Kimmo Hanhela

AURINKOPANEELIJÄRJESTELMÄN KANNATTAVUUDEN ARVIOINTI MAATILALLE

Opinnäytetyö
CENTRIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Insinööri (AMK), Sähkö- ja automaatiotekniikka
Maaliskuu 2023

TIIVISTELMÄ OPINNÄYTETYÖSTÄ

Centria-ammattikorkeakoulu	**Aika** Maaliskuu 2023	**Tekijä/tekijät** Kimmo Hanhela
Koulutus Sähkö- ja automaatiotekniikka		☒ AMK ☐ YAMK
Työn nimi AURINKOPANEELIJÄRJESTELMÄN KANNATTAVUUDEN ARVIOINTI MAATILALLE		
Työn ohjaaja Aki Suokko		**Sivumäärä** 27

Johtuen vuonna 2022 Venäjän aloittamasta sodasta Ukrainaa vastaan sähkön hinta alkoi nousemaan roimasti ja pysyy korkealla ennusteiden mukaan ainakin ajoittain myös vuonna 2024. Pakotteiden vuoksi Venäjältä tuodun sähkön ja kaasun toimitukset on katkaistu. Kylmän talven aikana Suomen oma sähköntuotanto ei välttämättä riitä kattamaan tuonnin loppumisesta johtuvaa vajetta, joten suunnitellut kiertävät sähkökatkokset talven aikana ovat mahdollisia.

Korkeasta sähkön hinnasta johtuen yritykset ja kotitaloudet ovat alkaneet etsimään ratkaisuja sähkönkulutuksen pienentämiseksi. Erilaiset mikrotuotantolaitokset ovat yksi keino vähentää verkosta ostettavan sähkön määrää, ja ne ovat kasvattaneet suosiotaan reilusti viime aikoina.

Tässä opinnäytetyössä perehdyttiin aurinkopaneelijärjestelmän mitoittamiseen maatilalle ja investoinnin kannattavuuden arviointiin. Lopputuloksena maatilalle saatiin mitoitettua sopivan tehoinen aurinkopaneelijärjestelmä ja investoinnille laskettua takaisinmaksuaikoja eri suuruisilla verkosta ostettavan sähkön hinnoilla. Aurinkopaneeleilla tuotetulle sähkölle laskettiin myös omakustannushinta, jota voidaan verrata ostetun sähkön hintaan kannattavuutta arvioitaessa.

Asiasanat
Aurinkopaneelijärjestelmä, investointituki, kulutusprofiili, mikrotuotantolaitos, mitoitus, omakustannushinta, sähkövero, takaisinmaksuaika.

ABSTRACT

Centria University of Applied Sciences	**Date** March 2023	**Author** Kimmo Hanhela
Degree programme Electrical and automation engineering		
Name of thesis EVALUTION OF PROFITABILITY OF SOLAR PANER SYSTEM ON A FARM		
Centria supervisor Aki Suokko		**Pages** 27

Due to the war started by Russia against Ukraine in 2022, the price of electricity started to rise sharply and according to forecasts and it will remain high at least occasionally inte year 2024 as well. Due to sanctions, deliveries of electricity and gas import from Russia have been cut off. During the cold winter, Finland's own electricity production is not necessarily enough to cover the shortfall due to the end of imports, so planned rotation power cuts during the winter are possible.

Due to the high price of electricity, companies and households have started looking for solutions to reduce electricity consumption. Various micro-generation plants are one way to reduce the amount of electricity purchased from the grid, and they have grown in popularity considerably recently.

In this thesis, the sizing of the solar panel system for a farm and the evaluation of the profitability of the investment were studied. As a result, a suitably efficient solar panel system was sized for the farm and payback times were calculated for the investment at different prices for electricity purchased from the grid. A cost price was also calculated for the electricity produced by solar panels, which can be compared to the price of purchased electricity when evaluating profitability.

Key words
Consumption profile, dimensioning, electricity tax, investment support, levelized cost of electricity, microgeneration-plant, repayment period, solar panel system.

KÄSITTEIDEN MÄÄRITTELY

Invertteri

Tasasuuntaaja, jolla muutetaan aurinkopaneelien tuottama tasasähkö vaihtosähköksi.

kVA

kilovolttiampeeri

kWh

kilowattitunti

kWp

kilowattipiikki eli aurinkopaneelijärjestelmän huipputeho

LCOE

Levelized cost of electricity eli omakustannushinta

Off-Grid-järjestelmä

Yleisestä sähkönjakeluverkostosta irti oleva järjestelmä

Omakustannushinta

Sama kuin tasoitettu tuotantokustannushinta eli LCOE

On-Grid-järjestelmä

Yleiseen sähkönjakeluverkkoon liitetty järjestelmä

TIIVISTELMÄ
ABSTRACT
KÄSITTEIDEN MÄÄRITTELY
SISÄLLYS

1 JOHDANTO 1

2 MAATILAN LÄHTÖTILANTEEN ESITTELY 2

3 AURINKOPANEELIJÄRJESTELMIEN YLEISIMMÄT TOTEUTUSTAVAT 3
3.1 Ylläpito 5
3.2 Asennuspaikan vaikutukset 5
3.2.1 Säteilyn määrä 6
3.2.2 Asennuskulma 6
3.2.3 Varjostukset 7
3.2.4 Lämpötila 7

4 AURINKOPANEELEILLA TUOTETUN SÄHKÖN OSUUS KULUTUKSESTA 8
4.1 Mitoitusperiaatteet 8
4.1.1 Mitoitus pohjakulutuksen mukaan 9
4.1.2 Mitoitus keskimääräisen kuukausikulutuksen mukaan 9
4.1.3 Mitoitus keskimääräisen vuosikulutuksen mukaan 9

5 TUET 11
5.1 Maatalouden investointituki 11
5.2 Sähkövero 11

6 OMAKUSTANNUSHINTA ELI LCOE 12

7 ESIMERKKISUUNNITELMA MAITOKAUHA 13
7.1 Järjestelmän mitoitus 13
7.2 Takaisinmaksuajan herkkyystarkastelu 14
7.3 Järjestelmän LCOE tarkastelu 15
7.4 Investoinnin kannattavuuden arviointi 18

8 YHTEENVETO 19

LÄHTEET 20

KUVIOT

KUVIO 1. Sähkön myynti- ja ostohinnan rakenne 8
KUVIO 2. Kulutuskaavio 10
KUVIO 3. Kaava laskettaessa sähkön omakustannehintaa 12
KUVIO 4. Verkkoyhtiöltä saatu heinäkuun 2022 kulutusprofiili 14
KUVIO 5. Verkkoyhtiöltä saatu kesäkuun 2022 kulutusprofiili 14

KUVAT

KUVA 1. Esimerkki aurinkopaneelien asentamisesta katolle 3
KUVA 2. Esimerkki aurinkopaneelien asentamisesta seinälle 4
KUVA 3. Esimerkki aurinkopaneelien asentamisesta maahan 5

TAULUKOT

TAULUKKO 1. Takaisinmaksuajan laskelma 15
TAULUKKO 2. Maitokauhan aurinkopaneelijärjestelmän optimaalinen tuotto 20 vuoden aikana huomioiden 0,5 prosentin vuosittaisen tuoton heikkenemän 16
TAULUKKO 3. Eri korkoprosenttien vaikutus omakustannushintoihin laina-ajan ollessa 20 vuotta... 18

1 JOHDANTO

Viimeisen vuoden aikana sähkön hinta on noussut varsinkin kuluttajille tarkoitetuissa määräaikaisissa ja kiinteähintaisissa sopimuksissa roimasti ja pysyy korkealla ennusteiden mukaan myös vuonna 2024. Tämän vuoksi kotitaloudet ja yritykset ovat alkaneet miettimään keinoja sähkön kulutuksen pienentämiseksi.

Venäjän Ukrainaan kohdistuvan hyökkäys sodan takia Venäjältä tuodusta energiasta iso osa on jäänyt toistaiseksi pois käytöstä pakotteiden ja vastapakotteiden muodossa. Suomen kantaverkkoyhtiö Fingrid Oyj lopetti tuonti mahdollisuuden Venäjältä (Vanhala 2022) ja Suomen oma sähkön tuotanto ei välttämättä riitä korvaamaan tätä vajetta suuren sähkönkysynnän hetkillä. Tästä ja kohonneesta maakaasun hinnasta johtuen suuren sähkönkulutuksen aikana talvella 2022—2023 on mahdollisesti luvassa kiertäviä sähkökatkoja. (Fingrid 2022.) Kotitalouksia ja yrityksiä on kehotettu vähentämään sähkönkulutusta, ja tämän seurauksena erilaiset mikrotuotantolaitokset ovat alkaneet kiinnostamaan energiatuotanto ratkaisuna. Samalla sähkönkulutusta pyritään siirtämään edullisemman sähkönhinnan ajalle (tuntikohtaiset sähkömarkkinat, joista suuret toimijat ovat jo pitkään sähkönsä ostaneet). Kuluttajat ovat selvästi pienentäneet kulutustaan korkeiden hintojen sähkösopimusten yleistyttyä. Osa kuluttajistakin on siirtynyt tuntikohtaista hinnoittelua sisältäviin pörssisähkösopimuksiin, mikä on hyvä asia. Näin yhä suuremmalla osalla Suomen sähkönkulutuksesta on hintakannusteet siirtää kulutusta korkean kysynnän ajasta matalamman kysynnän ajanhetkeen, jolloin kaikki voittavat. On hyvä muistaa, että jos sähkönkulutusta pystytään pienentämään esimerkiksi 5 %, kun siitä on suuri kysyntä, voi sähkönhinta sähkömarkkinoilla laskea jopa kymmeniä prosentteja. (Suokko 2023.) Mikrotuotantolaitoksella tarkoitetaan kiinteistön sähköverkkoon kytkettyä sähkötuotantolaitteistoa, kuten aurinkopaneelijärjestelmää tai pientä tuulivoimalaa (Motiva 2022d).

Opinnäytetyössä tarkastelin Pohjois-pohjanmaalla Merijärvellä sijaitsevan maatalousyhtymä Maitokauhan sähkönkulutusprofiilia ja mitoitin siihen sopivan aurinkopaneelijärjestelmän. Laskin myös järjestelmän hankinnan kannattavuutta ja takaisinmaksuaikaa.

2 MAATILAN LÄHTÖTILANTEEN ESITTELY

Maatalousyhtymä Maitokauha sijaitsee Pohjois-Pohjanmaan maakunnassa Merijärvellä. Tilalla työskentelee 5 henkilöä. Tilan viljelty peltoala on noin 180 hehtaaria. Lypsäviä lehmiä on noin 100 kappaletta ja nuorta karjaa noin 60 kappaletta. Pelloilla viljeltiin viime vuonna ohraa, vehnää, kauraa ja nurmea. (Kuoppala 2022.)

Maitokauhan sähkönenergian hinta on moninkertaistumassa, koska määräaikainen sähkösopimus on päättymässä. Tästä johtuen maatalousyrittäjä harkitsee esimerkiksi aurinkopaneelijärjestelmän ja biokaasulaitoksen hankkimista. Tässä opinnäytetyössä mitoitin aurinkopaneelijärjestelmän maatilan kulutusprofiilin mukaisesti ja laskin hankinnan kannattavuutta. Mahdollinen biokaasulaitoksen tarkastelu rajatiin pois tästä opinnäytetyöstä, koska siitä tehdään erillinen opinnäytetyö.

Pyysin maatalousyrittäjää kysymään sähkönmyyntiyhtiöstä heidän kulutusprofiiliraporttiansa. Käytin laskelmissa esimerkiksi tunti-, kuukausi- ja vuosikulutukseen perustuvia kulutuksia. Maitokauhan koko vuoden 2021 sähkönkulutus oli noin 140 000 kilowattituntia ja sähkönhinta sisältäen siirtomaksun ennen hinnan korotusta on 13,04 snt/kWh. Näin voi laskea, että sähköön kului maatilalla siirtomaksuineen ja veroineen noin 18 300 euroa. Sähkön hinnan moninkertaistuminen vastaisi näin maatilalla helposti usean työntekijän palkkakustannusta suuruudeltaan.

3 AURINKOPANEELIJÄRJESTELMIEN YLEISIMMÄT TOTEUTUSTAVAT

Aurinkopaneelijärjestelmiä on kahta eri tyyppiä sähköverkkoliitynnän perusteella jaoteltuna. Ne ovat sähkönjakeluverkkoon liitetty järjestelmä eli On-Grid-järjestelmä sekä sähköverkosta riippumattomasti toimiva Off-Grid-järjestelmä. On-Grid-järjestelmässä oleva invertteri vaihtosuuntaa paneeleista tulevan tasasähkön vaihtosähköksi, jolloin se voidaan kytkeä kiinteistön sähköverkkoon. Tällä tavoin mahdollinen sähkön ylituotanto, eli tuotanto yli oman kulutuksen, voidaan myydä jakeluverkkoon muiden sähkönkäyttäjien hyödynnettäväksi. Off-Grid-järjestelmä on irti yleisestä sähkönjakeluverkostosta. Järjestelmä toteutetaan yleensä tasasähköjärjestelmänä, jolloin tavallisia vaihtovirralla toimivia sähkölaitteita käytettäessä pitää laitteistoon lisätä invertteri eli vaihtosuuntaaja. Off-Grid-järjestelmiä on yleensä matkailuajoneuvoissa tai kesämökeillä, joita ei ole liitetty yleiseen sähköverkkoon. (Tukes 2022.)

Aurinkopaneelijärjestelmät toteutetaan yleensä katto-, seinä- tai maa-asennuksina. Kattoasennuksissa aurinkopaneelit sijoitetaan kiinteistöjen katolle yleensä etelälappeelle. Tällaisen järjestelmän tuottoon vaikuttaa myös katon kaltevuus, jota käsittelen tarkemmin luvussa 3.2 asennuspaikan vaikutuksissa. Yleensä kaikille kattotyypeille löytyy sopiva kiinnitysjärjestelmä ja tasakatoille asennettaessa käytetään asennustelineitä, jolloin suuntauskin onnistuu helposti. (Finnwind 2022; Motiva 2022a.)

KUVA 1. Esimerkki aurinkopaneelien asentamisesta katolle (Hanhela 2015).

Asennettaessa aurinkopaneelit seinälle ne tuottavat enemmän sähköä keväällä ja syksyllä, koska aurinko paistaa tuolloin matalammalta kuin kesällä. Kun aurinkopaneelien asennusta suunnitellaan, on hyvä myös miettiä rakennuksen ulkonäköä, jotta se olisi myös visuaalisesti toimiva. Paneeleita voidaan käyttää korvaamaan julkisivurakenteita. (Finnwind 2022; Motiva 2022a.)

KUVA 2. Esimerkki aurinkopaneelien asentamisesta seinälle (Puro 2020).

Maa-asennuksissa aurinkopaneelit asennetaan telineisiin, joiden perustuksena voidaan käyttää esimerkiksi ruuvipaalua. Routimattomalle alustalle paneelit voidaan asentaa samankaltaisiin painotettuihin telineisiin kuin tasakatolle. Maa-asennukset soveltuvat parhaiten suurille järjestelmille kuten aurinkosähköpuistoille. (Finnwind 2022; Motiva 2022a.)

KUVA 3. Esimerkki aurinkopaneelien asentamisesta maahan (Lehmuskoski 2018).

3.1 Ylläpito

Aurinkopaneelijärjestelmien huoltaminen on melko vaivatonta, eivätkä ne yleensä vaadi paljon ylläpitoa. Paneelien päällä olevat roskat estävät paneeleiden optimaalisen toimimisen, joten niiden päälle kertyvät esimerkiksi puunlehdet voidaan poistaa pehmeällä harjalla tai huuhtomalla vedellä. Talvella sähkön tuotanto paneeleista on vähäistä, joten paneelien päälle kertyvän lumen poistamisen hyöty on minimaalinen. Lunta ei edes kannata poistaa paneeleilta, koska paneelien lasipinta saattaa vaurioitua. Kevätaurinko sulattaa lumen nopeasti tummalta paneelin pinnalta. Paneelit saattavat murtua, jos niiden päällä kävellään. Aurinkopaneelijärjestelmän suurin yksittäinen ylläpitokulu koostuu invertterin vaihdosta, joka joudutaan tekemään yleensä kerran järjestelmän elinkaaren aikana. Hintaan vaikuttaa järjestelmän teho. Invertterin hinta kasvaa, kun järjestelmän koko kasvaa. Järjestelmän liitoksia, kaapeleita ja muita osia kannattaa tarkistaa vuosittain. Invertterin ja sähköosien vaihtamisen saa tehdä vain sähköurakoitsija. Erityisesti Off-Grid-järjestelmiin kuuluvien akustojen tarkastus on syytä tehdä vuosittain. (Motiva 2022b.)

3.2 Asennuspaikan vaikutukset

Asennuspaikan vaikutuksiin vaikuttavat yleensä auringon säteilyn määrä, asennuskulma, varjostukset sekä lämpötila.

3.2.1 Säteilyn määrä

> Auringon kokonaissäteily koostuu auringosta suoraan tulevasta säteilystä ja hajasäteilystä. Hajasäteily on ilmakehän ja pilvien heijastamaa säteilyä sekä maasta heijastuvaa hajasäteilyä. (Motiva 2022c.)

Aurinkopaneelin sähköntuotannolle ei ole merkitystä se, mistä säteily tulee. Säteily voi tulla joko hajasäteilynä eli heijastuksena tai suoraan. Hajasäteilynä tuleva säteily esimerkiksi vedestä, lumesta tai kiiltävistä kattopinnoista voi lisätä hetkellisesti kokonaissäteilyn määrää jopa yli 20 prosenttia. Etelä-Suomessa vuosittainen kokonaissäteilyn määrä on verrattavissa Pohjois-Saksan vuosittaiseen säteilyn määrään. Suomessa tuotanto kuitenkin vaihtelee enemmän vuodenaikojen mukaan keskittyen kesäkuukausille. Euroopassa tuotanto jakautuu tasaisemmin ympäri vuoden. (Motiva 2022c.)

Lisäksi on hyvä huomata, että Suomessa aurinkosähköä saadaan suhteellisesti ajallisesti vähemmän silloin kun sähkön kysyntä on suurta, sillä sähkölämmityksen osuus on Suomessa suurempi kuin Keski-Euroopassa. Toisaalta monissa yksittäisissä kohteissa sähkön kulutusprofiili voi olla hyvinkin yhdenmukainen aurinkopaneelin tuotantoprofiilin kanssa. Tästä kenties paras esimerkki on jäähdytystarve esimerkiksi kylmäkoneikkojen muodossa ravintoloissa ja elintarvikemyymälöissä. (Suokko 2023.)

3.2.2 Asennuskulma

Maksimaalista vuosituottoa tavoiteltaessa Suomessa aurinkopaneelit kannattaa suunnata etelään. Suunnattaessa paneelit kohtisuoraan itään tai länteen vuosituotanto heikkenee huomattavasti. Hiukan itään tai länteen suunnattuna, esimerkiksi 10 astetta, aurinkopaneelin vuosituotanto ei olennaisesti muutu. Toisaalta kannattaa myös huomioida oma sähkönkulutuksen profiili, jolloin paneelien suuntaaminen itään tai länteen saattaa olla kannattavampaa. Suomessa aurinkopaneelien tuottoa ajatellen paneelien optimaalinen kallistuskulma on suurin piirtein 35—45 astetta. Alle 30 asteen ja yli 60 asteen kallistuskulmat paneeleissa heikentävät optimaalista vuosituotantoa. Pieni kallistuskulma aiheuttaa tuotannossa kausihuipun kesällä. Pystyyn asennetut paneelit tuottavat aurinkoenergiaa tasaisemmin keväästä syksyyn. Jos aurinkopaneelin tuottama sähkö on tarkoitus pyrkiä käyttämään kokonaan itse eikä myydä sähköverkkoon, on kannattavinta suunnata paneelit optimaalisesti vuosituotantoa ajatellen silloin kun kohteen kulutusprofiilissa ei ole suurta ”kesäpiikkiä”. Yleensä paneelijärjestelmät kuitenkin asennetaan katon lappeiden suuntaisesti sekä katon kaltevuuden mukaiseen kulmaan. (Motiva 2022a.)

3.2.3 Varjostukset

Optimaalisen tuotannon kannalta aurinkopaneelijärjestelmää suunniteltaessa on syytä huomioida paneeleille osuvat varjostukset. Varjostuksia voivat aiheuttaa esimerkiksi puut, korkeat rakennukset ja muut rakenteiden osat, kuten savupiippu. (Motiva 2022a.)

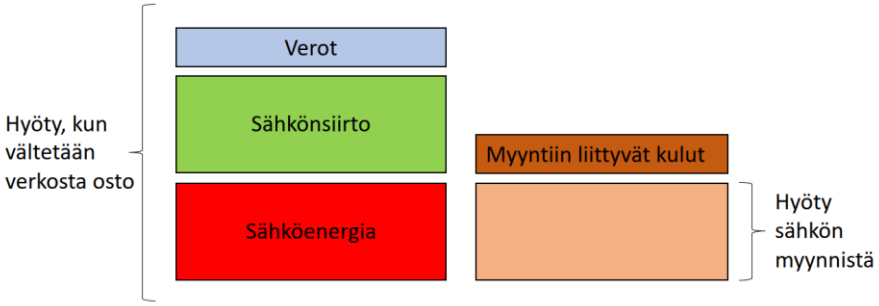
Aurinkopaneelien sisäiset kytkennät sekä paneelien sarjakytkentä yhdessä pienenkin varjostuman kanssa heikentää tuotantoa suuresti ja osa tuotannosta jää saamatta. Sarjaan kytketyn paneeliston jännite voi laskea niin paljon, että sen takia tuotanto lakkaa kokonaan. (Lehto, Orrberg, Ylinen & Andersén 2021, 21.)

3.2.4 Lämpötila

Aurinkopaneelien standardisoitu testilämpötila on 25 °C. Kahden celiusasteen nousu paneelin lämpötilassa pienentää paneelien tuotantoa prosentilla. Koska aurinkopaneelit ovat tummia ja ne asennetaan yleensä tummalle kattopinnalle, voi niiden lämpötila nousta helposti suorassa auringon paisteessa 70 celsius asteeseen. Tästä syystä johtuen paneelien sähkön tuotanto saattaa laskea enimmillään 30 prosenttia, jos rakenne on huonosti tuulettuva. Tällöin paneelien ja katon väliin jätettävä tuuletusväli voi olla kustannustehokas ratkaisu. On kuitenkin hyvä huomioida, että erilaisilla paneelityypeillä lämpötilan vaikutuksessa on vaihtelua. (Lehto ym. 2021, 22—23.)

4 AURINKOPANEELEILLA TUOTETUN SÄHKÖN OSUUS KULUTUKSESTA

Suurimman hyödyn taloudellisesti aurinkopaneeleilla tuotetusta sähköstä saa, kun sen pystyy hyödyntämään mahdollisimman kattavasti itse. Tällä tavoin hyödyn saa sähköverosta, verkkopalvelumaksusta ja sähköenergiasta. Jos ylituotantoa myydään sähköverkkoon, verkkoyhtiö maksaa siitä pienen energiaan sidotun korvauksen, ja näin hyöty siirrosta ja verosta jää saamatta. Aika ajoin korkea pörssisähkön hinta on toisaalta kasvattanut tätä korvausta. Sähkön hinnan ennustaminen pitkällä aikavälillä on haastavaa. Aurinkopaneelijärjestelmät maksavat suhteellisesti vähemmän järjestelmän koon kasvaessa, eli niissä on niin sanottua suuruuden ekonomiaa. Toisin sanoen suuren järjestelmän huipputeho kWp on suhteellisesti edullisempi. Aurinkopaneeleilla tuotetun sähkön käyttöosuutta voi mahdollisuuksien mukaan kasvattaa erilaisten ohjausratkaisuiden avulla. Esimerkiksi veden lämmityksen ajoittaminen päivän tuottavimmille hetkille, kun aurinkosähköä on hetkellisesti enemmän kuin muuta kulutusta. Myös liittämällä järjestelmään akuston voi niihin varastoida sähköä, jota voi käyttää silloin, kun tuotanto ei kata kulutusta. Nykyään on olemassa myös fyysisten akustojen korvaavia virtuaaliakkuja, joiden järjestelyistä sovitaan palveluntarjoajan kanssa. Yleisen näkemyksen mukaan investointi akkuun ei kannata On-Grid-järjestelmissä. (Aurinkosähköä kotiin 2022.)



KUVIO 1. Sähkön myynti- ja ostohinnan rakenne (mukaillen Motiva 2022f).

4.1 Mitoitusperiaatteet

Järkevästi mitoitetun aurinkopaneelijärjestelmän suunnittelussa pitää tuntea kohteen kulutustiedot. Näitä tietoja voidaan pyytää omalta verkkoyhtiöltä. Järjestelmä voi olla maksimissaan nimellisvirraltaan samansuuruinen kuin pääsulakkeen nimellisarvo. Aurinkopaneelit voidaan mitoittaa pohjakulutuksen, keskimääräisen kuukausikulutuksen tai keskimääräisen vuosikulutuksen mukaan. Vaikuttavia

tekijöitä ovat myös asennuspaikan pinta-ala sekä paneeleihin sijoitettavissa oleva rahamäärä. (Lehto ym. 2021, 94.)

4.1.1 Mitoitus pohjakulutuksen mukaan

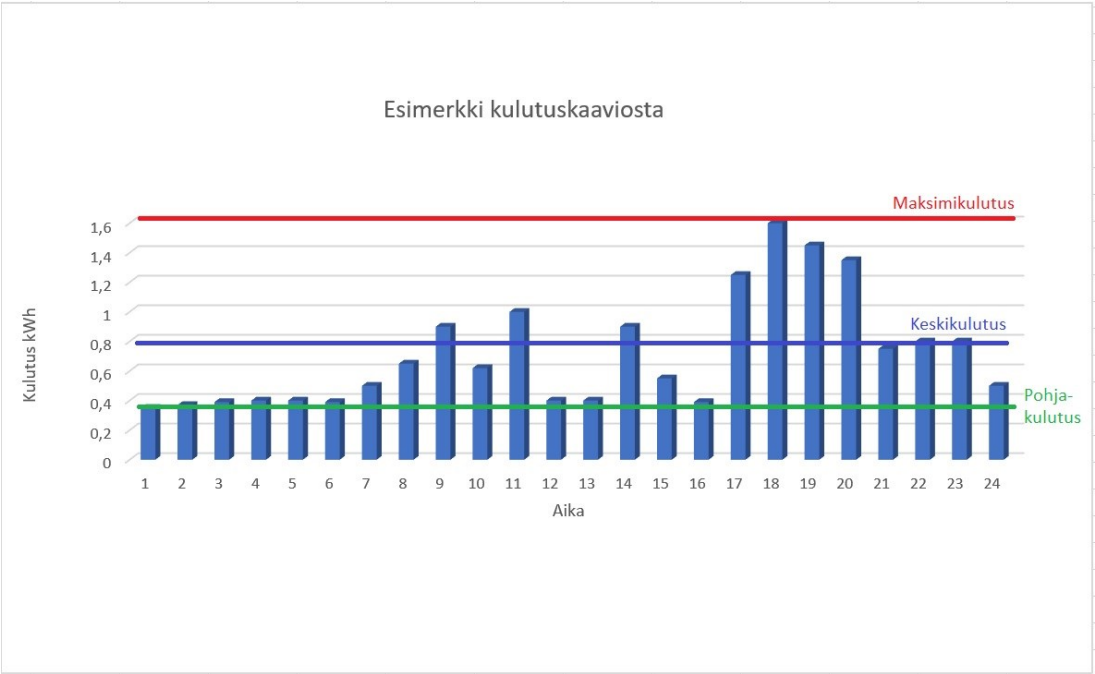
Aurinkopaneelijärjestelmä voidaan mitoittaa niin sanotun pohjakulutuksen mukaan. Tämä tapahtuu siten, että etsitään verkkoyhtiöltä pyydetyistä kulutustiedoista aurinkoisen ajan kuukausi, jossa on vähiten kokonaiskulutusta. Jos mahdollista tarkastellaan kulutusta jopa tuntikohtaisesti ja etsitään alhaisin tuntikulutus. Kun mitoitus tehdään pohjakulutuksen mukaan, saadaan järjestelmän kooksi yleensä taloudellisessa mielessä liian pienitehoinen järjestelmä. Toisaalta tällä tavalla mitoitetun järjestelmän kaikki tuotto käytetään itse ja verkkoon syötettävää myytävää sähköä ei juurikaan tuoteta. (Lehto ym. 2021, 96.)

4.1.2 Mitoitus keskimääräisen kuukausikulutuksen mukaan

Aurinkopaneelijärjestelmä voidaan mitoittaa keskimääräisen kuukausikulutuksen mukaan. Tällä tavoin aurinkopaneelijärjestelmän kooksi tulee hieman suurempi järjestelmä verrattuna pohjakulutukseen perustuvaan järjestelmään. Mitoitus tapahtuu verkkoyhtiöltä saatujen kulutustietojen perusteella ja laskelmalla sieltä keskimääräisen kuukausikulutuksen. Tällä tavoin mitoitetulla järjestelmällä tuotettu energia käytetään suurelta osin itse. Kuitenkin verkkoyhtiölle myytävän energian määrä on suurempi kuin pohjakulutuksen mukaan mitoitetulla järjestelmällä. (Lehto ym. 2021, 96.)

4.1.3 Mitoitus keskimääräisen vuosikulutuksen mukaan

Nettonollaenergiamitoitus eli mitoitus keskimääräisen vuosikulutuksen mukaan. Tällä tavalla mitoitetulla järjestelmällä on tarkoitus tuottaa vuositasolla yhtä paljon sähköä kuin sitä kulutetaan. Paneelijärjestelmän teho kasvaa reilusti verrattuna pohjakulutukseen tai keskimääräisen kuukausikulutukseen perustuvalla mitoitustavalla. Kun omaa kulutusta on vähän, syötetään sähköä verkonhaltijan verkkoon paljon. Tästä johtuen tällaisen järjestelmän kannattavuus heikkenee. (Lehto ym. 2021, 96.)



KUVIO 2. Kulutuskaavio (mukaillen Motiva 2022e).

5 TUET

Aurinkopaneelijärjestelmille on saatavissa erilaisia hankinta- ja investointitukija sekä erilaisia avustuksia. Tukien avulla investoinnin kannattavuus paranee ja takaisinmaksuaika lyhenee. Tukea voivat saada yritykset ja yhteisöt, maatilat, asunto-osakeyhtiöt sekä kotitaloudet. (Nivos 2022.) Sähkön mikrotuotantovoimalaitokset ovat vapautettuja sähköveron maksusta. Aiheesta lisää jäljempänä luvussa 5.2 Sähkövero.

5.1 Maatalouden investointituki

Aurinkopaneelijärjestelmän hankintaan maatiloille voidaan myöntää investointitukea enimmillään 40 prosenttia. Minimi-investointi, jolla tukea voi saada on 17 500 euroa, jolloin tuen osuus on 7000 euroa. ELY-keskuksen on annettava hyväksytty tukipäätös ennen kuin tilaussopimuksen saa tehdä ja rakentamisen voi aloittaa. Haettaessa tukea liitteeksi tulee laittaa liiketoimintasuunnitelma. Investointitukea voi saada vain aurinkopaneelijärjestelmään, jonka tuottamaa sähköä käytetään vain maatalouden omassa käytössä. (Nivos 2022.)

5.2 Sähkövero

Sähköveronmaksajia ovat verkonhaltijat ja sähköntuottajat. Sähkön ostajat, myyjät ja maahantuojat eivät ole verovelvollisia, paitsi ollessaan myös verkonhaltijoita tai sähköntuottajia. Kuitenkin sähkön pientuottajat ja mikrovoimalaitokset eli alle 100 kVA:n nimellistehoiset tuotantolaitokset saavat vapautuksen kaikista sähköverotuksen velvollisuuksista. Alle 100 kVA:n nimellistehoisten mikrovoimalaitoksien ei tarvitse tehdä tuotannostaan veroilmoitusta eikä rekisteröityä verovelvollisiksi. Jos tuotantolaitos on nimellisteholtaan yli 100 kVA:a ja sen tuotanto on enintään 800 000 kWh energiaa vuodessa, joutuu laitteiston haltija rekisteröitymään sähköverovelvolliseksi ja antamaan veroilmoituksen kerran vuodessa, jolloin vuosituotantorajaa voidaan valvoa. (Vero 2022.)

6 OMAKUSTANNUSHINTA ELI LCOE

Omakustannushinta eli LCOE (Levelized COst of Electricity) (joskus myös tasoitettu sähkön tuotantokustannus) tarkoittaa investoinnille laskettua omakustannusta eli varsinaista myyntikatetta ei ajatella olevan. LCOE-laskenta on paljon käytetty menetelmä aurinkopaneelien ja muiden uusien energiatuottavien laitejärjestelmien kannattavuuden arvioinnissa. LCOE-laskennalla saadaan aurinkopaneelijärjestelmällä tuotetun sähkön kustannus laskettua ja sitä voidaan verrata sähköverkosta ostetun sähkön hintaan. Omakustannushintaa ja verkkosähkön ostohintaa vertaamalla voidaan tehdä päätös, onko aurinkopaneelijärjestelmän hankinta taloudellisesti järkevää. Jos omakustannushinta (LCOE) alittaa verkkosähkön hinnan, on se kannattava, mikäli laskennassa käytetyt olosuhteet on valittu järkevästi. LCOE lasketaan yhdistämällä kaikki laitteiston elinkaaren aikaiset kulut tavallisimman annuiteettimenetelmää käyttäen, joita ovat esimerkiksi investointi- ja käyttökulut. Saatu summa jaetaan laitteiston odotetulla elinkaaren aikaisella sähköntuotannolla. (Auvinen 2020.) Tästä saatu summa on omalla aurinkopaneelijärjestelmällä tuotetun sähkön hinta. Saatu tulos on hinta per energiayksikkö, kuten €/kWh. Joskus kuitenkin laitteiston kustannusten arviointi pitkälle tulevaisuuteen on hankalaa. Toisaalta voi myös olla hankalaa verrata laskemalla saatua omatuotantohintaa verkosta ostettavaan sähkön hintaan, koska sähkön hinnan vaihtelua on haastavaa ennustaa pitkällä aikavälillä. Ei ole myöskään yksikäsitteistä tapaa valita laskentakorko investoinnille eikä investoinnin pitoaikakaan ole aivan yksiselitteinen valinta.

$$LCOE = \frac{Sum\ of\ costs\ over\ lifetime}{sum\ of\ electricity\ produced\ over\ lifetime}$$

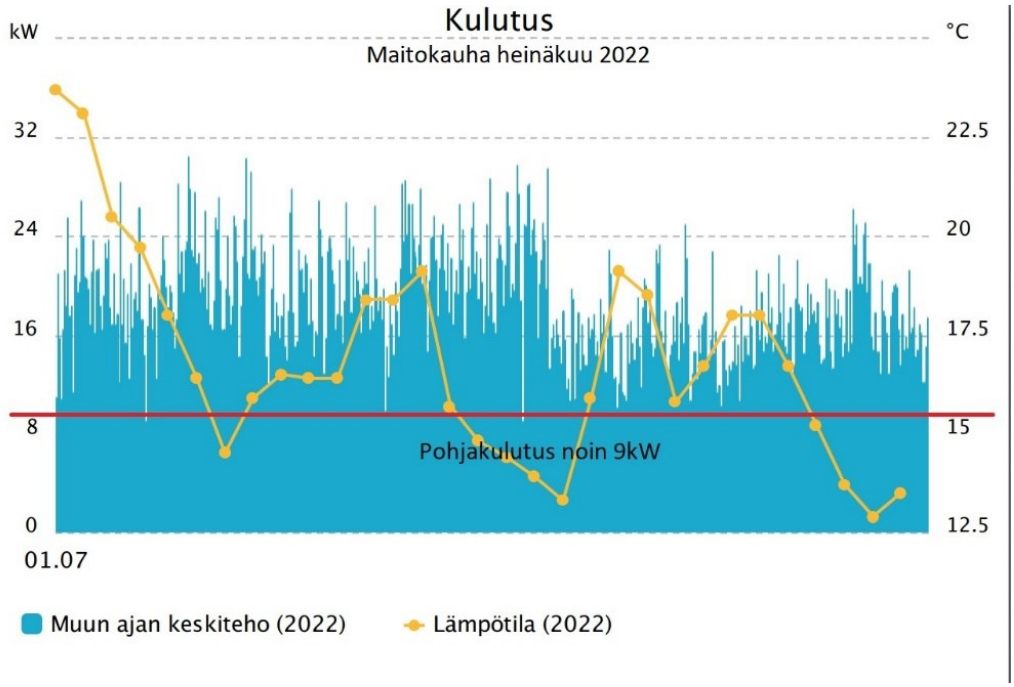
KUVIO 3. Kaava laskettaessa sähkön omakustannehintaa (DS New Energy 2019).

7 ESIMERKKISUUNNITELMA MAITOKAUHA

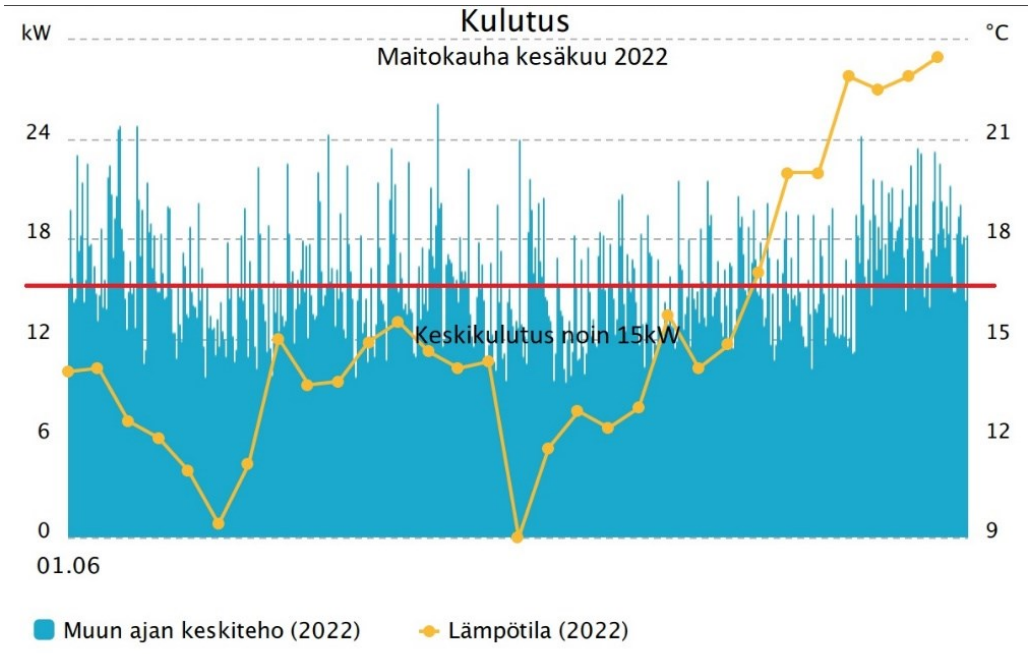
Maitokauhan aurinkopaneelijärjestelmän suunnittelu alkoi sillä, että haastattelin puhelimitse maatalousyrittäjä Arvo Salmua. Tiedustelin häneltä Maitokauhan kulutustietoja ja nykyisen sähkösopimuksen mukaista hintaa. Hän sai kulutustiedot nykyiseltä sähkönmyyjältään Excel- ja taulukkomuodossa, jotka välitettiin minulle sähköpostilla. Näiden tietojen perusteella aloin suunnittelemaan aurinkopaneelijärjestelmän kokoa, minkä jälkeen laskin investoinnin takaisinmaksuajan. Lopuksi vielä laskin LCOE- hinnan eli tasoitetun sähkönhinnan, jota voidaan verrata ostetun sähkön hintaan kannattavuutta arvioitaessa. Valittu korkokanta oli 5 % ja investoinnin taloudellinen pitoaika 20 vuotta.

7.1 Järjestelmän mitoitus

Aloitin järjestelmän mitoittamisen tutkimalla maitokauhan sähkön pohjakulutusta. Havaitsin pohjakulutuksen olevan noin yhdeksän kilowattia. Seuraavaksi tarkastelin keskikulutusta. Keskikulutus kaaviosta tarkasteltuna oli noin 15 kilowattia. Viimeisenä mitoitustapana tarkastelin kulutusta vuositasolla. Vuonna 2021 Maitokauhan vuosikulutus oli 141 316 kilowattituntia. Laskin vuosikulutuksesta tuntikohtaisen keskikulutuksen seuraavasti: 141 316 kWh / (365 * 24 h) = 16,13 kW. Järjestelmän teho tällä tavalla mitoitettuna olisi noin 16 kWp. Maitokauhan sähkönkulutus on varsin tasaista ympäri vuoden, joten keskikulutukseen ja vuosikulutukseen perustuvalla mitoitustavalla päästään käytännössä samaan järjestelmätehoon. Tästä johtuen mielestäni järkevin tapa mitoittaa Maitokauhan järjestelmän koko on käyttää keskikulutukseen perustuvaa mitoitusta, jolloin järjestelmän tehoksi valikoitui 15 kWp:ta.



KUVIO 4. Verkkoyhtiöltä saatu heinäkuun 2022 kulutusprofiili (Salmu 2022).



KUVIO 5. Verkkoyhtiöltä saatu kesäkuun 2022 kulutusprofiili (Salmu 2022).

7.2 Takaisinmaksuajan herkkyystarkastelu

Kuten edellä todettiin, Maitokauhan keskimääräinen kulutus on noin 15 kW. Tämän perusteella järjestelmän tehoksi valitsin 15 kWp:n järjestelmän. Aurinkopaneelijärjestelmän kuvaamiseen käytetään

kWh/kWp-lukua. Kun asennus suunnataan etelään, käytetään Suomessa yleisesti lukua 850 kWh/kWp. Vuosituotanto saadaan kertomalla tämä luku järjestelmän teholla. Maitokauhan tapauksessa optimaalinen vuosituotanto saadaan siis seuraavasti: 850 kWh/kWp * 15 kWp = 12750 kWh/a.

Arvioin eri palveluntarjoajien sivuja tarkastelemalla aurinkopaneelijärjestelmän hankintahinnaksi 20 000 € Alv 0 %. Jos Maitokauhalle myönnetään 40 prosentin investointituki, jää hankintahinnaksi 12 000 €. Opinnäytetyön teon aikaan Maitokauhan sähkönhinta on 0,1304 €/kWh sisältäen sähkönsiirtomaksun. Seuraavasta taulukosta nähdään aurinkopaneelijärjestelmän koroton takaisinmaksuaika nykyisellä sähkönhinnalla ja sähkönhinnan kasvaessa 5 eurosentin/kWh välein.

TAULUKKO 1. Takaisinmaksuajan laskelma.

	sähkön hinta (€/kWh)	säästö sähkölaskussa (€/a)	takaisinmaksuaika vuosina	takaisinmaksuaika vuosina investointituen kanssa
nykyinen	0,1304 €	1 662,60 €	12,0	7,2
	0,15 €	1 912,50 €	10,5	6,3
	0,20 €	2 550,00 €	7,8	4,7
	0,25 €	3 187,50 €	6,3	3,8
	0,30 €	3 825,00 €	5,2	3,1
	0,35 €	4 462,50 €	4,5	2,7
	0,40 €	5 100,00 €	3,9	2,4
	0,45 €	5 737,50 €	3,5	2,1
	0,50 €	6 375,00 €	3,1	1,9

Säästön suuruus ja takaisinmaksuaika on laskettu paneelien optimaalisella vuosituotolla, mutta ne vaihtelevat esimerkiksi säätilasta johtuen. Myöskään paneeleissa tapahtuvaa vuosittaista 0,5 prosentin maksimitehon laskua ei ole huomioitu. Laskennassa ei ole huomioitu mahdollista ylijäämäsähkön myyntiä sähköyhtiölle, koska kannattavinta olisi käyttää kaikki tuotettu sähkö itse.

7.3 Järjestelmän LCOE tarkastelu

Laskettaessa LCOE-tunnuslukua eli omakustannushintaa täytyy pyrkiä arvioimaan laitteiston koko elinkaaren aikaiset kustannukset. Laskennassa olen käyttänyt järjestelmän hankintahintana 20 000 euroa ja huoltoihin kuluvaa arviota, joka on 100 euroa vuodessa. Laitteiston elinkaaren aikana invertteri vaihdetaan kerran, ja vaihdon kustannukset ovat noin 3000 euroa. Järjestelmän elinkaareksi arvioin 20

vuotta. Edellä on laskettu järjestelmän optimituotoksi 12 750 kWh. Käytännössä tämä toteutuu vain ensimmäisen vuoden aikana, jonka jälkeen paneelien tuotto heikkenee 0,5 prosenttia joka vuosi. On tavallista omakustannushinnan laskemisessa ei tätä heikkenemistä huomioida (esim. Kivistö ja Vakkilainen 2017), mutta tässä se huomioidaan. Seuraavassa taulukossa on laskettu Maitokauhalle suunnitellun aurinkopaneelijärjestelmän optimivuosituotot jokaiselle vuodelle erikseen ja kokonaistuotto arvioidun 20 vuoden elinkaaren ajalle.

TAULUKKO 2. Maitokauhan aurinkopaneelijärjestelmän optimaalinen tuotto 20 vuoden aikana huomioiden 0,5 prosentin vuosittaisen tuoton heikkenemän.

Paneelien optimivuosituotto	
vuosi 1	12750 kWh
vuosi 2	12686 kWh
vuosi 3	12623 kWh
vuosi 4	12560 kWh
vuosi 5	12497 kWh
vuosi 6	12434 kWh
vuosi 7	12372 kWh
vuosi 8	12310 kWh
vuosi 9	12249 kWh
vuosi 10	12188 kWh
vuosi 11	12127 kWh
vuosi 12	12066 kWh
vuosi 13	12006 kWh
vuosi 14	11946 kWh
vuosi 15	11886 kWh
vuosi 16	11827 kWh
vuosi 17	11767 kWh
vuosi 18	11709 kWh
vuosi 19	11650 kWh
vuosi 20	11592 kWh
yhteensä	243243 kWh

Laitteiston koroton LCOE-tunnusluku eli omakustannushinta ilman investointitukea saadaan laskemalla seuraavasti:
(20 000 € + 100 € x 20 vuotta + 3000 €) / 243 243 kWh = 0,10 € / kWh = 10 snt / kWh.

Laitteiston LCOE-tunnusluku eli omakustannushinta 40 prosentin investointituen kanssa saadaan laskemalla seuraavasti:
(20 000 € x 0,6 + 100 € x 20 vuotta + 3000 €) / 243 243 kWh = 0,07 € / kWh = 7 snt / kWh.

Kun LCOE-laskennassa halutaan ottaa huomioon koron vaikutus, täytyy ensin laskea annuiteettikerroin seuraavasti: $\frac{i(1+i)^n}{(i+1)^n-1}$
jossa: i = laskentakorko ja n = jaksot eli maksuerät

Annuiteettikerroin 5 %:n korolla ja maksuerä kerran vuodessa: $\frac{5\%(1+5\%)^{20}}{(5\%+1)^{20}-1}$ = 0,0802

Laitteiston korollinen (5 %) LCOE-tunnusluku eli omakustannushinta ilman investointitukea saadaan laskemalla seuraavasti:
(20 000€ + 20 000€ x 0,0802 + 100 € x 20 vuotta + 3000 €) / 243 243 kWh = 0,11 € / kWh = 11 snt / kWh.

Laitteiston korollinen (5 %) LCOE-tunnusluku eli omakustannushinta 40 prosentin investointituen kanssa saadaan laskemalla seuraavasti:
(20 000€ x 0,6 + 20 000€ x 0,6 x 0,0802 + 100 € x 20 vuotta + 3000 €) / 243 243 kWh
= 0,074 € / kWh = 7,4 snt / kWh.

TAULUKKO 3. Eri korkoprosenttien vaikutus omakustannushintoihin laina-ajan ollessa 20 vuotta.

Korko%	Annuiteettiker-roin	LCOE ilman inves-tointitukea	LCOE 40% inves-tointituen kanssa
1 %	0,0554	10,73 snt/kWh	7,26 snt/kWh
2 %	0,0612	10,78 snt/kWh	7,29 snt/kWh
3 %	0,0672	10,83 snt/kWh	7,32 snt/kWh
4 %	0,0736	10,88 snt/kWh	7,35 snt/kWh
5 %	0,0802	10,94 snt/kWh	7,38 snt/kWh
6 %	0,0872	10,99 snt/kWh	7,42 snt/kWh
7 %	0,0944	11,05 snt/kWh	7,45 snt/kWh
8 %	0,1019	11,12 snt/kWh	7,49 snt/kWh
9 %	0,1095	11,18 snt/kWh	7,53 snt/kWh
10 %	0,1175	11,24 snt/kWh	7,57 snt/kWh

7.4 Investoinnin kannattavuuden arviointi

Edellisessä luvussa lasketuista sähkön LCOE-hinnoista voidaan päätellä, että aurinkopaneelijärjestelmän hankinta ei ole taloudellisesti järkevää, jos ostosähkö on edullisempaa kuin LCOE-laskelmalla saatu sähkön hinta. Toisaalta sähkön hintaa on mahdotonta ennakoida koko 20 vuoden investoinnin pitoajalle. Väistämättä päätös investoinnista on tehtävä epävarmuuden vallitessa.

8 YHTEENVETO

Vuonna 2022 erityisesti Venäjän Ukrainaan kohdistamasta sodasta johtuen sähkönhinta lähti merkittävään nousuun. Tästä johtuen yritykset ja yksityiset taloudet alkoivat etsiä ratkaisuja korkeisiin sähkökustannuksiin. Tässä opinnäytetyössä perehdyttiin maatalousyhtymä Maitokauhan tilanteeseen ja yhtymälle mitoitettiin heidän sähkönkulutuksensa profiiliin sopiva aurinkopaneelijärjestelmä vähentämään sähköverkosta ostettavan sähkön määrää. Investoinnille laskettiin myös takaisinmaksuaika ja kannattavuutta arvioitiin LCOE-menetelmällä. Koska kuitenkin sähkönhinnan ennustaminen pitkällä aikavälillä on haastavaa ja toisaalta myös aurinkosähkön vuosituotot vaihtelevat esimerkiksi sään mukaan, ovat saadut laskelmat vain suuntaa antavia.

Uusiutuvien energianlähteiden käyttäminen ja ”vihreä sähkö” ovat tätä päivää. Omasta mielestäni aurinkopaneelijärjestelmien hankinta niin yritys- kuin yksityiskäyttöön on suositeltavaa. Aurinkopaneelijärjestelmän oikea mitoittaminen, asennuspaikan valinta ja LCOE-laskenta ovat tärkeimmät tekijät järjestelmän kannattavuutta arvioidessa.

Opinnäytetyön tekeminen onnistui hyvin ja aiheeseen sopivaa materiaalia löytyi kohtuullisesti. Olen aikaisemmin itse ollut mukana aurinkopaneelijärjestelmien asentamisessa, joten alan perustietoa minulla oli jo jonkin verran ennestään. Kannattavuus ja LCOE-laskelmien tekeminen oli minulle uutta, mutta se onnistui mielestäni kuitenkin hyvin.

Esimerkkilaskelmaa ja järjestelmän mitoitusta olisi voinut kehittää esimerkiksi käymällä paikan päällä Maitokauhan tilalla. Sähkönkulutus oli mittaustietojen mukaan suhteellisen tasaista ympäri vuorokauden ja vuoden, joten erilaisten ohjauksien avulla kulutusta voisi optimoida päivän aurinkoisille hetkille, jolloin isomman aurinkopaneelijärjestelmän hankinta voisi olla järkevää.

LÄHTEET

Aurinkosähköä kotiin. 2022. *Aurinkosähköjärjestelmän mitoittaminen*. Saatavissa: https://aurinkosahkoakotiin.fi/jarjestelman-mitoittaminen/. Viitattu 27.12.2022.

Auvinen, K. 2020. *Aurinkoenergian vertailuhintoja*. Finsolar. Saatavissa: https://finsolar.net/kannattavuus/aurinkoenergian-vertailuhintoja-2/#Aurinkoenergian_LCOE-hintoja_Suomessa. Viitattu 1.1.2023.

DS New energy. 2019. *LCOE, tasoitettu sähkön hinta tunnetaan myös LEC:nä, tasoitettu energiakustannus*. Saatavissa: https://fi.dsnsolar.com/info/lcoe-levelized-cost-of-electricity-also-know-33970495.html. Viitattu 1.1.2023.

Fingrid. 2022. *Kysymyksiä ja vastauksia sähköpulasta*. Saatavissa: https://www.fingrid.fi/kantaverkko/tietoa-sahkopulasta/kysymyksia-ja-vastauksia/#mita-sahkopula-tarkoittaa-. Viitattu 25.12.2022.

Finnwind. 2022. *Aurinkovoimalat maatalousyrityksille ja maatiloille avaimet käteen asennettuna*. Saatavissa: https://finnwind.fi/wp-content/uploads/upload_photos/esitteet/Aurinkovoimala-maatilat-yleisesite.pdf. Viitattu 18.12.2022.

Hanhela, K. 2015. Esimerkki aurinkopaneelien asentamisesta katolle. Itse otettu kuva.

Kivistö, A., Vakkilainen, E. 2017. *Sähkön tuotantokustannusvertailu*. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Saatavissa: https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-335-124-0. Viitattu 12.2.2023.

Kuoppala, M. 2022. *Kaikki lähtee eläinten hyvinvoinnista*. SeutuMajakka. Saatavissa: https://seutumajakka.fi/artikkeli/kaikki-lahtee-elainten-hyvinvoinnista/. Viitattu 4.12.2022.

Lehmuskoski, A. 2018. *Emäsalon luotsiasemalla aurinkopaneelit asennettiin maahan*. Solnet. Saatavissa: https://www.solnet.group/fi/blogi/em%C3%A4salon-luotsiasemalla-aurinkopaneelit-asennettiin-maahan. Viitattu 31.12.2022.

Lehto, I., Orrberg, M., Ylinen, M., & Andersén M. 2021. *Aurinkosähköjärjestelmien suunnittelu ja toteutus*. ST-käsikirja 40. 2., uudistettu painos. Espoo: Sähköinfo Oy.

Motiva. 2022a. *Aurinkopaneelien asentaminen*. Saatavissa: https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/hankinta_ja_asennus/aurinkopaneelien_asentaminen. Viitattu 18.12.2022.

Motiva. 2022b. *Huolto ja kunnossapito*. Saatavissa: https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/aurinkosahkojarjestelman_kaytto/huolto_ja_kunnossapito. Viitattu 25.12.2022.

Motiva. 2022c. *Auringonsäteilyn määrä Suomessa*. Saatavissa: https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/aurinkosahkon_perusteet/auringonsateilyn_maara_suomessa. Viitattu 25.12.2022

Motiva. 2022d. *Sähkön pientuotanto*. Saatavissa: https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/sahkon_pientuotanto. Viitattu 26.12.2022.

Motiva. 2022e. *Mitoitusmenetelmiä*. Saatavissa: https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/hankinta_ja_asennus/aurinkosahkojarjestelman_mitoitus/mitoitusmenetelmia. Viitattu 28.12.2022.

Motiva. 2022f. *Ylijäämäsähkön myynti*. Saatavissa: https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/aurinkosahkojarjestelman_kaytto/ylijaamasahkon_myynti. Viitattu 31.12.2022.

Nivos. 2022. *Energiatuet aurinkovoimalan hankintaan*. Saatavissa: https://www.nivos.fi/yrityksille/artikkeli/energiatuet-aurinkovoimalan-hankintaan. Viitattu 29.12.2022.

Puro, V-M. 2020. *Seinäpaneelisto kuivurin seinään Lemillä*. Aurinkovirta.fi. Saatavissa: https://aurinkovirta.fi/rakentaminen/seinatelineet/seinapaneelisto-kuivurin-seinaan-lemilla/. Viitattu 31.12.2022.

Salmu, S. 2022. Sähkönkulutus. 23.10.2022. Yksityinen sähköposti. Viestin saaja Kimmo Hanhela.

Suokko, A. 2023. Henkilökohtainen tiedonanto, keskustelu. 6.2.2023.

Tukes. 2022. *Aurinkosähköjärjestelmät*. Saatavissa: https://tukes.fi/sahko/sahkotyot-ja-urakointi/aurinkosahkojarjestelmat. Viitattu 18.12.2022.

Vanhala, A. 2022. *Fingridin toimitusjohtaja: Sähkötoimitusten katkaiseminen ei ole ”venäläislähtöinen” toimenpide*. Taloussanomat. Saatavissa: https://www.is.fi/taloussanomat/art-2000008817918.html?utm_source=dlvr.it&utm_medium=facebook.Viitattu 21.1.2023.

Vero. 2022. *Sähkövero*. Saatavissa: https://www.vero.fi/yritykset-ja-yhteisot/verot-ja-maksut/valmisteverotus/sahkovero/. Viitattu 31.12.2022.