tämän kokoluokan järjestelmässä sähkö tulisi suurimmaksi osaksi tilan omaan käyttöön.

Kannattavuuslaskelmia tehdään mahdollisimman hyvän lopputuloksen saamiseksi 10 kWp järjestelmälle, ja vertailun vuoksi tehtäisiin laskelma myös esim. 15, 20 ja 30 kWp järjestelmälle.

Kuva 10. Auringon kokonaissäteilyenergian määrät ilmatieteenlaitoksen testivuoden mukaan. (Ilmatieteenlaitos,2020)



5.4 Järjestelmän sähköenergian tuotto

Aurinkosähköjärjestelmän tuottoon vaikuttavat säteilyn määrä, paneelien hyötysuhde, lämpötila, suuntauskulma ja puhtaanapito. Tärkein tuottoon vaikuttava tekijä on säteilyn määrä. Auringosta osuu maapallon pinnalla aurinkoon nähden kohtisuorassa olevalle tasolle noin 1000 watin säteilyteho neliömetrille. Säteilyn määrään pystytään siis vaikuttamaan paneelien suuntauskulmalla. Alla olevasta taulukosta selviää suuntauksen vaikutus tuottoon. (Motiva,2020)

Taulukko 1. Aurinkopaneelin suuntauksen vaikutus Helsingin korkeudella. (Keravan energia,2020)

Kulma	Tuotto	Ilmansuunta	Tuotto
10°	90 %	Itä	80 %
15°	93 %	Kaakko	93 %
30°	99 %	Etelä	100 %
40°	100 %	Lounas	94 %
60°	94 %	Länsi	81 %
90°	69 %	Pohjoinen	70 %

Järjestelmän sähköntuottokykyä selvitetessä tarvitaan auringon kokonaissäteilyn määriä paikkaan, johon aurinkopaneelit olisi tarkoitus asentaa. Tässä työssä on käytetty säteilyarvoja Euroopan komission ylläpitämästä PVGIS-tietojärjestelmästä. Käytetty tietokanta on PVGIS-ERA5, josta saadaan tarkat säteilyarvot paikalle, johon järjestelmä olisi tarkoitus asentaa. Arvot ovat juuri sillä kaltevuuskulmalla, jolla asennuspaikaksi tarkoitettu katto on, eli 30 astetta, ja lisäksi arvot on kohdistettu oikeaan ilmansuuntaan, kun rakennusten poikkeama ilmansuuntiin nähden on -20 astetta, tämä on huomioitu arvoissa. Kokonaissäteilyn määrät ovat mahdollisimman totuutta vastaavat. Käytetyt kokonaissäteilyarvot selviävät taulukosta 2.

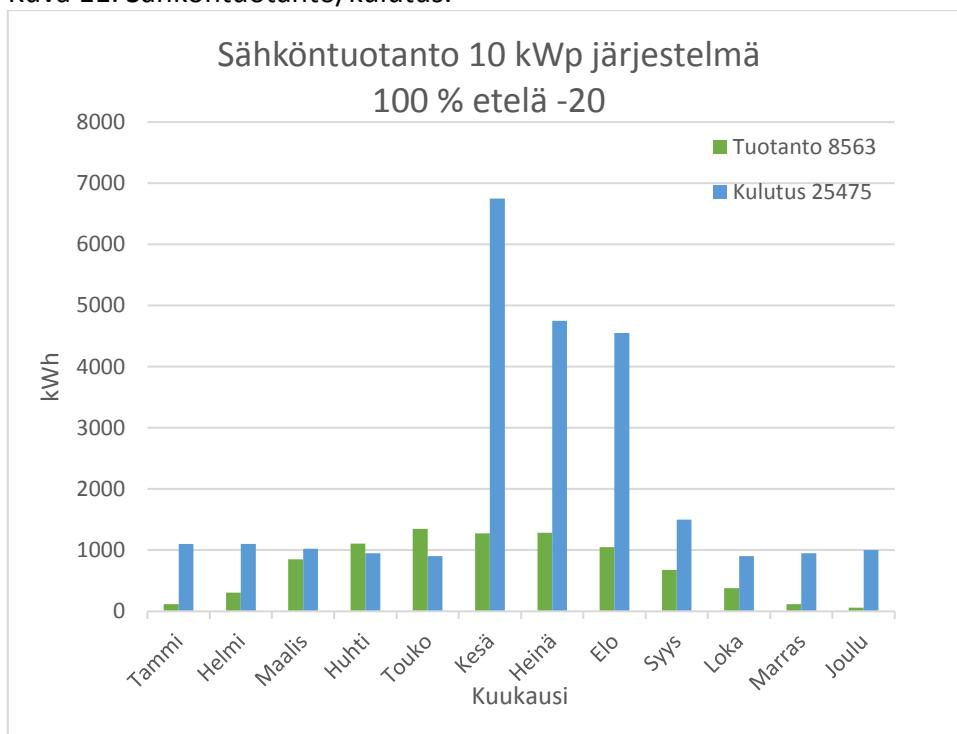
Taulukko 2. Auringonkokonaissäteily määrät mahdollisille asennuspaikoille eri ilmansuuntiin. (PVGIS,2020)

Kuukausi	Etelä-20 kWh/m2	Itä-20 kWh/m2	Länsi-20 kWh/m2
Tammikuu	14,75	7,6	9,97
Helmikuu	36,54	22,29	27,58
Maaliskuu	101,86	69,77	80,73
Huhtikuu	137,94	110,52	118,43
Toukokuu	174,1	154,9	156,53
Kesäkuu	167,8	157,74	155,45
Heinäkuu	171,26	156,88	156,89
Elokuu	138,29	117,02	121,46
Syyskuu	86,81	65,02	72,52
Lokakuu	48,02	30,12	37,74
Marraskuu	15,53	8,69	11,14
Joulukuu	8,33	3,9	5,14

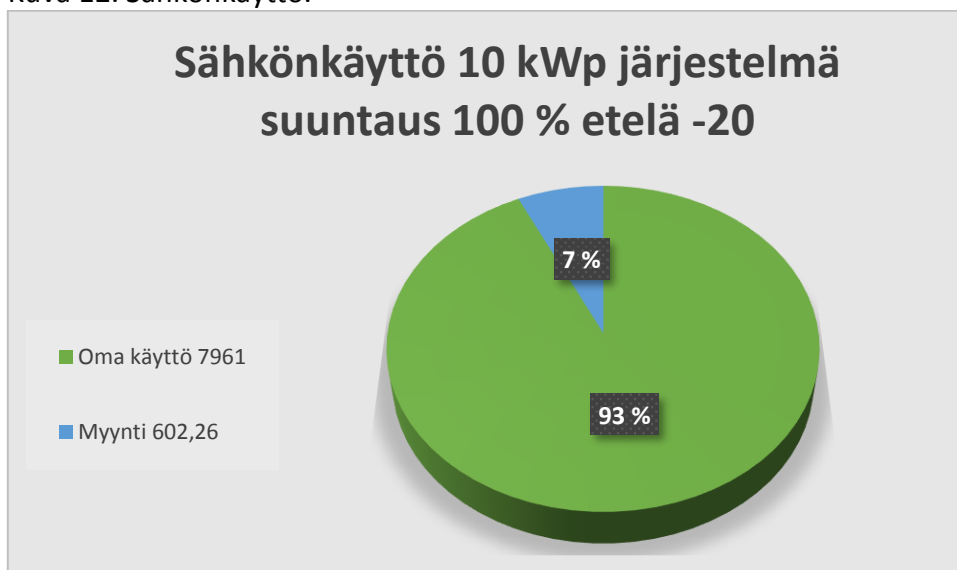
Auringon kokonaissäteilymääristä pystymme laskemaan erikokoisten auringosähköjärjestelmien sähköntuotantopotentiaalia. Tarkempaan tarkasteluun valittiin siis 3 eri suuntausvaihtoehtoa ja 4 eri kokoluokkaa olevaa järjestelmää. Taulukoissa käytetyt sähkönkulutusarvot ovat auringonpaistetuntien aikana tapahtuvaa sähköenergian kulutusta.

Kun tarkastelemme etelästä 20 astetta itään päin suunnatun 10 kWp järjestelmän sähkön tuotantoa, voimme huomata, että vain huhti-toukokuussa sähköntuotanto ylittää sähkönkulutuksen eli ylimääräistä tuotantoa, joka jouduttaisiin myymään sähköverkkoon ei syntyisi merkittävästi (Kuva 11).

Kuva 11. Sähköntuotanto/kulutus.



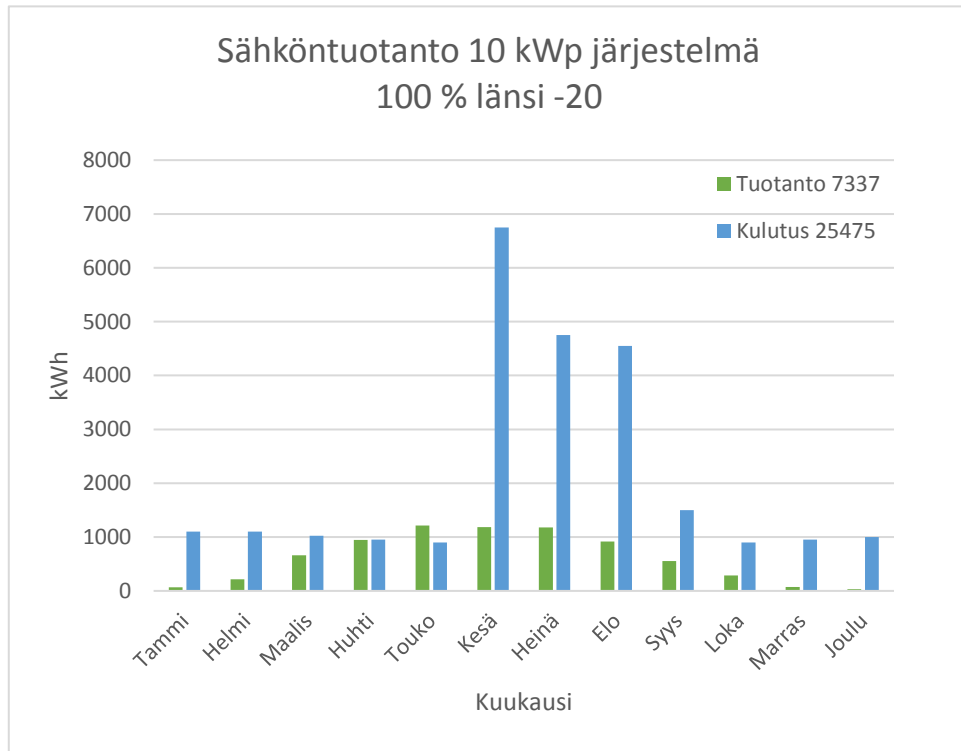
Kuva 12. Sähkönkäyttö.



Sähköntuotanto länteen suunnatulla järjestelmällä on hieman vähäisempää, mistä seuraa, että vain toukokuussa syntyy verkkoon myytäväksi tulevaa sähköenergiaa n. 300 kWh (kuva 13).

Omaan käyttöön tulevan sähkön osuus kasvaa hieman, lännen suuntaan olevan järjestelmän sähkön tuotannosta 96 % voidaan hyödyntää tilan omaan käyttöön ja vain 4 % ohjautuisi sähköverkkoon myytäväksi. Pienempi myyntisähkön osuus verrattuna etelään suunnattuun järjestelmään selittyy osittain sähkön pienemmällä kokonaistuotannolla. Huhtikuun aikainen tuotanto putoaa sen verran, että jää alle kulutuksen. Vaikutusta on myöskin suuntauksella, länteen suunnatun järjestelmän tuotanto painottuu enemmän loppukesälle (kuva 13).

Kuva 13. Sähköntuotanto/kulutus.

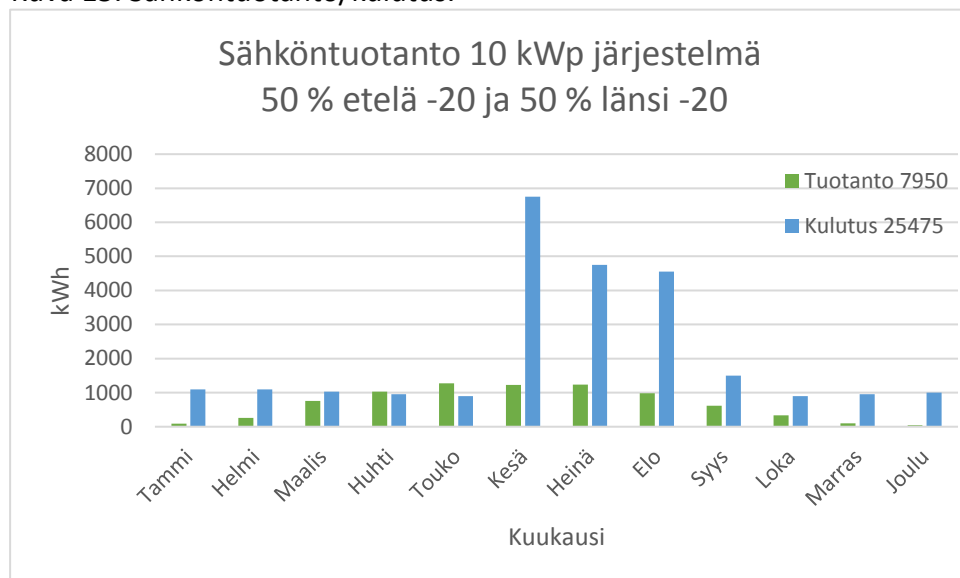


Kuva 14. Sähkönkäyttö.

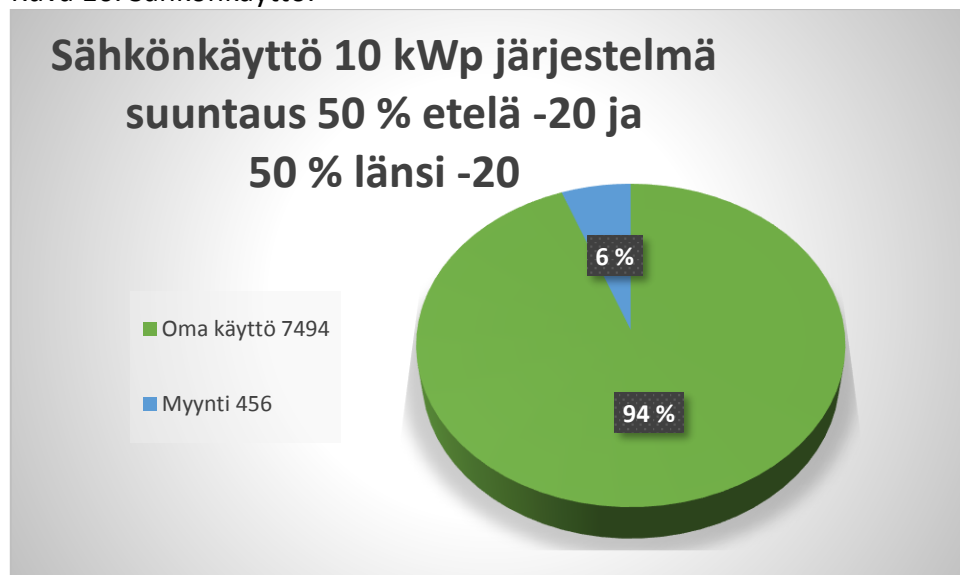


Puoliksi etelään ja länteen suunnatun järjestelmän tuotannon määrä sijoituu etelään suunnatun ja länteen suunnatun järjestelmän väliin olleen kokonaisuudessaan lähellä 8000 kWh. Tuotanto on hieman tasaisempaa kuin, jos paneelit olisivat suunnattuna vain yhteen ilmansuuntaan. Yli kulutuksen yltävää tuotantoa syntyy toukokuussa n. 380 kWh ja huhtikuussa hieman alle 80 kWh, joten varsin vähän syntyy huonommin kannattavaa myytävää sähköä (kuva 14).

Kuva 15. Sähköntuotanto/kulutus.



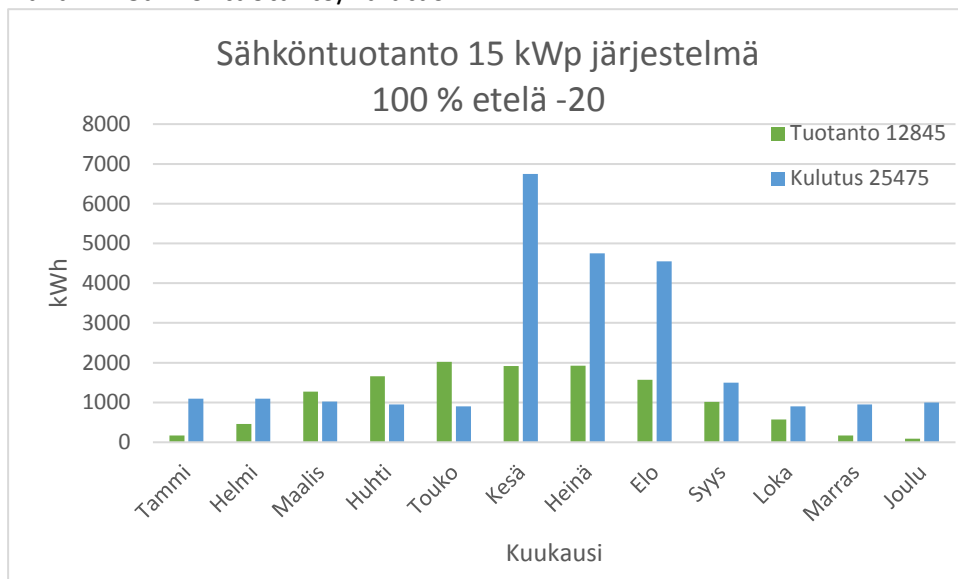
Kuva 16. Sähkönkäyttö.



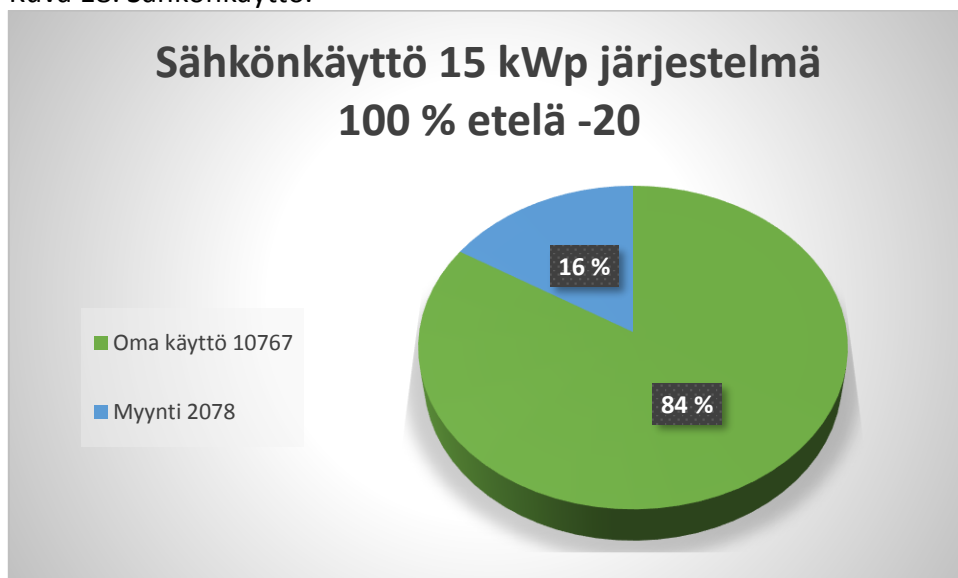
Edellä olevista 10 kWp järjestelmien tuotantoa kuvaavista taulukoista voidaan huomata, että etelän suunnasta saadaan suurimmat sähköntuotantomäärät ja mitä enemmän lännen suuntaan mennään, sähköntuotanto vähenee, ja lisäksi hieman tasoittuu ajallisesti, mutta myyntiin ohjautuvan sähköntuotannon määrä pysyy aika vakaana olleen 4-7 %. Sähkön tuotanto

ylittää kulutuksen vain huhti- ja toukokuussa. Eri vaihtoehtojen sähköntuotannossa on n. 1000 kWh:n ero vuosituotannossa.

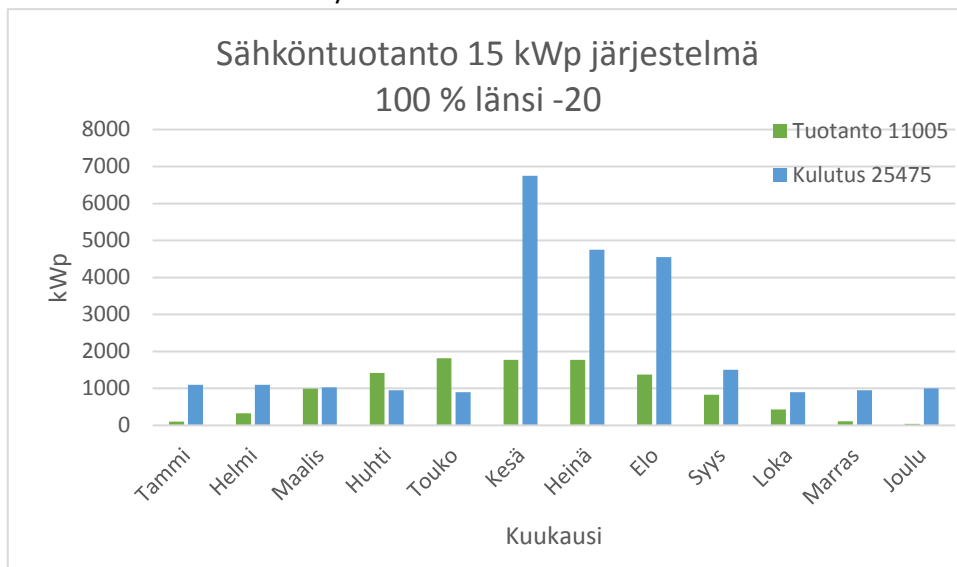
Kuva 17. Sähköntuotanto/kulutus.



Kuva 18. Sähkönkäyttö.



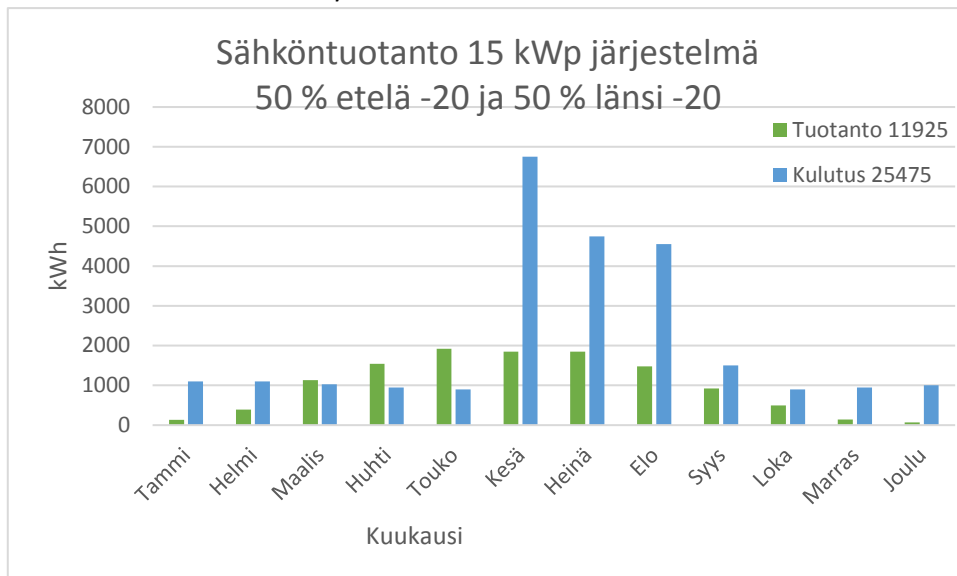
Kuva 19. Sähköntuotanto/kulutus.



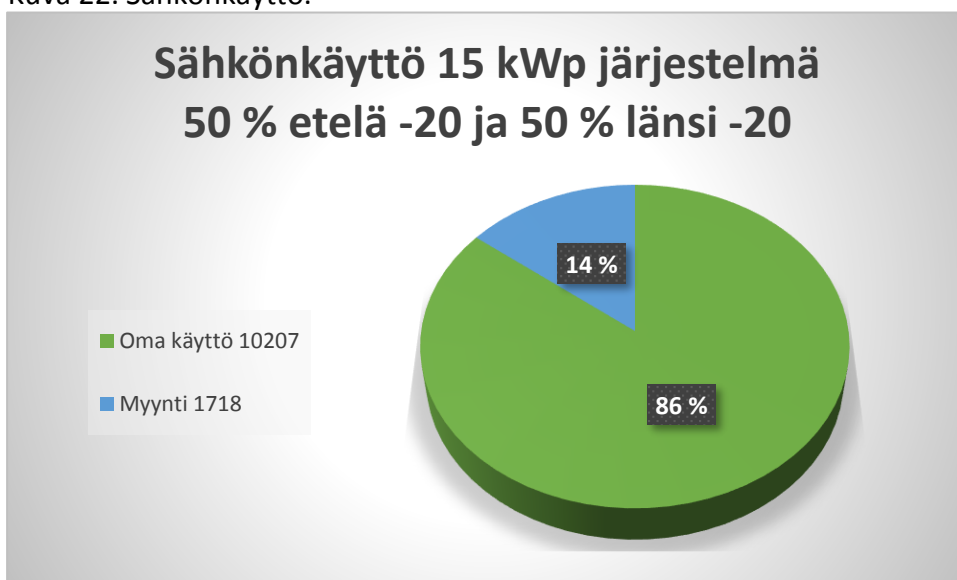
Kuva 20. Sähkönkäyttö.



Kuva 21. Sähköntuotanto/kulutus

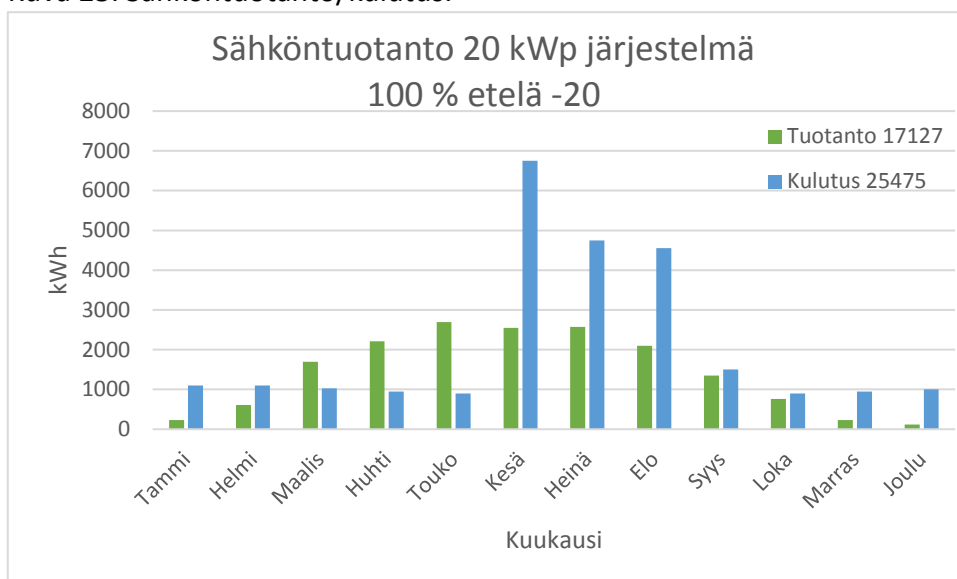


Kuva 22. Sähkönkäyttö.

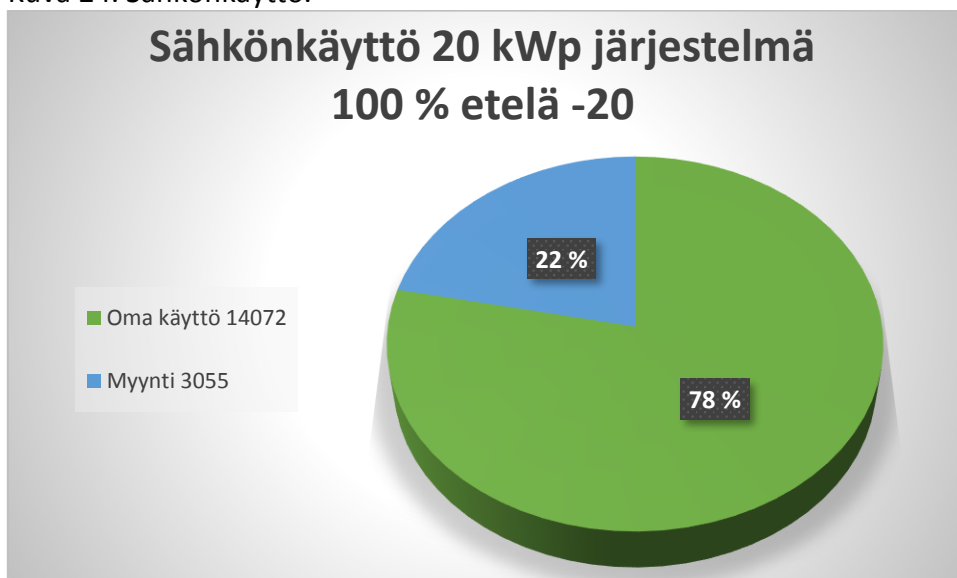


Kun verrataan teholtaan 15 kWp ja 10 kWp suuruisten järjestelmien tuotantoa, huomataan, että sähköntuotannon kasvaessa myös oman käytön osuus pienenee ja sähköverkkoon syötettävän myyntisähkön osuus lisääntyy. Tilan omaan käyttöön tuotetun sähkön osuus on pienentynyt keskimäärin 8,5 % (Kuvat 17-22).

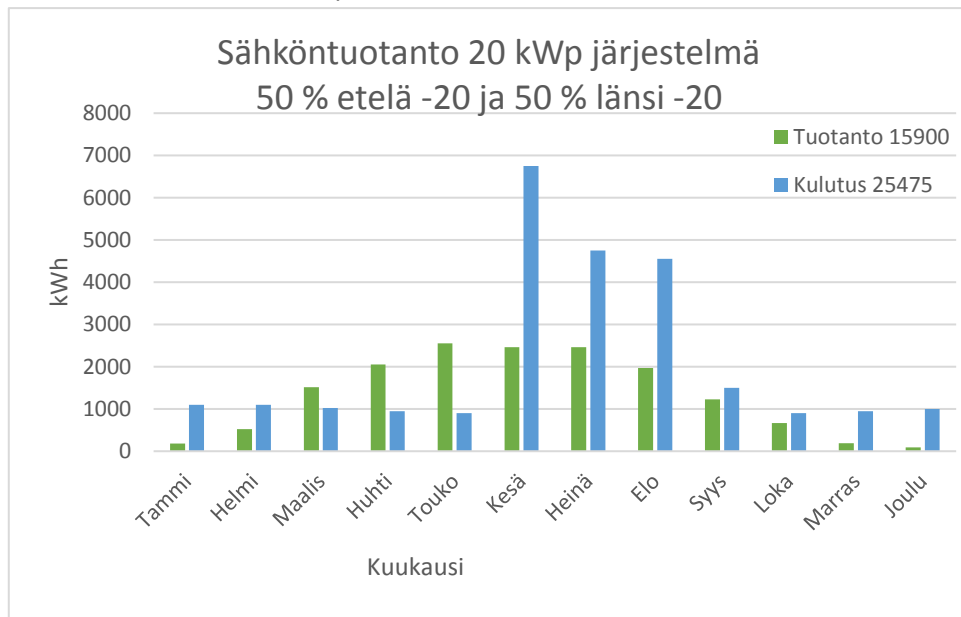
Kuva 23. Sähköntuotanto/kulutus.



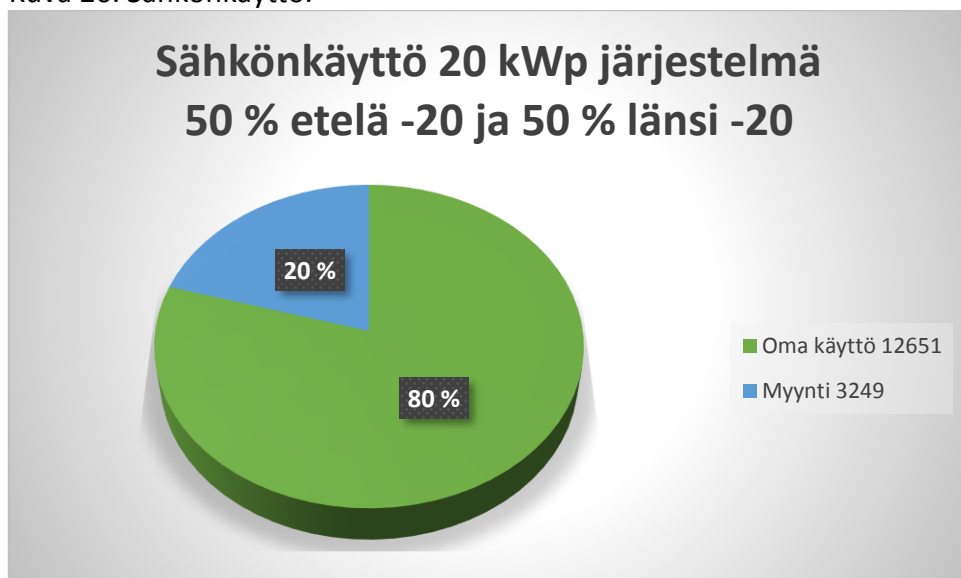
Kuva 24. Sähkönkäyttö.



Kuva 25. Sähköntuotanto/kulutus.

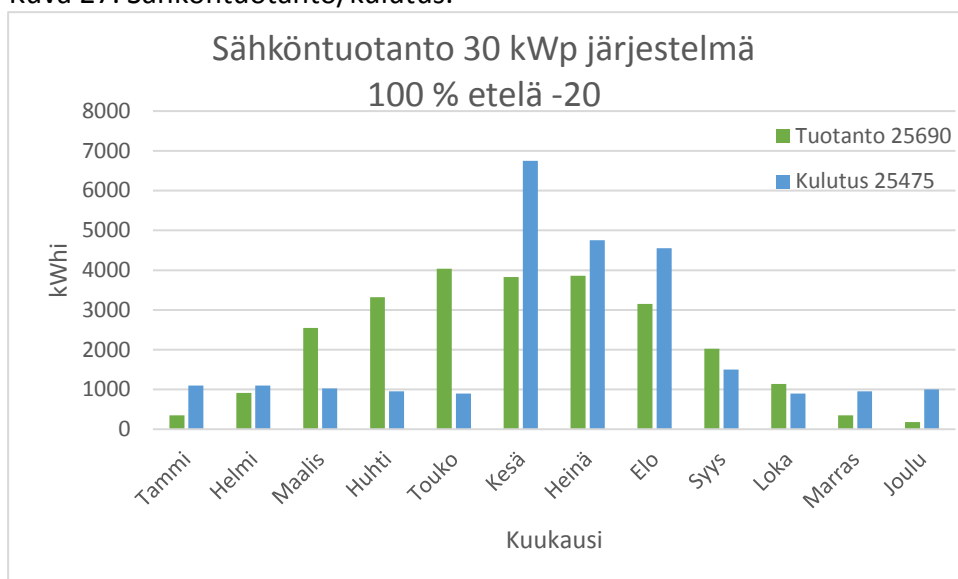


Kuva 26. Sähkönkäyttö.

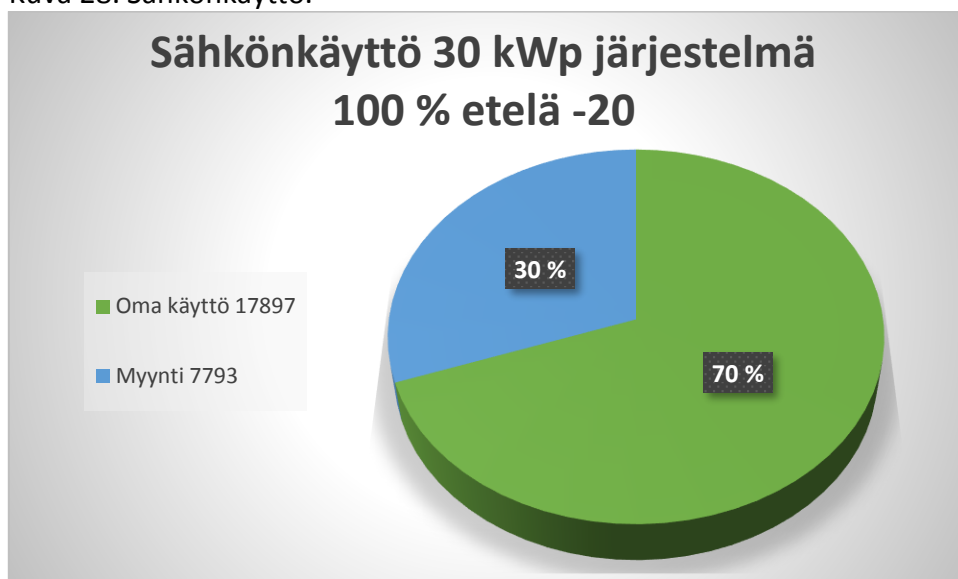


Kun siirrytään kokoluokkaan nimellisteho 20 kWp, huomataan tilan omaan käyttöön tuotetun sähkön osuuden laskeneen 80 %. Yleisesti ajatellaan, että kannattava aurinkosähkön tuotanto vaatisi oman käytön osuuden olevan n. 80 % eli voidaan ajatella, ettei tämän isompaa järjestelmää kannattaisi todennäköisesti harkita.

Kuva 27. Sähköntuotanto/kulutus.



Kuva 28. Sähkönkäyttö.



Kun järjestelmän nimellisteho olisi 30 kWp, vastaisi sen tuottama sähköenergian määrä tilan kokonaiskulutusta 25475 kWh ja jopa hieman ylikin, joka tapahtuu auringonpaistetuntien aikana. Järjestelmän tuottamasta sähköenergiasta enää 70 % kuluisi tilan omassa käytössä.

Kun tarkastellaan järjestelmän kokoluokan vaikutusta sähkönkäyttöön, huomataan prosentuaalisen tilan oman käytön osuuden pienentyvän huomattavasti järjestelmän koon kasvaessa. Tähän suurin vaikutus on kevätkuukausien aikaisella tuotannolla, kun vastaavan ajan tilan oma kulutus on vähäistä. Jokirannan tilalla kevätkuukausien vähäinen oma sähkön kulutus aiheuttaa sen, että järjestelmän kokoa ei kannata kasvattaa kovinkaan isoksi, vaikka kesäkuukausien aikana kulutusta riittäisikin.

Sähkönkäyttöä heinäkuivaus aikaan on hyvä miettiä kokonaisuutena. Kun järjestelmän suuntaisi etelään tuotanto olisi suurin mahdollinen. Kun taas järjestelmän suuntaisi kahteen eri ilmansuuntaan, saataisiin sähköntuotantoa tasaisemmin vuorokauden aikana ja lisäksi tasausta tapahtuisi myös koko vuoden ajalle. Mitä enemmän länteen siirrytään, sitä enemmän sähköntuotanto vuorokaudessa siirtyy iltapäivään ja vuodessa taas painottuu loppukesään, ja päinvastoin idän suuntaan mentäessä.

5.5 Tuotetun sähköenergian käyttökohteet

Sähköntuotantotaulukoista voimme nähdä, että sähkön kokonaistuotannosta 42 % tapahtuu kolmen kesäkuukauden aikana, ja tämä energia tulisi todennäköisesti kokonaan heinä kuivaukseen. Lisäksi oikean kokoisen aurinkosähkijärjestelmän tuotannosta suurin osa tulisi tilalla muuna aikana tapahtuvaan sähkönkulutukseen, vain n. 10 % tuotannosta keskimäärin jouduttaisiin myymään sähköverkkoon.

6 JÄRJESTELMÄN KANNATTAVUUS JA TAKAISIN MAKSUAIKA

6.1 Kannattavuuslaskelmiin valitut järjestelmät

Eri järjestelmien tuottoja tutkittaessa (kuvat 11-28), käy ilmi, että lähinnä etelän suuntausta olevan järjestelmän tuotto oli 7,2 % suurempi kuin toiseksi parhaan, joten voitaisiin olettaa tämän olevan kannattavuuden kannalta ratkaiseva tekijä, mutta länteen suunnattaessa sähköntuotanto jakautuisi tasaisemmin niihin aikoihin, kun sähkönkäyttöä on (liite 1.), mutta kuitenkin tuotannon määrä ei laske mitenkään ratkaisevasti, joten voitaisiin ajatella 50 % etelä ja 50 % länsi asennuksen olevan hyvä ratkaisu tuotannon kokonaisuuden kannalta. Laskelmat tehtäisiin siis tälle järjestelmälle.

Lisäksi on huomattavaa, että kokoluokan suurentuessa sähkön oman käytön osuus pienenee. Alustavasti oli oletettu, että n. 80 % sähköntuotannosta olisi tultava omaan käyttöön, jotta investointi olisi kannattava. Kannattavuuslaskelmiin otetaan kolme mahdollista kokoluokkaa, 10, 15 ja 20 kWp järjestelmät. Tätä suuremmalla järjestelmällä sähköverkkoon myyntiin tuotetun sähkön osuus kasvaa liian suureksi, mikä heikentäisi kannattavuutta.

6.2 Kannattavuuslaskelmissa huomioituja asioita

Laskelmissa omaan käyttöön tulevasta sähköstä saatuna hyötynä on käytetty hintaa, joka ostettavasta sähköstä olisi maksettava sähköä myyvälle yhtiölle ja verkkoyhtiölle, siis sähköenergia ja siirto, mutta sähköverkkoon tuotetusta myyntisähköstä saatava hinta on pelkästään sähköyhtiön sähköenergiasta perimä hinta. Sähkön siirtomaksusta saatava hyöty jää siis pois.

Maatalouteen tuotetusta sähköstä on vielä huomioitava verot. Koska maataloustoimintaan käytetystä sähköstä saa vähentää arvonlisäveron, on tämä vähennettävä laskelman hinnasta maatalouden osalta.

Lisäksi ammattimaiseen maataloustoimintaan käytetystä sähköstä maksetaan tällä hetkellä energiaveron palautusta, jolla alennetaan maatalouden sähkövero veroluokasta 1 vero luokkaan 2. Tämä palautettava erotus on vähennettävä maatalouden sähkön osalta. (Vm,2020)

Traktorigeneraattorilla tuotetun sähkön hinnan laskemiseen on käytetty traktorille hintaa 15e/h sisältää kaikki kulut, myös polttoaineen. Hinta on aika alhainen, vaikka traktorikin (MF 575) on vanha ja vähän polttoainetta kuluttava. Tästä voidaan huomata, että sähkön tuottaminen generaattorin avulla tulee huomattavan kalliiksi.

Investointikustannuksia laskettaessa on oletettu 50 % maatalouden osuudeksi ja 50 % yksityistalouden osuudeksi, joten maatalouden osalta täytyy huomioida alv:n vähennysoikeus 24 % investoinnin maatalouteen kohdistuvasta osuudesta. Yksityistalouden osalta on huomioitu mahdollinen kotalousvähennys arviona, 8 % kokonaiskustannuksista.

Laskelmissa ei ole otettu huomioon energiaveronpalautuksesta aiheutuva tuloverotusta, eikä muutenkaan maatalouden tuloverotuksessa vähennyskelpoisia investointikuluja ja sähkön hintaa.

Aurinkosähköjärjestelmän hintatietoja varten on kysytty muutamilta yrityksiltä tarjouspyyntöjä ja laskettu näistä keskiarvot. Tarjouspyyntöjä löytyy liitteistä (liitteet 5 ja 6).

Laskelmissa käytettyjä arvoja:

- Aurinkosähkön hinta oma käyttö maatalous 0,065 e/kWh
- Aurinkosähkön hinta oma käyttö yksityistalous 0,10 e/kWh
- Aurinkosähkön laskelmissa käytetty hinta 0,08 e/kWh
- Järjestelmän käyttöikä 30 v

- Investointi kustannukset:
 10 kWp järjestelmä = 11 049 e
 15 kWp järjestelmä = 15 452 e
 20 kWp järjestelmä = 20199 e
- Ylläpitokustannukset (lähinnä invertterin vaihto kerran)
 10 kWp järjestelmä = 10 % investointikustannuksista
 15 kWp järjestelmä = 10 % investointikustannuksista
 20 kWp järjestelmä = 10 % investointikustannuksista
- Sähköverkkoon myyntiin tuotettavan sähkön hinta 0,04 e/kWh
- Traktorigeneraattorilla tuotetun sähkön hinta 0,61 e/kWh
- Sähkön vuosituotanto kuvista 11-28
- Investoinnin laskentakorko 2 %
- Ostosähkön oletettu hinnan nousu 1 %/vuosi

6.3 Kannattavuuslaskelmien tulokset

Laskelmien tuloksista voidaan huomata, että kaikilla kannattavuuslaskelmiin päätyneillä järjestelmillä investointi osoittautuu kannattavaksi, mutta ei tuo kuitenkaan merkittävää taloudellista hyötyä. Samoin kokoluokan vaikutus kannattavuuteen on vähäinen tuolla kokoluokka-alueella, joka päätyi laskelmiin.

Aurinkosähköjärjestelmä on pitkäaikainen sijoitus, tämä voidaan huomata laskelmien tuloksia analysoitaessa. Takaisinmaksuaika venähtää aika pitkäksi kaikissa järjestelmän kokoluokissa, järjestelmän oletetusta eliniästä jää keskimäärin n. 24 % sellaista elinikää, jolloin järjestelmä tuottaa omistajalleen voittoa. Pienimmässä 10 kWp:n järjestelmässä takaisinmaksuaika on hieman pidempi, koska investointikustannukset suhteessa tuotantoon ovat hieman suuremmat. Nettonykyarvo jää plussalle kaikissa vaihtoehdoissa, tämä tarkoittaa siis, että investointi olisi kannattava, kokoluokasta riippumatta (taulukko 3).

Investoinnille saatava mahdollinen tuotto nousee korkeimmillaan 4 %:n oletetulla 30 vuoden eliniällä. Se vastaisi lähinnä pitkäaikaisista matalarisikisistä sijoitustuotteista saatavaa tuottoa eli ei tekisi investoinnin tekemisestä kovinkaan houkuttelevaa, ottaen huomioon, että samanlaisen tuoton pääomalle saisi pienemmällä riskillä muualta. Ja kun aurinkosähköjärjestelmän hankinta kuitenkin sisältää riskejä, kuten sähköhinta ja tekniikan kehittyminen, nämä voivat myöskin realisoitua. Lisäksi sijoitettava pääoma olisi pois muista tilan investoinneista.

Investoinnin pitkä elinkaari aiheuttaa paljon epävarmuutta. Tätä epävarmuutta tasoittaa se, että itse järjestelmä on hyvin varmatoiminen ja huoltovapaa, joten epävarmuustekijät ovatkin pääasiassa ulkoisia tekijöitä. Laskelmien perusteella aurinkosähköjärjestelmän hankinta tilalle olisi kuitenkin mahdollista kohtuullisilla taloudellisilla panoksilla.

Kannattavuuslaskelmien tekoon on sovellettu Finsolar.net sivustolta löytyvää laskuria "case vuorestalo". (Finsolar,2015)

Tarkemmat laskelmat löytyvät liitteistä 2-4, tulokset koottu laskelmista (taulukko 3.).

Taulukko 3. Tulokset.

Järjestelmän koko	10 kWp	15 kWp	20 kWp
Nettonykyarvo/e	2357	4519	5851
Takaisinmaksuaika/v	24	22	22
Järjestelmän elinikä/v	30	30	30

6.4 Investointia suunniteltaessa huomioitavaa

Aurinkosähköjärjestelmän hankinta olisi Jokirannan tilalle kannattavaa, mutta ei kuitenkaan tuo valtavan suurta etua tilan toimintaan lähitulevaisuudessa, noin 4% vuosittaisella tuotto-olettamalla. Tuottokin realisoituu vasta vuosien päästä, kun taas investoinnin vaatima hankintahinta on maksettava heti ja pääoma sitoutuu pitkäksi aikaa. Pääoma on myös pois muista investoinneista. Investointia voitaisiin ajatella tällä hetkellä lähinnä varmatuottoisena pitkäaikaissijoituksena, joka kannattaisi tehdä, mikäli ylimääräistä omaa pääomaa tilalla olisi käytettävissä.

Hankintaa tukee oletus sähkönhinnan kehityksestä, sähkönhinta on tällä hetkellä aika edullista ja sen oletetaan nousevan pitkällä aikavälillä, kun muu yhteiskunta sähköistyy ja sähkön tarve lisääntyy, toisaalta kyllähän tuotantokin lisääntyy ainakin ilmastoystävällisen sähkön osalta. Mutta ehkä kokonaistuotanto ei kuitenkaan lisäänty, aivan sähkön kulutuksen

mukana, koska vanhaa saastuttavaa tuotantoa poistuu käytöstä, joten voidaan olettaa, että hinta olisi siis mieluummin nousemassa pitkällä aikavälillä. Muita positiivisia puolia voisi olla esim. imagohyöty, voitaisiin käyttää tilan tuotteiden markkinoinnissa, kun tilan tuotannossa olisi käytetty ympäristöystävällistä sähköä.

Hieman lisähyötyä voisi myös ajatella tulevan, kun aurinkosähköjärjestelmällä korvataan osittain traktorigeneraattorilla tuotettua sähköä, joka on huomattavasti kalliimpaa kuin sähköverkosta ostettu sähkö. Hyöty on kuitenkin aika vähäistä, koska generaattoria joudutaan käyttämään joka tapauksessa, siihen vain on kytkettyä joissain tilanteissa hieman vähemmän kuormaa. Mahdollisesti voisi laskea positiiviseksi myös pääsulakkeelle kohdistuvan kuormituksen laskun joissakin tilanteissa, kun aurinkosähkön tuotanto on huomattavaa.

Aurinkosähkön kannattavuutta voisi tukea myöskin ns. virtuaaliakku, jossa tuotettu ylimääräinen sähköverkkoon syötettävä sähkö varastoitaisiin virtuaalisesti sähkön pientuottajalle ja tämä saisi saman määrän sähköä käyttöönsä silloin kun sitä tarvitsisi, mutta tässä on jonkinlaista kehittämistä varmasti vielä, koska käytännössä verkkoon syötettyä sähköä ei voida varastoida mihinkään, vaan sähköverkossa on oltava aina tasapaino eli tuotanto ja kulutus yhtä suurta. Kun sähkön hinta määräytyy isossa kuvassa kuitenkin aina pohjoismaisessa sähköpörssissä Nordpoolissa, aiheuttaa tämä ongelmia sähköä markkinoiville yrityksille, kun he eivät kuitenkaan voi tappiolla sähköä varastoida virtuaalisesti eli että sähkö olisi tuotantohetkellä arvokkaampaa kuin sen käyttöhetkellä. Tämä aiheuttaa sen, että virtuaaliakkutuotteita markkinoivat yritykset joutuvat todennäköisesti hinnoittelemaan tuotteensa niin, että sen käyttö ei ole sähkön tuottajalle kannattavaa. Virtuaaliakkuna tai vastaavilla nimillä markkinoidaan erilaisia tuotteita, joissa on monenkirjavia ehtoja, mm. erisuuruisia kuukausimaksuja. Jos tämänkaltaisen palvelu saataisiin toimivaksi konseptiksi, olisi se sähkön pientuottajan kannalta varmasti hyvä asia.

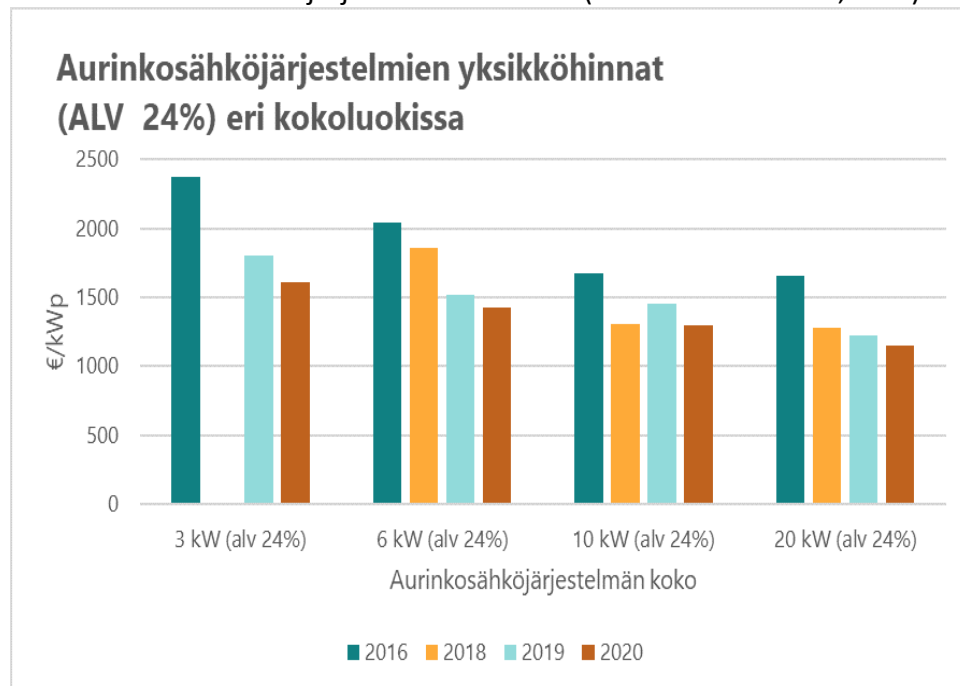
Tällä hetkellä monet sähköverkkoyhtiöt hyvittävät verkkoon myytävästä sähköstä myyntihetken hinnan. Hinta määräytyy pohjoismaisessa sähköpörssissä Nordpoolissa, tällä hetkellä tunneittain, mutta muuttuu todennäköisesti lähitulevaisuudessa neljännestuntihinnoitteluksi. (KSOY,2020)

Riskeinä voisi nähdä ainakin tekniikan kehittymisen, jolloin markkinoille tulisi kustannustehokkaampaa ja kehittyneempää tekniikkaa lähivuosina. Pienempänä riskinä voisi olla sähkön hinnan lasku, mikä on kuitenkin pidemmällä tähtäimellä hyvin pieni mahdollisuus, lähitulevaisuudessa kuitenkin lyhytaikaisesti mahdollista, johtuen mm. uusiutuvien sähkön tuotantotapojen nopeasta lisääntymisestä ja jopa ilmaston lämpenemisestä, jolla voisi olla esim. Suomessa sähkön kulutukseen vähentävä vaikutus, lämmityksen tarpeen vähentyessä, toisaalta kesällä viilennystarve voisi taas kasvaa, jolloin vaikutukset voisivat kumota toisensa.

Investoinnin kannattavuutta parantaisi huomattavasti, mikäli siihen olisi mahdollista saada maatalouden investointitukea. Tämä olisi hyvä selvittää tapauskohtaisesti ennen investointipäätöksen tekoa.

Aurinkosähköjärjestelmien hinnat ovat todennäköisesti kehittymässä koko ajan positiivisempaan suuntaan hankintaa harkitsevan kannalta. (Kuva 29).

Kuva 29. Aurinkosähköjärjestelmien hinnat. (Hiilineutraalisuomi,2020)



7 YHTEENVETO

Työn lähtökohtana oli selvittää kannattaisiko Jokirannan tilalla investoida aurinkosähköjärjestelmään. Ennen työn aloittamista oli tiedossa, että tilalla tuotetaan kuivaa heinää, jonka koneellinen kuivaus kuluttaa huomattavasti sähköenergiaa ja ajoittuu kesäkuukausien ajalle, jolloin auringonsäteilyenergiasta tuotetun aurinkosähkön tuotantomahdollisuudet ovat parhaimmillaan, näin ollen voitiin olettaa, että investointi voisi olla kannattava, joten oli päätetty tehdä asiasta selvitys.

Aurinkopaneelien kohdistuva auringonsäteily on olennaista tuottaessa aurinkosähköä. Siksi aluksi selvitettiin säteilyä ja sen mahdollista määrää yleisesti. Selvitys osoitti, että Etelä-Suomessa, jossa tila sijaitsee, on suhteellisen hyvät aurinkosähkön tuotanto-olosuhteet, vuotuiset auringonsäteilymäärät ovat verrattavissa Pohjois-Saksaan. Seuraavaksi selvitimme hieman Aurinkosähköjärjestelmien peruskomponentteja ja toimintaperiaatetta, josta tarvittiin tietoa oikeanlaisen järjestelmän valintaa varten sekä asennuspaikkaa pohdittaessa.

Tiedot tämänhetkisestä tilan tuotannosta ja sähkönkulutuksesta tarvittiin, jotta pystyttäisiin tekemään tarvittavat laskelmat. Tilan tuotantoa käytiin hieman läpi. Olennaisinta siinä, tämän työn kannalta, kuivan heinän tuotanto ja siihen liittyvä heinän koneellinen kuivaaminen ja sen kuluttama sähköenergian määrä koko tuotantokauden aikana. Tämä selvitettiin edellisten viiden vuoden ajalta, josta muodostettiin keskiarvotiedot, jotka huomioivat mahdollisimman hyvin kyseisten vuosien sääolosuhdevaihtelut ja tuotannossa tapahtuneet muutokset. Mahdollisimman hyvin totuutta vastaavan lopputuloksen saamiseksi oli, tärkeää arvioida edellisten vuosien sähkönkulutus suhteessa heinän tuotantoon ja vallinneisiin olosuhteisiin. Tähän käytettiin apuna tilan omia muistiinpanoja ja dataa. Parhaan mahdollisen sähköntuotannon kannalta oli tärkeää, että järjestelmä olisi asennettu optimaaliseen paikkaan ja suunnattu mahdollisimman tarkkaan sellaiseen suuntaan, josta on saatavissa paras tuotanto. Auringonsäteilymäärät valituille paikoille saatiin Euroopan komission ylläpitämästä PVGIS-tietojärjestelmästä.

Selvittelyyn päätettiin ottaa useampia eri kokoluokan järjestelmiä ja eri suuntausvaihtoehtoja, mutta varsinaisiin kannattavuuslaskelmiin päädyttiin selvitysten perusteella ottamaan kolme eri vaihtoehtoa, joiden avulla selviäisi paras mahdollinen vaihtoehto. Laskelmien tuloksista voitiin todeta, että investointi olisi kannattava, mutta ei aivan niin hyvin kannattava, kuin oli etukäteen oletettu. Takaisinmaksuaika olisi yli 20 vuotta ja tuottoprosentti korkeimmillaan 4 prosentin luokkaa. Aurinkosähköjärjestelmä on kyllä hyvin varmatoiminen ja tuottaa todennäköisesti sähköä sen luvatus 30 vuoden ajan, vähintään, mutta investointiin sijoitettava alkupääoma on kuitenkin kohtuullisen iso ja siitä saatavia taloudellisia hyötyjä jouduttaisiin odottamaan vuosikymmeniä. Tämä pistää harkitsemaan toteutusta tarkkaan. Investointia puoltaisivat siitä mahdollisesti saatavat muut kuin taloudelliset hyödyt, esimerkiksi vetoapu tuotteiden markkinointiin tai joustavuus sähköntuotannossa.

Asiaa tarkasteltaessa on huomioitava kuitenkin myös se, että työn alkutiedot on valittu lähtökohtaisesti niin, että työn lopulliset kannattavuuslaskelmat eivät ainakaan antaisi liian optimistista kuvaa asiasta, vaan mieluummin päinvastoin, mutta kuitenkin niin, että lopputulos olisi mahdollisimman realistinen.

Työn lopputuloksena saatiin kuitenkin kattava selvitys asiasta, jota oli lähdetty selvittämään ja työ antaa hyvää tietoa investoinnin harkintaan. Kannattavuuslaskelmien perusteella voidaan suoraan arvioida, halutaanko investointia tehdä niiden osoittamien lukujen perusteella.

Vertailtaessa tuloksia esimerkiksi omakotitaloja varten tehtyihin laskelmiin, tulee huomioida kannattavuuslukuja heikentävänä tekijänä maatalouden sähköstä maksama hieman edullisempi hinta.

Päätöksiä tehdessä tulisi myös huomioida muut asiaan vaikuttavat tekijät, mm. hyödyt tai riskit. Tärkeimpinä riskitekijöinä tulisi huomioida sähköenergian hinnan kehitys tulevaisuudessa ja aurinkosähköjärjestelmien tekniikan ja kustannusten kehittyminen.

Työssä käytetyt lähteet olivat lähinnä julkisia palveluntuottajia ja isoja alan toimijoita. Käytettyä lähdetietoa voitiin pitää hyvinkin luotettavana, mutta alan kaupallisilta yrityksiltä saatujen lähdetietojen puolueettomuuteen voitiin suhtautua pienellä varauksella. Tiedot olivat suhteellisen hyvin ajantasaista tietoa, eikä mitään sellaista vanhentunutta tietoa ole käytetty, jolla olisi vaikutusta lopputulokseen.

Aiheeseen liittyy todella paljon yksityiskohtaista tietoa ja asioita, joista olisi voinut tehdä useammankin opinnäytetyön. Tässä työssä pyrittiin kuitenkin pysymään varsinaisessa aiheessa, eikä lähdetty lopputuloksen kannalta tarpeettomiin yksityiskohtiin.

Kiitos kaikille opinnäytetyöhön tietoja antaneille tahoille ja työn valmistamiseen myötävaikuttaneille.

Kuva 30. Metsäpelto.



Kuva 31. Heinäpaalien ajoa.



LÄHTEET

Laskelmien lähteet

Jollei erikseen ole mainittu laskelmien lähtöarvoina ja tietoina on käytetty sovelletusti kirjoittajan omia laskelmia ja tilastoja.

Muut lähteet

Euroopan komissio PVGIS-tietokanta. (2020). Re. Haettu 23.10.2020 osoitteesta https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/#PVP

Finsolar. (2015). Tag. Haettu 30.10.2020 osoitteesta <https://finsolar.net/tag/aurinkopaja/>

Hiilineutraalisuomi. (2020) Haettu 10.11.2020 osoitteesta [https://www.hiilineutraalisuomi.fi/fi-fi-Ajankohtaista/Hiilineutraaliblogi/Aurinkosahkojarjestelmien_hinnat_la-skuss\(56958\)](https://www.hiilineutraalisuomi.fi/fi-fi-Ajankohtaista/Hiilineutraaliblogi/Aurinkosahkojarjestelmien_hinnat_la-skuss(56958))

Ilmatieteenlaitos. (2020). Säteily. Haettu 16.9.2020 osoitteesta <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/sateily-ja-kirkkausvaihtelut>

Keravan energia. (2020). Energiarempa. Haettu 22.10.2020 osoitteesta <https://www.keravanenergia.fi/fi/energiarempa/aurinkopaneelit/hyodyllista-tietoa-aurinkopaneeleista/>

Ksoy. (2020). S-posti- / puhelinkeskustelut

Motiva. (2020). Ratkaisut. Haettu 11.9.2020 osoitteesta https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/aurinkosahkon_perusteet/auringonsateilyn_maara_suomessa

Pikes. (2018). Documents. Haettu 22.10.2020 osoitteesta https://www.pikes.fi/documents/89838/353163/Aurinkosahkojarjestelmien_hankinta-opas.pdf/5e73d392-9f4f-95e0-1fbb-cf800f048610

Tukes. (2020). Sahko. Haettu 15.10. 2020 osoitteesta <https://tukes.fi/sahko/sahkotyot-ja-urakointi/aurinkosahkojarjestelmat>

Vattenfall. (2020). Sahkosopimukset. Haettu 12.9. 2020 osoitteesta <https://www.vattenfall.fi/sahkosopimukset/tuotantomuodot/aurinkovoima/>

Vm. (2020). Energiaverotus. Haettu 30.10.2020 osoitteesta <https://vm.fi/energiaverotus>

Liite 1

Aurinkosähkön mahdollinen tuotanto heinän kuivausaikana

10 kWp Aurinkosähkölaitteiston
sähköntuotanto W/h, klo.
9-21

	Etelä-20	Länsi-20	Itä-20
klo.	24.6.2016	24.6.2016	24.6.2016
9-10	5129	3920	4306
10-11	4911	4280	3701
11-12	3338	3347	2508
12-13	3765	4273	2512
13-14	2579	3173	1823
14-15	1572	1786	1410
15-16	906	985	846
16-17	724	858	695
17-18	259	735	259
18-19	59	265	59
19-20	0	0	0
20-21	0	0	0
Yht.	23242	23622	18119

Aurinkosähkön kannattavuus laskelma Jokiranta 10 kWp järjestelmä
suuntaus 50 % etelä-20 ja 50% länsi-20

Aurinkosähkön tuotto- ja talouslaskelmat elinkaaren aikana:												
Järjestelmän elinikä vuosina	Oman sähköntuotannon arvo ja myyntituotot €	Investointi- ja ylläpito-kustannukset €	Kassavirta €/v	Investoinnin sisäisiä korkokantoja % (IRR)	Investoinnin kumulatiivinen tuotto €/v (0% korko)	Investoinnin nettonykyarvoja (NPV) valitulla laskentakorolla	Takaisinmaksu-aika valitulla investoinnin laskentakorolla	Ostosähkön hinta [eur/kWh]	Myyntiin menevän ylijäämän hinta [eur/kWh]	Aurinkosähkön tuotanto kWh/v	Aurinkosähkön tuotanto hinta LCOE [eur/kWh]	
0	0,0 €	-11 490,0 €	-€11 490		-11 490 €			0,08 €		0		
1	616,9 €	0,0 €	€617	-94,6%	-10 873 €	-10 672 €	1	0,08 €	0,04 €	7950		
2	620,0 €	0,0 €	€620	-73,9%	-10 253 €	-10 088 €	1	0,08 €	0,04 €	7910	0,72 €	
3	623,0 €	0,0 €	€623	-55,3%	-9 630 €	-9 512 €	1	0,08 €	0,04 €	7871	0,48 €	
4	626,1 €	0,0 €	€626	-41,8%	-9 004 €	-8 945 €	1	0,08 €	0,04 €	7831	0,36 €	
5	629,2 €	0,0 €	€629	-32,0%	-8 375 €	-8 386 €	1	0,08 €	0,04 €	7792	0,29 €	
6	632,3 €	0,0 €	€632	-24,9%	-7 742 €	-7 836 €	1	0,08 €	0,04 €	7753	0,24 €	
7	635,5 €	0,0 €	€635	-19,5%	-7 107 €	-7 293 €	1	0,08 €	0,04 €	7714	0,21 €	
8	638,6 €	0,0 €	€639	-15,4%	-6 468 €	-6 759 €	1	0,09 €	0,04 €	7676	0,18 €	
9	641,8 €	0,0 €	€642	-12,2%	-5 827 €	-6 232 €	1	0,09 €	0,04 €	7638	0,16 €	
10	645,0 €	0,0 €	€645	-9,6%	-5 182 €	-5 714 €	1	0,09 €	0,04 €	7599	0,15 €	
11	648,1 €	0,0 €	€648	-7,5%	-4 533 €	-5 203 €	1	0,09 €	0,04 €	7561	0,13 €	
12	651,4 €	0,0 €	€651	-5,8%	-3 882 €	-4 699 €	1	0,09 €	0,04 €	7524	0,12 €	
13	654,6 €	0,0 €	€655	-4,4%	-3 227 €	-4 203 €	1	0,09 €	0,05 €	7486	0,11 €	
14	657,8 €	0,0 €	€658	-3,2%	-2 570 €	-3 714 €	1	0,09 €	0,05 €	7448	0,11 €	
15	661,1 €	-1 149,0 €	-€488	-4,1%	-3 058 €	-4 070 €	1	0,09 €	0,05 €	7411	0,11 €	
16	664,3 €	0,0 €	€664	-2,9%	-2 393 €	-3 595 €	1	0,09 €	0,05 €	7374	0,10 €	
17	667,6 €	0,0 €	€668	-1,9%	-1 726 €	-3 128 €	1	0,09 €	0,05 €	7337	0,10 €	
18	670,9 €	0,0 €	€671	-1,0%	-1 055 €	-2 667 €	1	0,09 €	0,05 €	7301	0,09 €	
19	674,3 €	0,0 €	€674	-0,3%	-380 €	-2 213 €	1	0,10 €	0,05 €	7264	0,09 €	
20	677,6 €	0,0 €	€678	0,3%	297 €	-1 766 €	1	0,10 €	0,05 €	7228	0,08 €	
21	681,0 €	0,0 €	€681	0,8%	978 €	-1 326 €	1	0,10 €	0,05 €	7192	0,08 €	
22	684,3 €	0,0 €	€684	1,2%	1 662 €	-892 €	1	0,10 €	0,05 €	7156	0,08 €	
23	687,7 €	0,0 €	€688	1,6%	2 350 €	-464 €	1	0,10 €	0,05 €	7120	0,07 €	
24	691,1 €	0,0 €	€691	2,0%	3 041 €	-43 €	1	0,10 €	0,05 €	7084	0,07 €	
25	694,5 €	0,0 €	€695	2,3%	3 736 €	372 €	0	0,10 €	0,05 €	7049	0,07 €	
26	698,0 €	0,0 €	€698	2,6%	4 434 €	781 €	0	0,10 €	0,05 €	7014	0,07 €	
27	701,4 €	0,0 €	€701	2,8%	5 135 €	1 184 €	0	0,10 €	0,05 €	6979	0,06 €	
28	704,9 €	0,0 €	€705	3,0%	5 840 €	1 581 €	0	0,10 €	0,05 €	6944	0,06 €	
29	708,4 €	0,0 €	€708	3,2%	6 549 €	1 972 €	0	0,11 €	0,05 €	6909	0,06 €	
30	711,9 €	0,0 €	€712	3,4%	7 260 €	2 357 €	0	0,11 €	0,05 €	6874	0,06 €	
Yhteensä	14 458,7 €	-12 639,0 €					24			221989		
Yhteenveto: investoinnin tuotto- ja kannattavuuslaskelmat												
Investoinnin nettonykyarvo eli			2 357 € euroa									
Takaisinmaksuaika			24 vuotta									
Vertaa:												
Aurinkosähkön			5,7 snt/kWh									
Arvioitu ostosähkön keskimääräinen			9 snt/kWh									

Aurinkosähkön kannattavuus laskelma Jokiranta 15 kWp järjestelmä
suuntaus 50 % etelä-20 ja 50% länsi-20

Aurinkosähkön tuotto- ja talouslaskelmat elinkaaren aikana:											
Järjestelmän elinikä vuosina	Oman sähköntuotannon arvo ja myyntituotot €	Investointi- ja ylläpito-kustannukset €	Kassavirta €/v	Investoinnin sisäisiä korkokantoja % (IRR)	Investoinnin kumulatiivinen tuotto €/v (0% korko)	Investoinnin nettohyötyarvoja (NPV) valitulla laskentakorolla	Takaisinmaksuaika valitulla investoinnin laskentakorolla	Ostosähkön hinta [eur/kWh]	Myyntiin menevän ylijäämäsähkön hinta [eur/kWh]	Aurinkosähkön tuotanto kWh/v	Aurinkosähkön tuotanto hinta LCOE [eur/kWh]
0	0,0 €	-15 452,0 €	-€15 452		-15 452 €			0,08 €		0	
1	887,2 €	0,0 €	€887	-94,3%	-14 565 €	-14 296 €	1	0,08 €	0,04 €	11925	
2	891,6 €	0,0 €	€892	-72,9%	-13 673 €	-13 456 €	1	0,08 €	0,04 €	11865	0,65 €
3	896,0 €	0,0 €	€896	-54,1%	-12 777 €	-12 628 €	1	0,08 €	0,04 €	11806	0,43 €
4	900,5 €	0,0 €	€900	-40,5%	-11 877 €	-11 813 €	1	0,08 €	0,04 €	11747	0,33 €
5	904,9 €	0,0 €	€905	-30,8%	-10 972 €	-11 009 €	1	0,08 €	0,04 €	11688	0,26 €
6	909,4 €	0,0 €	€909	-23,7%	-10 062 €	-10 217 €	1	0,08 €	0,04 €	11630	0,22 €
7	913,9 €	0,0 €	€914	-18,4%	-9 148 €	-9 437 €	1	0,08 €	0,04 €	11572	0,19 €
8	918,4 €	0,0 €	€918	-14,3%	-8 230 €	-8 669 €	1	0,09 €	0,04 €	11514	0,16 €
9	923,0 €	0,0 €	€923	-11,1%	-7 307 €	-7 912 €	1	0,09 €	0,04 €	11456	0,15 €
10	927,5 €	0,0 €	€928	-8,6%	-6 380 €	-7 166 €	1	0,09 €	0,04 €	11399	0,13 €
11	932,1 €	0,0 €	€932	-6,6%	-5 447 €	-6 431 €	1	0,09 €	0,04 €	11342	0,12 €
12	936,7 €	0,0 €	€937	-4,9%	-4 511 €	-5 707 €	1	0,09 €	0,04 €	11285	0,11 €
13	941,4 €	0,0 €	€941	-3,5%	-3 569 €	-4 993 €	1	0,09 €	0,05 €	11229	0,10 €
14	946,0 €	0,0 €	€946	-2,4%	-2 623 €	-4 290 €	1	0,09 €	0,05 €	11173	0,10 €
15	950,7 €	-1 545,2 €	-€594	-3,1%	-3 218 €	-4 723 €	1	0,09 €	0,05 €	11117	0,10 €
16	955,4 €	0,0 €	€955	-2,0%	-2 262 €	-4 041 €	1	0,09 €	0,05 €	11061	0,09 €
17	960,2 €	0,0 €	€960	-1,0%	-1 302 €	-3 369 €	1	0,09 €	0,05 €	11006	0,09 €
18	964,9 €	0,0 €	€965	-0,2%	-337 €	-2 706 €	1	0,09 €	0,05 €	10951	0,08 €
19	969,7 €	0,0 €	€970	0,4%	632 €	-2 054 €	1	0,10 €	0,05 €	10896	0,08 €
20	974,5 €	0,0 €	€974	1,0%	1 607 €	-1 411 €	1	0,10 €	0,05 €	10842	0,07 €
21	979,3 €	0,0 €	€979	1,5%	2 586 €	-777 €	1	0,10 €	0,05 €	10787	0,07 €
22	984,2 €	0,0 €	€984	1,9%	3 570 €	-153 €	1	0,10 €	0,05 €	10734	0,07 €
23	989,0 €	0,0 €	€989	2,3%	4 559 €	462 €	0	0,10 €	0,05 €	10680	0,07 €
24	993,9 €	0,0 €	€994	2,6%	5 553 €	1 067 €	0	0,10 €	0,05 €	10626	0,06 €
25	998,8 €	0,0 €	€999	2,9%	6 552 €	1 664 €	0	0,10 €	0,05 €	10573	0,06 €
26	1 003,8 €	0,0 €	€1 004	3,2%	7 556 €	2 252 €	0	0,10 €	0,05 €	10520	0,06 €
27	1 008,8 €	0,0 €	€1 009	3,4%	8 565 €	2 832 €	0	0,10 €	0,05 €	10468	0,06 €
28	1 013,8 €	0,0 €	€1 014	3,6%	9 579 €	3 403 €	0	0,10 €	0,05 €	10416	0,05 €
29	1 018,8 €	0,0 €	€1 019	3,8%	10 597 €	3 965 €	0	0,11 €	0,05 €	10363	0,05 €
30	1 023,8 €	0,0 €	€1 024	4,0%	11 621 €	4 519 €	0	0,11 €	0,05 €	10312	0,05 €
YHTEENSÄ	20 793,8 €	-16 997,2 €					22			332984	
Yhteenveto: investoinnin tuotto- ja kannattavuuslaskelmat											
Investoinnin nettohyötyarvo eli			4 519 €	euroa							
Takaisinmaksuaika			22	vuotta							
Vertaa:											
Aurinkosähkön			5,1	snt/kWh							
Arvioitu ostosähkön keskimääräinen			9	snt/kWh							

Aurinkosähkön kannattavuus laskelma Jokiranta 20 kWp järjestelmä
suuntaus 50 % etelä-20 ja 50% länsi-20

Aurinkosähkön tuotto- ja talouslaskelmat elinkaaren aikana:											
Järjestelmän elinikä vuosina	Oman sähköntuotannon arvo ja myyntituotot €	Investointi- ja ylläpito-kustannukset €	Kassavirta €/v	Investoinnin sisäisiä korkokantoja % (IRR)	Investoinnin kumulatiivinen tuotto €/v (0% korko)	Investoinnin nettonykyarvoja (NPV) valitulla laskentakorolla	Takaisinmaksuaika valitulla investoinnin laskentakorolla	Ostosähkön hinta [eur/kWh]	Myyntiin menevän ylijäämäsähkön hinta [eur/kWh]	Aurinkosähkön tuotanto kWh/v	Aurinkosähkön tuotanto hinta LCOE [eur/kWh]
0	0,0 €	-20 199,0 €	-€20 199		-20 199 €			0,08 €		0	
1	1 144,8 €	0,0 €	€1 145	-94,3%	-19 054 €	-18 703 €	1	0,08 €	0,04 €	15900	
2	1 150,5 €	0,0 €	€1 150	-73,1%	-17 904 €	-17 618 €	1	0,08 €	0,04 €	15821	0,64 €
3	1 156,2 €	0,0 €	€1 156	-54,4%	-16 748 €	-16 550 €	1	0,08 €	0,04 €	15741	0,43 €
4	1 161,9 €	0,0 €	€1 162	-40,8%	-15 586 €	-15 498 €	1	0,08 €	0,04 €	15663	0,32 €
5	1 167,6 €	0,0 €	€1 168	-31,0%	-14 418 €	-14 461 €	1	0,08 €	0,04 €	15584	0,26 €
6	1 173,4 €	0,0 €	€1 173	-23,9%	-13 245 €	-13 440 €	1	0,08 €	0,04 €	15506	0,21 €
7	1 179,2 €	0,0 €	€1 179	-18,6%	-12 065 €	-12 433 €	1	0,08 €	0,04 €	15429	0,18 €
8	1 185,1 €	0,0 €	€1 185	-14,5%	-10 880 €	-11 442 €	1	0,09 €	0,04 €	15352	0,16 €
9	1 190,9 €	0,0 €	€1 191	-11,3%	-9 689 €	-10 465 €	1	0,09 €	0,04 €	15275	0,14 €
10	1 196,8 €	0,0 €	€1 197	-8,8%	-8 493 €	-9 502 €	1	0,09 €	0,04 €	15199	0,13 €
11	1 202,7 €	0,0 €	€1 203	-6,8%	-7 290 €	-8 554 €	1	0,09 €	0,04 €	15123	0,12 €
12	1 208,7 €	0,0 €	€1 209	-5,1%	-6 081 €	-7 619 €	1	0,09 €	0,04 €	15047	0,11 €
13	1 214,7 €	0,0 €	€1 215	-3,7%	-4 866 €	-6 699 €	1	0,09 €	0,05 €	14972	0,10 €
14	1 220,7 €	0,0 €	€1 221	-2,5%	-3 646 €	-5 792 €	1	0,09 €	0,05 €	14897	0,09 €
15	1 226,7 €	-1 615,9 €	-€389	-2,9%	-4 035 €	-6 075 €	1	0,09 €	0,05 €	14822	0,09 €
16	1 232,8 €	0,0 €	€1 233	-1,8%	-2 802 €	-5 195 €	1	0,09 €	0,05 €	14748	0,09 €
17	1 238,9 €	0,0 €	€1 239	-0,9%	-1 563 €	-4 327 €	1	0,09 €	0,05 €	14675	0,08 €
18	1 245,0 €	0,0 €	€1 245	-0,2%	-318 €	-3 473 €	1	0,09 €	0,05 €	14601	0,08 €
19	1 251,2 €	0,0 €	€1 251	0,5%	933 €	-2 631 €	1	0,10 €	0,05 €	14528	0,08 €
20	1 257,4 €	0,0 €	€1 257	1,0%	2 190 €	-1 801 €	1	0,10 €	0,05 €	14456	0,07 €
21	1 263,6 €	0,0 €	€1 264	1,5%	3 454 €	-984 €	1	0,10 €	0,05 €	14383	0,07 €
22	1 269,9 €	0,0 €	€1 270	1,9%	4 724 €	-178 €	1	0,10 €	0,05 €	14311	0,07 €
23	1 276,2 €	0,0 €	€1 276	2,3%	6 000 €	615 €	0	0,10 €	0,05 €	14240	0,06 €
24	1 282,5 €	0,0 €	€1 282	2,6%	7 283 €	1 397 €	0	0,10 €	0,05 €	14169	0,06 €
25	1 288,8 €	0,0 €	€1 289	2,9%	8 571 €	2 167 €	0	0,10 €	0,05 €	14098	0,06 €
26	1 295,2 €	0,0 €	€1 295	3,2%	9 867 €	2 926 €	0	0,10 €	0,05 €	14027	0,06 €
27	1 301,6 €	0,0 €	€1 302	3,4%	11 168 €	3 673 €	0	0,10 €	0,05 €	13957	0,05 €
28	1 308,1 €	0,0 €	€1 308	3,6%	12 476 €	4 410 €	0	0,10 €	0,05 €	13887	0,05 €
29	1 314,5 €	0,0 €	€1 315	3,8%	13 791 €	5 136 €	0	0,11 €	0,05 €	13818	0,05 €
30	1 321,0 €	0,0 €	€1 321	4,0%	15 112 €	5 851 €	0	0,11 €	0,05 €	13749	0,05 €
YHTEENSÄ	26 830,7 €	-21 814,9 €					22			443978	
Yhteenveto: investoinnin tuotto- ja kannattavuuslaskelmat											
	Investoinnin nettonykyarvo eli		5 851 €	euroa							
	Takaisinmaksuaika		22	vuotta							
Vertaa:											
	Aurinkosähkön		4,9	snt/kWh							
	Arvioitu ostosähkön keskimääräine		9	snt/kWh							

Liite 5

TARJOUS OY X

Suuntaan antavia hintoja ohessa.

1. n. 10 kWp n. 12000€ ALV 0% etelä, 13000€ ALV 0% itä/länsi
2. n. 20 kWp n. 19000€ ALV 0% etelä, 20000€ ALV 0% itä/länsi

Järjestelmän tuotossa on aina vaihtelua vuosittain, mutta keskiarvot niille voidaan arvioida ilmansuunnan, kallistuskulman ja paneeliston tehon perusteella:

- 1) 10kWp etelään: ~9200 kWh/v
 - 2) 10 kWp itä/länsi: ~7700 kWh/v
- 20 kWp: ~tuplasti edelliset riippuen sijoittelusta

TARJOUS OY X

36 paneelia 285W// 10,26 kWp syystarjous 12.800€ sis.alv 24%
Tämä hinta voimassa 31.10 saakka!

Tarjous

PREMIUM aurinkovoimala

AURINKOPANEELIT

Paneelimalli:	305 W Lasi-Lasi yksikidepaneeli (musta)
Valmistaja:	ZNShine Solar
Paneelimäärä:	34 kpl
Yhteisteho:	10,37 kWp
Materiaalitakuu:	12 vuotta
Tuottotakuu:	30 vuotta / 83%
Maahantuojaja:	Scanoffice

INVERTTERI

Invertteri:	12,0 kWp
Merkki:	SofarSolar
Takuu:	10 vuotta

KIINNIKKEET

Valmistaja:	Orima
Takuu:	30 vuotta

ASENNUS

1. Kannakekiinnikkeiden asennus
2. Paneelikiskojen asennus
3. Paneelien asennus
4. Sähkökaapeleiden asennus
5. Invertterin ja turvakytkimien asennus
6. Invertterin kytkeminen sähköverkkoon
7. Loppusiivous
8. Mittaus ja mittauspöytäkirjan laatiminen
9. Käyttöönotto-opastus asiakkaalle

Asennustakuu: 5 vuotta

Urakkahinta: 13843,94 € sis.alv 24%

Työn osuus urakkahinnasta: 4845,38 € sis.alv 24%
Kotitalousvähennys 1938,15 € sis.alv 24%

Hinta kotitalousvähennyksen jälkeen:

11 905,79 € sis.alv 24%

