



AURINKOSÄHKÖJÄRJESTELMÄN KANNATTAVUUS MANSIKKATILALLA

Lappeenrannan–Lahden teknillinen yliopisto LUT

Energiatekniikan kandidaatintyö

2023

Suvi-Tuuli Poikonen

Tarkastaja: Professori Tapio Ranta

Ohjaajat: Mika Laihanen ja Antti Karhunen

TIIVISTELMÄ

Lappeenrannan–Lahden teknillinen yliopisto LUT

LUT Energiajärjestelmät

Energiatekniikka

Suvi-Tuuli Poikonen

Aurinkosähköjärjestelmän kannattavuus mansikkatilalla

Energiatekniikan kandidaatintyö

2023

30 sivua, 10 kuvaa, 2 taulukkoa ja 2 liitettä

Tarkastaja: Professori Tapio Ranta

Ohjaajat: Mika Laihanen ja Antti Karhunen

Avainsanat: aurinkoenergia, aurinkopaneeli, pientuotanto, aurinkosähköjärjestelmä

Uusiutuva energia on ratkaisuasemassa maailman pyrkiessä vähentämään fossiilisten polttoaineiden käyttöä ja hiilidioksidipäästöjen syntyä. Uusiutuvan aurinkosähkön tuotantokustannukset ovat laskeneet jatkuvasti teknologian kehittyessä. Myös Suomessa on muuhun Eurooppaan verrattuna hyvät mahdollisuudet tuottaa sähköä aurinkoenergialla ja asennetun aurinkovoiman määrä on kasvanut viime vuosina.

Tässä kandidaatintyössä tutustutaan aurinkosähkön tuotantoon Suomessa ja käydään läpi aurinkosähköjärjestelmän perustoimintaperiaatteet. Lisäksi aiheeseen syvennytään konkreettisen esimerkin kautta tutustumalla aurinkosähköjärjestelmän toimintaan mansikkatilalla ja tarkastellaan kyseisen järjestelmän kannattavuutta takaisinmaksuajan ja LCOE-kustannuksen avulla. Sähkön pörssihinnalla on suuri vaikutus sähkökustannuksissa säästämiseen ja takaisinmaksuajan pituuteen.

ABSTRACT

Lappeenranta–Lahti University of Technology LUT

School of Energy Systems

Energy Technology

Suvi-Tuuli Poikonen

Profitability of the photovoltaic system on a strawberry farm

Bachelor's thesis

2023

30 pages, 10 figures, 2 tables and 2 appendices

Examiner: Professor Tapio Ranta

Supervisors: Mika Laihanen and Antti Karhunen

Keywords: solar energy, solar panel, small-scale production, solar power system

Renewable energy is the solution as the world strives to reduce the use of fossil fuels and the generation of carbon dioxide emissions. The production costs of renewable solar electricity have decreased continuously as the technology has developed. Compared to the rest of Europe, Finland also has good opportunities to produce electricity with solar energy, and the amount of installed solar power has increased in recent years.

In this bachelor's thesis, the production of solar electricity in Finland is introduced and the basic operating principles of the solar electricity system are reviewed. In addition, the subject will be deepened through a concrete example by getting to know the operation of a solar electric system on a strawberry farm. The profitability of the system is examined by using methods of the payback period and LCOE cost. The stock market price of electricity has a great impact on saving electricity costs and the length of the payback period.

SYMBOLI JA LYHENNELUETTELO

Roomalaiset

E	energia	[Wh]
P	teho	[W]
I	investointi	[€]
i	laskentakorko	[-]
n	takaisinmaksuaika	[a]
q	vuosittainen tulo	[€]

Alaindeksit

t	vuosi
w	piikki

Lyhenteet

AC	vaihtosähkö
DC	tasasähkö
LCOE	Levelised Cost of Energy
SDR	suorituskyvyn alenema

Sisällysluettelo

Tiivistelmä

Abstract

Symboli- ja lyhenneluettelo

1	Johdanto.....	6
2	Aurinkosähkön hyödyntäminen Suomessa.....	7
3	Aurinkosähköjärjestelmän toiminta.....	10
3.1	Valosähköinen ilmiö	10
3.2	Järjestelmän kokoonpano	11
3.3	Sähkön tuotanto.....	12
4	Tarkasteltava kohde.....	14
4.1	Kohteen esittely.....	14
4.2	Investoinnin esittely	16
5	Kannattavuuslaskenta	21
5.1	Alkuarvot ja oletukset laskentaan	21
5.2	Omakäyttöaste.....	22
5.3	Takaisinmaksuaika	22
5.4	LCOE-kustannus	23
5.5	Laskennan tulokset.....	24
6	Johtopäätökset	26
	Lähteet	28

Liitteet

Liite 1. Vuosittaiset säästöt

Liite 2. LCOE-kustannuksen laskenta

1 Johdanto

Ilmastokriisi vaikuttaa jokaiseen maapallolla asuvaan ihmiseen. Pohjoisella pallonpuoliskolla kriisin vaikutukset tulevat näkymään huomattavan nopeasti, joten kiihtyvä ilmastonmuutos koskettaa voimakkaasti myös suomalaisia. Ilmastonmuutosta on yritetty hillitä kehittämällä vaihtoehtoisia energiantuotantotapoja fossiilisten polttoaineiden tilalle, jotka ovat olleet osasy s ilmaston nopeaan lämpenemiseen. Uusiutuvat energiantuotantomuodot ovat jo pitkään herättäneet kiinnostusta hiilineutraaliutensa takia, ja tekniikka on kehittynyt voimakkaasti viimeisen 10 vuoden aikana. Aurinkosähköjärjestelmät ovat olleet myös tämän kehityksen keskiössä, kun energiantuotantoa on sähköistetty viime vuosien aikana.

Tekniikan kehittymisen seurauksena aurinkovoimaloiden komponenttien kustannukset ovat pudonneet voimakkaasti. Asennetun aurinkosähkötuotannon kapasiteetti onkin noussut Suomessa viime vuosina moninkertaiseksi, ja huomattava osa tästä kapasiteetista on asennettu yksityisten henkilöiden toimesta (Väisänen et al. 2019). Ympäristötietoisuus on nostanut päätään julkisessa keskustelussa, ja myös tavalliset kuluttajat haluavat vaikuttaa yhä voimakkaammin omiin päästöihinsä. Oma sähköntuotanto on yksi tapa hallita omaa hiilijalanjälkeään ja nykyään sillä voi tehdä samalla säästöä. Euroopan energiakriisi vuonna 2022 ja tästä johtuva voimakas sähköpörssin hintojen vaihtelu ovat tuoneet tuloja pientuottajille ja lyhentäneet aurinkosähköjärjestelmien takaisinmaksuaikaa.

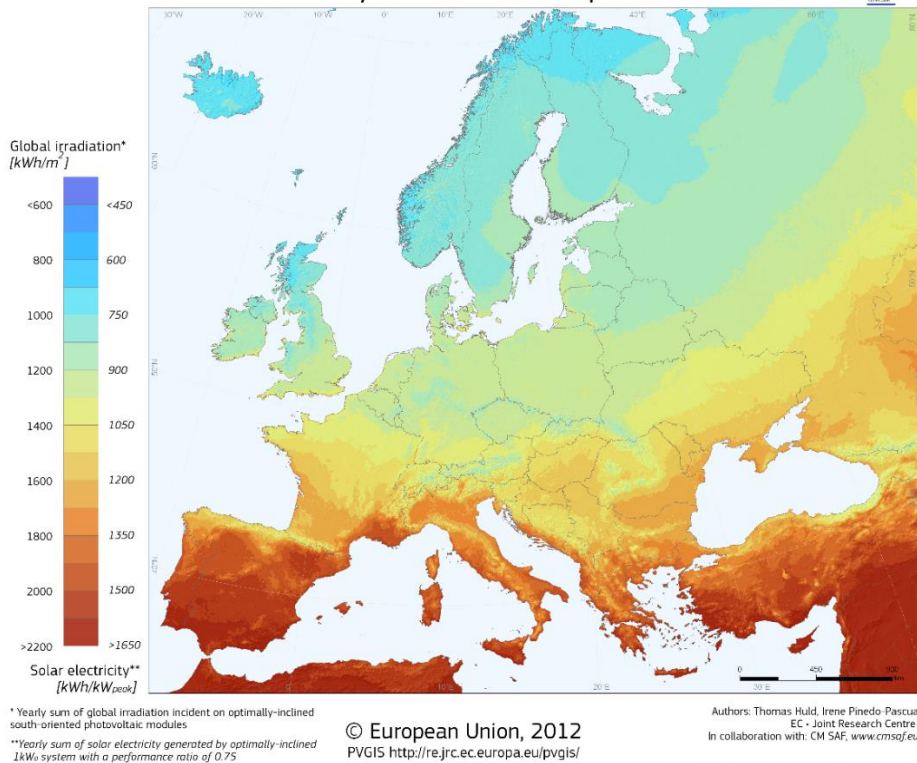
Tämä kandidaatintyön aiheena on aurinkosähköjärjestelmän kannattavuus pientuotannossa Suomessa. Työssä keskitytään ainoastaan aurinkosähköön ja sen hyödyntämiseen pientuotannossa. Aurinkosähköjärjestelmien teoriaan ja toimintaan perehdytään kirjallisuuden kautta ja sitä sovelletaan esimerkkitapaukseen. Työssä tutkittava investointi on oikeasti toiminnassa oleva aurinkovoimala, joten lukija pääsee tutustumaan aitoihin tuotantolukuihin ja käytännön toimintaan. Kannattavuutta tarkastellaan takaisinmaksuajan ja LCOE-kustannuksen kautta. Tavoitteena on luoda mahdollisimman selkeä työ, jota voi hyödyntää kuka tahansa samankaltaisesta investoinnista kiinnostunut.

2 Aurinkosähkön hyödyntäminen Suomessa

Suomessa suurin osa hyödynnettävästä aurinkoenergiasta saadaan kesäkuukausina, jolloin päivät ovat pitkiä ja auringon säteily on korkealla tasolla. Suomessa lämpötila pysyy keuhäisinkin suhteellisen alhaisena, mikä taas on hyvä aurinkopaneelien hyötysuhteen kannalta. Eteläisessä Suomessa säteilyn keräämisen kannalta 45 asteen kulma on optimaalisin. (Väisänen et al. 2019.)

Kun Suomea verrataan päiväntasaajan läheisyydessä oleviin maihin, auringon säteilyn vuosittainen määrä jää huomattavaksi pienemmäksi. Helsingissä määrä on noin 1000 kWh/m² kun taas esimerkiksi Nairobissa säteily määrä on lähes 2000 kWh/m² (JRC, 2014). Sen sijaan esimerkiksi Saksassa ja Belgiassa vuosittaiset säteily määrät ovat hyvin samalla tasolla Suomen ja muiden Pohjoismaiden kanssa (Pasonen et al. 2012).

Photovoltaic Solar Electricity Potential in European Countries

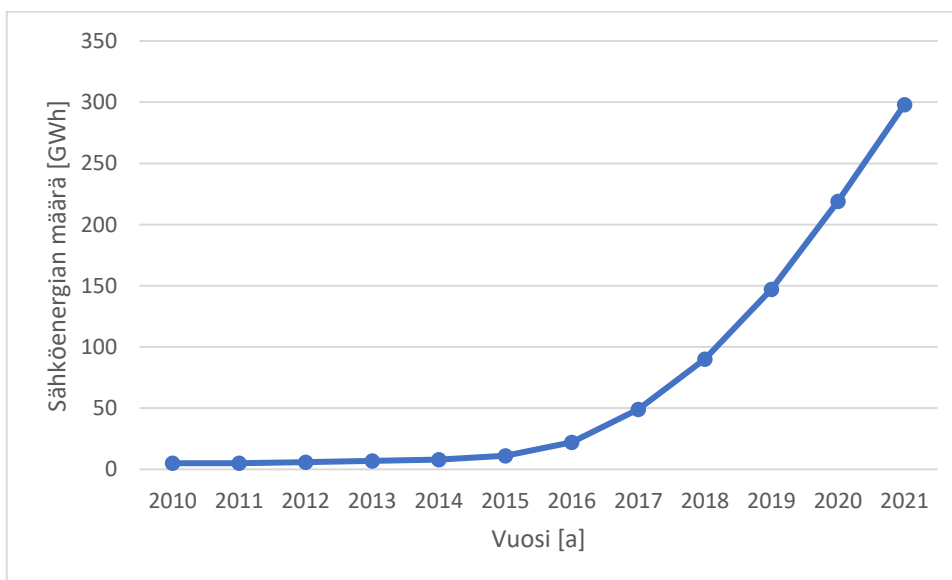


Kuva 1. Vuosittainen Auringon säteily Euroopan alueella (JRC, 2014).

Pohjoismaissa haasteita talvisin tuottaa paitsi vähäisempi säteily, myös lumen kertyminen paneelien päälle (Pasonen et al. 2012). Toisaalta talvikuukausina säteily jää alle viiteen prosenttiin koko vuoden säteilymäärästä, joten lumen vaikutus on hyvin pieni (Väisänen et al. 2019).

Suomessa auringon säteily on lähes samalla tasolla kuin Keski-Euroopassa, vaikka säteilyn kokonaismäärä kertyy Suomessa lyhyemmässä ajassa. Syy, miksi aurinkosähköjärjestelmiä ei ole hyödynnetty yhtä paljon kuin esimerkiksi Saksassa, on maiden eroava syöttötariffijärjestelmä. Saksassa valtio on tukenut aurinkosähköjärjestelmällä tuotettua sähköä tarjoamalla järjestelmän tuottamalle sähkölle takuuhinnan jo vuodesta 2004. (Pasonen et al. 2012.) Suomessa vastaava tuotantotuki on koskenut vuodesta 2011 tuulivoimaa, biokaasua, puupolttoainetta sekä metsähakkeeseen pohjautuvaa sähköntuotantoa (Energiavirasto 2022a). Alhaisella sähköhinnalla aurinkosähköjärjestelmiä voisi myös Suomessa tukea lisäämällä näiden tuottaman sähkön tariffijärjestelmän piiriin.

Suomessa asennetun aurinkosähkön kapasiteetin määrä on ollut tästä huolimatta viime vuosina voimakkaassa kasvussa. Pelkästään vuosien 2015–2019 välillä asennettu kapasiteetti kymmenkertaistui 20 megawattista 214 megawattiin ja tästä määrästä pelkästään 80 megawattia asennettiin vuonna 2019 (IEA, 2019). Myös aurinkosähkön käyttö on lisääntynyt Suomessa, kuten kuvasta 2 on havaittavissa.



Kuva 2. Aurinkovoiman määrä Suomen sähkön hankinnassa vuosina 2010–2021. (Statfin, 2022).

VTT:n raportin ”Arctic solar energy solutions” mukaan Suomessa kotitalouksilla on kattopinta-alaa noin 244 890 000 m². Tästä noin neljännes on ihanteellisessa ilmansuunnassa säteilyä ajatellen. Mikäli tästä pinta-alasta 60 prosentille asennettaisiin aurinkopaneeleita, pinta-alaa olisi 33 730 000 m². Paneelien hyötysuhteen ollessa 10 prosenttia, VTT:n raportin mukaan keskivertosäteilymäärällä vuodessa voitaisiin tuottaa noin 3 TWh pelkästään kotitalouksia hyödyntämällä. (Pasonen et al. 2012) Jos tätä verrataan vuoden 2020 Suomessa tuotettuun sähköön, joka oli 66,6 TWh, aurinkosähkön osuus olisi 4,5 prosenttia kokonais-sähköntuotannosta (Suomen virallinen tilasto, 2022.) Vuonna 2021 aurinkosähköntuotanto vastasi noin 0,4 prosenttia kaikesta Suomessa tuotetusta sähköstä (Energiavirasto, 2022b.) Potentiaalia aurinkovoiman kasvattamiseen löytyy siis yhä, varsinkin kun 45 prosenttia asennetusta kapasiteetista on tähänkin mennessä ollut yksityisten henkilöiden asentamaa (IEA, 2019).

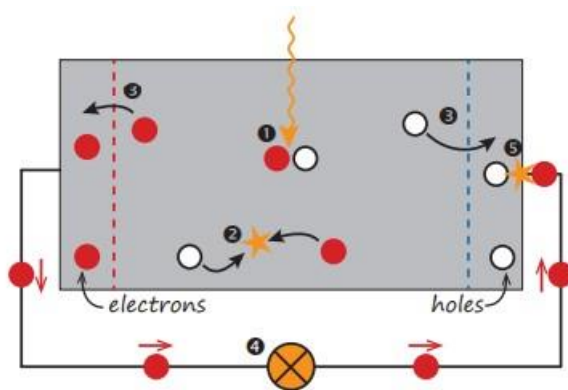
3 Aurinkosähköjärjestelmän toiminta

Tässä kappaleessa käydään läpi aurinkosähköjärjestelmän toimintaa, rakennetta sekä järjestelmällä tuotetun sähkön hyödyntäminen. Tässä työssä keskitytään aurinkokennoja hyödyntäviin aurinkosähköjärjestelmiin, joissa valmistusmateriaalina on yksi tai monikiteinen pii. Lisäksi keskitytään työn kannalta olennaisempiin verkkoon kytkettyihin, ilman sähkövarastoa toimiviin järjestelmiin.

3.1 Valosähköinen ilmiö

Auringon säteilyn sisältämä energia voidaan muuntaa sähköenergiaksi puolijohdtevien materiaalien avulla. Kun auringonsäteilyn sisältämät fotonit osuvat tähän materiaaliin, puolijohdeista irtoaa elektroneja (Motiva, 2022a). Pääasiassa materiaaleina aurinkokennoissa käytetään niin sanottua p-n liitosta, jolloin vapaat elektronit kulkeutuvat n-tyypin johteesta p-tyypin johdemateriaaliin (Sorensen). Kun systeemiin liitetään ulkoinen virtapiiri, elektronit pääsevät kulkeutumaan takaisin p-puolelle. Tämä liike saa aikaan sähkövirran. (Motiva, 2022a.)

Puolijohdeiden sähkönjohtavuus perustuu vapaiden elektronien ja aukkojen liikkeeseen. N-tyypissä on alkuainetta, jossa on enemmän elektroneja ja p-tyypin puolijohdeessa vähemmän elektroneja. Kun nämä kaksi erityyppistä puolijohdetta ovat vierekkäin, n-puolelta kulkeutuu elektroneja p-tyypin puolella oleviin aukkoihin. Näin puolijohdeisiin syntyy sähköinen varaus, joka on p-tyypin puolella negatiivinen ja n-tyypillä positiivinen. (Motiva, 2022a.)



Kuva 3. P-n liitoksen toimintaperiaate (Delft University of Technology, 2014).

3.2 Järjestelmän kokoonpano

Aurinkosähköjärjestelmän muodostavat aurinkopaneelit ja invertteri. Aurinkopaneelit koostuvat aurinkokennoista, jotka on kytketty yleensä sarjaan. Kokonaisuuden ympärille tulee ilmatiivis lasi ja kehystys, joka pitää paneelin koossa. Aurinkokennot on tehty puolijohtavista materiaaleista, joiden toimintatapa on esitetty edellisessä kappaleessa. (Erat et al. 2016.)

Aurinkosähköjärjestelmä voi olla joko saarekekäytössä, verkkoon liitetty tai näiden hybridi. Verkkoon kytketyissä järjestelmissä invertteri on vaihtosuuntaaja ja saarekekäytössä latausohjain. Lisäksi jälkimmäiseen järjestelmään voi olla kytketty sähkövarasto tai lämmönvaraussysteemi, kuten esimerkiksi akku tai lämminvesivaraaja. (Erat et al. 2016.)

Verkkoon kytketyssä järjestelmässä vaihtosuuntaaja muuntaa aurinkopaneelien tuottaman tasasähkön (AC) verkkovirtaan sopivaksi vaihtosähköksi (DC). Verkkoon kytkentä vaatii kotitaloudelta kaksisuuntaisen sähkömittarin, johon järjestelmä kytketään sähköpääkeskuksesta kautta. Tässä mallissa kotitalous voi käyttää aurinkosähköjärjestelmän tuottamaa sähköä itse tai myydä ylijäävän sähkön verkkoon. (Motiva, 2022b.)



Kuva 4. Verkkoon kytketyn aurinkosähköjärjestelmän toiminta (Motiva, 2022b).

Paneelien tehot ilmoitetaan piikkiwatteina (P_w), joka on paneelin nimellisteho. Piikkiwatti kertoo paneelin tehon standarditestiolosuhteissa, eli tietyn säteilyn, lämpötilan ja auringon säteilyn spektrin vallitessa. Tämä on eri asia kuin maksimiteho. Suomessa nämä olosuhteet voidaan saavuttaa kylmänä ja kirkkaana päivänä syksyllä tai keväällä. (Erat et al. 2016.)

3.3 Sähkön tuotanto

Suomi on ensimmäinen maa, jossa melkein jokaisen kotitalouden sähkönkulutus mitataan tunneittain etäluettavilla energiamittareilla. Tämä mahdollistaa tarkan kulutuksen seurannan myös kuluttajille itselleen ja esimerkiksi oman kulutuksen optimoinnin niille tunneille, joilla sähkön markkinahinta on halvinta. (Energiateollisuus 2022.) Sähkön kulutuksen mittaaminen on lähitulevaisuudessa muuttumassa vieläkin tarkemmaksi, kun älykkäät mittarit pystyvät mittaamaan sähkön kulutuksen 15 minuutin tarkkuudella tunnin sijasta. Esimerkiksi sähköverkkoyhtiö Elenia on päivittämässä mittarit vuoteen 2025 mennessä. (Elenia.)

Tarkka mittausjärjestelmä ja data sähkön kulutuksesta auttavat myös aurinkosähköjärjestelmän mitoituksessa. Näiden avulla saadaan määritettyä sekä kohteen pohjakulutus että huipukulutukset. Pohjakulutus on se energiamäärä, joka kuluu vähintään kohteessa joka tunti, kun aurinkosähkön tuotto on mahdollista. Tasaisen sähkömarkkinan aikana aurinkosähköjärjestelmän koko on ollut kannattavinta määrittää siten, että mahdollisimman suuri osa aurinkovoimalan tuotosta menee omaan kulutukseen. (Motiva, 2022c.) Sähkömarkkinoiden heitellessä ja sähkön spot-hintojen ollessa korkeita, järjestelmän mitoittaminen kohteen tarvetta suuremmaksi voi olla jopa kannattavaa. Kotitalouksien yhteydessä olevat aurinkosähköjärjestelmät ovat yleensä 2–10 kWp (Erat et al. 2016).

Invertteri voi olla kytketty joko yhteen vaiheeseen tai kolmeen vaiheeseen. 1-vaiheinen invertteri syöttää sähköä nimensä mukaisesti vain yhteen vaiheeseen. Tällöin vain tähän vaiheeseen kytketyt sähkölaitteet voivat käyttää voimalan tuottamaa sähköä. 3-vaiheisessa invertterissä syöttää sähköä kaikkiin kolmeen vaiheeseen, jolloin kaikki sähkölaitteet voivat hyödyntää tuotettua sähköä. Mikäli vaiheessa ei ole sähkölaitetta päällä voimalan tuottaessa sähköä, ohjautuu tuotettu sähkö valtakunnan verkkoon. (Motiva, 2022b.)

Tuotettu aurinkosähkö, joka ei kulu kohteen omiin tarpeisiin voidaan myydä verkkoon. Myytävästä sähköstä tehdään sopimus sähköyhtiön kanssa, joka voi olla kiinteähintainen tai sähköpörssin hintoihin pohjautuva, spot-hintainen sopimus. Spot-hinta tarkoittaa sähkömarkkinoilla tunnille määräytyvää sähkön hintaa, joka määräytyy kysynnän ja tarjonnan mukaan. Itse tuotetusta sähköstä ei tarvitse maksaa sähkönsiirtoa tai veroja.

Sähköverkkoyhtiöt ovat siirtymässä nettomittaukseen, jossa lasketaan sähkön tuotannon ja kulutuksen erotus mittausjakson sisällä. Lopputulos laskutetaan tai hyvitetään sähköyhtiön puolesta erotuksen mukaisesti. (Elenia, 2022a.) Nykyisin mittausjakso on ollut tunti, mutta tulevaisuudessa siirrytään 15 minuutin mittausjaksoon. Kulutustiedot tullaan keräämään valtakunnalliseen tiedonvaihtojärjestelmään Datahubiin, jota ylläpitää Fingrid (Fingrid, 2023).

4 Tarkasteltava kohde

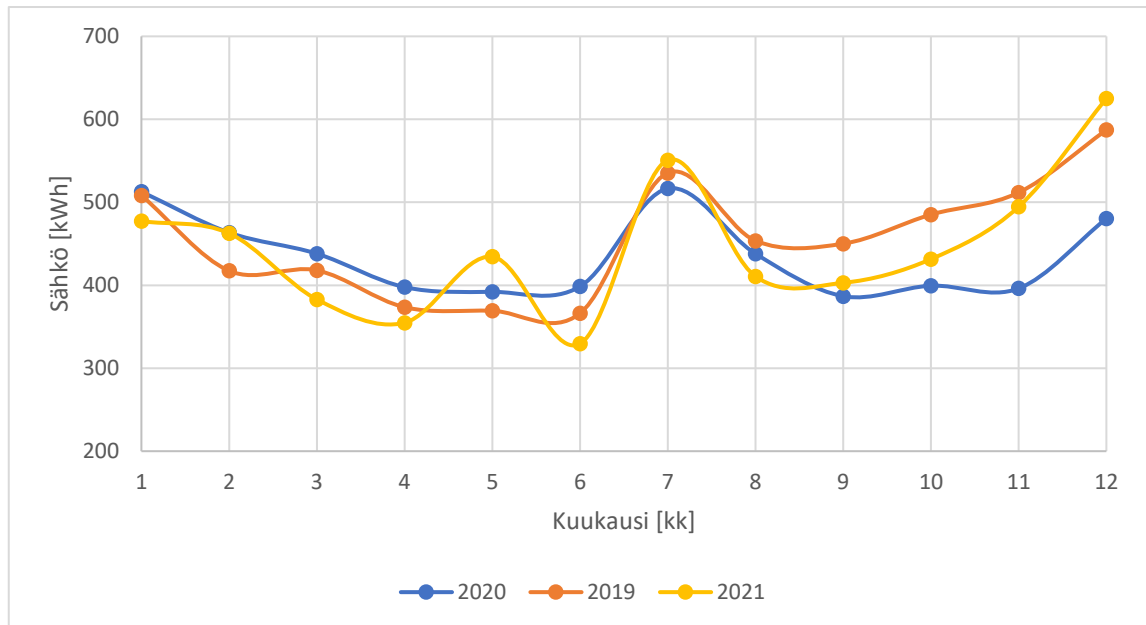
4.1 Kohteen esittely

Kohde on vuonna 1950 valmistunut kaksikerroksinen omakotitalo, johon on rakennettu lisäsiipi 1971. Kohde sijaitsee pohjoisessa Keski-Suomessa, Jyväskylän yläpuolella. Talon lämmitys hoidetaan kaksoiskattilalla, jonka polttoaineena käytetään puuta ja öljyä. Talon kylpyhuoneessa ja kodinhoitohuoneessa on sähköllä toimiva lattialämmitys ja yläkerrassa yksi sähköpatteri. Talon yhteydessä toimii mansikkatila, jonka suoramyynti tapahtuu tilalta käsin.



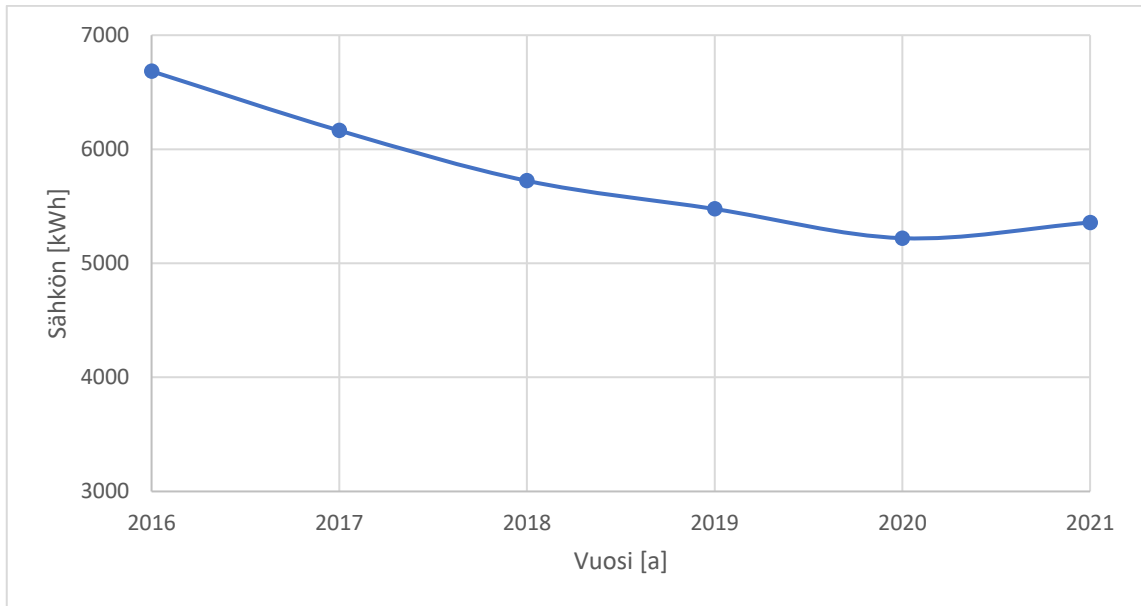
Kuva 5. Tarkasteltava kohde.

Kesäisin suurimman osan sähköenergiankulutuksesta vie marjojen viilennys ja pakastus. Tuoremansikan viilennys vaatii noin 14 kuution kylmäkontin. Tämän lisäksi pakastus vaatii 1-3 arkkupakastinta, joiden tilavuus on 250-450 litraa. Kohteen vuosittainen sähkönkulutus on noin 5200 kWh.



Kuva 6. Kohteen sähkönkulutus kuukausittain vuosina 2018–2021.

Kuten kuvasta 6 on nähtävissä, kohteen sähkönkulutus kasvaa aina talvikuukausina mutta myös keskellä kesää. Tämä johtuu aiemmin mainituista marjasesongin aikaisesta viilennys-tarpeesta. Myös muita sähkölaitteita, esimerkiksi myynnissä käytettäviä laitteita käytetään sesongin ajan päivittäin. Lisäksi tavallisia kodinkoneita käytetään huomattavasti tiheämmin kuin muina vuodenaikoina, joka nostaa myös kesäkuukausien sähkönkulutusta.



Kuva 7. Kohteen sähkönkulutus vuosittain 2016–2021.

Kuvasta näkee, että kokonaissähkönkulutus kohteessa on pienentynyt vuodesta 2016 aina vuoteen 2021 asti. Koska mansikkatilan toiminta on pysynyt hyvin samanlaisena, löytyy syy sähkönkulutuksen pienenemiseen muualta. Kulutuksen laskusuhdanne johtunee monesta eri asiasta, kuten esimerkiksi siirtymisestä energiatehokkaampiin led-valaisimiin, vanhojen kodinkoneiden vaihtamisesta uudempiin, sekä talossa asuvien ihmisten määrän vähenemisestä. Ilman suurempia investointeja tai energiajärjestelmien päivitystä voidaan siis myös pienentää sähkönkulutusta.

4.2 Investoinnin esittely

Syksyllä 2021 kohteen käyttöön asennettiin aurinkosähköjärjestelmä. Järjestelmään kuuluu 14 kappaletta 360 Wp nimellistehon omaavaa paneelia, jotka muodostavat 5,04 kWp nimellistehon sekä Froniuksen 5 kilowatin invertteri. Paneelit ovat Energetican mustia yksikide-paneeleita. Paneelit on asennettu omakotitalon yhteydessä olevan vanhan navettarakennuksen katolle, joka suuntaa etelään. Paneelien viemä kokonaispinta-ala on noin 26 m². Katto kulma on noin 35–40 astetta. Invertteri on asennettu myös navetan yhteyteen, ja tämän yhteydessä on oma 3x25 Am sulake. Navetan sähkökeskuksesta on jo aiemmin vedetty maakaapelointi asuinrakennuksen sähkökeskukseen. Aurinkosähköjärjestelmä asennettiin kohteeseen avaimet käteen periaatteella, ja kokonaiskustannus oli 7200 euroa.

Investointipäätös tehtiin 2021 kesällä muutaman vuoden harkinnan jälkeen. Päätökseen vaikuttivat halu investoida vihreään energiaan, luottamus investoinnin takaisinmaksuun jossain vaiheessa sekä hyvä tarjous luotettavalta aurinkosähköjärjestelmän myyjältä. Lisäksi ihanneolosuhteet paneeleille ja verrattain suuri sähkönkulutus parhaimpaan aurinkosähkön tuotantoaikaan olivat omiaan edesauttamaan investointipäätöstä.

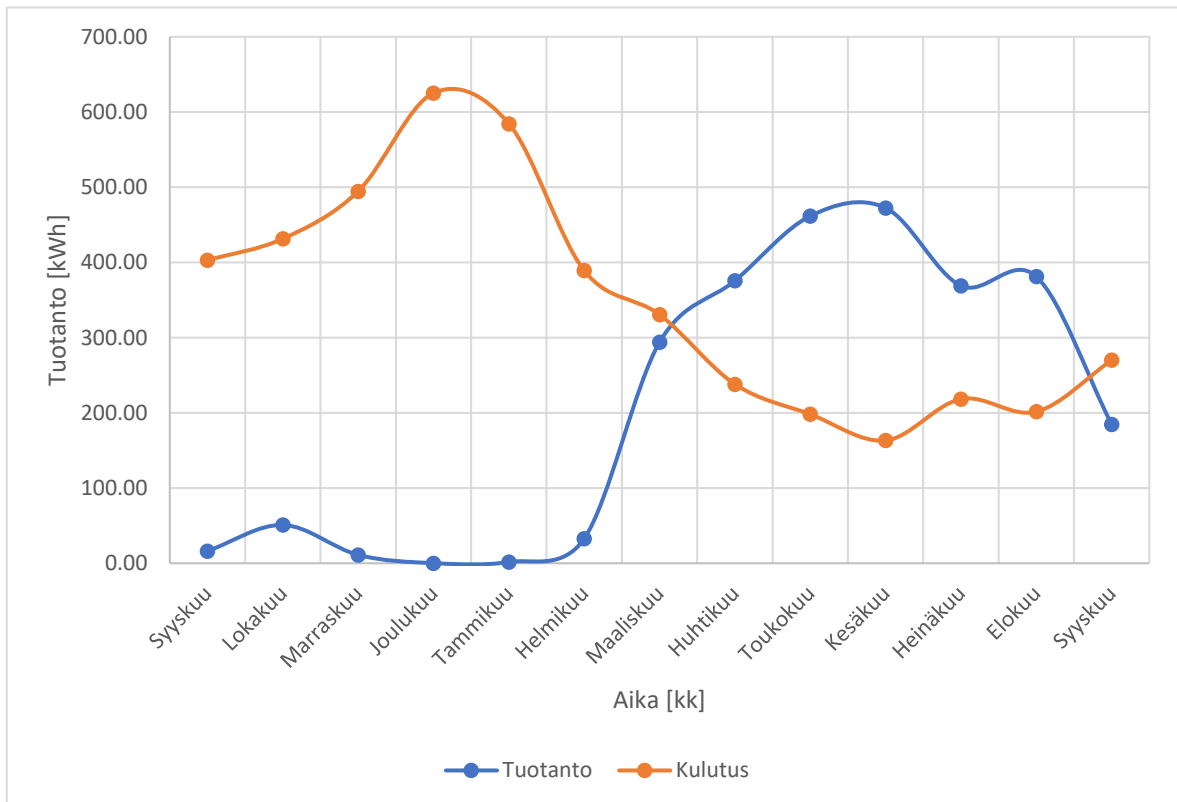
Huoli ilmastonmuutoksesta ja halu tehdä oma ekoteko olivat ensimmäisiä ajatuksen siemeniä aurinkovoimalaa miettiessä. Aurinkosähköjärjestelmässä taloudellisesti houkutteleva puoli oli 60 prosentin kotitalousvähennys asennustyöstä. Etu on huomattava, sillä järjestelmän hankinnassa suurimman osan hinnasta invertterin lisäksi muodostaa juuri asennustyö. Kyseisessä investoinnissa kotitalousvähennystä haettiin lopulta 2200 euron asennustyöstä. Vähennystä on mahdollista saada 60 prosenttia haetusta summasta, huomioiden 100 euron omavastuu. Kotitalousvähennystä saatiin siis 1220 euroa. Aurinkovoimalaa harkitessa tarkastettiin myös maatalouden investointituen mahdollisuus, mutta näin pienen kokoluokan investoinnissa kotitalousvähennys todettiin kannattavammaksi.

Kohteeseen harkittiin 4 kWp ja 5 kWp järjestelmiä vuosittaisen sähkönkulutuksen perusteella. Lopulta päädyttiin asentamaan kulutukseen nähden hieman isompi 5 kWh järjestelmä. Näiden kahden kokoluokan välinen hintaero oli lopulta niin pieni, että suhteessa isomman järjestelmän asentaminen oli tässä tapauksessa kannattavampaa. Kohteeseen asennettiin omistajan toiveesta Euroopassa valmistetut aurinkopaneelit yleisimpien Kiinassa valmistettujen paneelien sijaan.

Voimalan tuottamasta ylijäämästä tehtiin sopimus sähköyhtiön kanssa. Sopimuksen mukaan sähköstä maksetaan hyvitys sähköpörssin tuntihintojen mukaisesti ilman välitys tai perusmaksua. Sähköpörssin tuntihinta noudattaa Nord Poolin sähköpörssin tuntikohtaista Suomen hinta-alueen hintaa. Myöskään siirtomaksua ei kohteesta myydyistä sähköstä tarvitse maksaa.

Tarkastellaan seuraavaksi ensimmäisen vuoden tuotantotietoja kuvaajien avulla. Kuvaajat on piirretty sähköverkkoyhtiöltä saaduilla verkkoon myydyillä tuotantotiedoilla ja verkosta ostetuilla kulutustiedoilla. Koska sähkömittari rekisteröi ainoastaan kohteen ja sähköverkon välillä liikkuvan sähkön, ei sitä kautta saada tietoa siitä, kuinka paljon aurinkovoimalan tuotannosta on mennyt omaan käyttöön. Mikäli omaan käyttöön kuluva tuotetun sähkön määrä

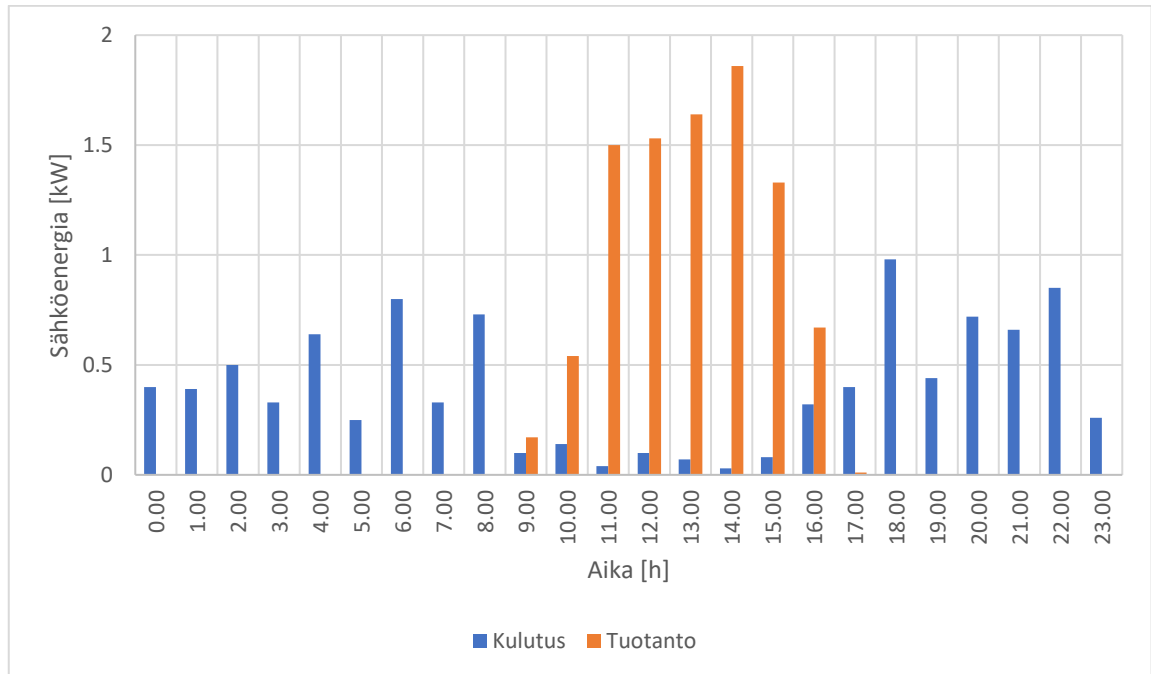
haluttaisiin tietää tarkasti, tulisi tätä varten asentaa oma mittari. Asennetussa Froniuksen invertterissä oli mahdollisuus tutkia dataa Froniuksien omien sovelluksen ja pilvipalvelun kautta, mutta tämä olisi vaatinut laadukkaan internetyhteyden invertterille. Vanhaan ki-
vinavettaan yhteyden luominen osoittautui erittäin vaikeaksi. Kuvia tulkitessa tulee siis huo-
mioida, että tuotanto olisi oikeasti hiukan suurempi.



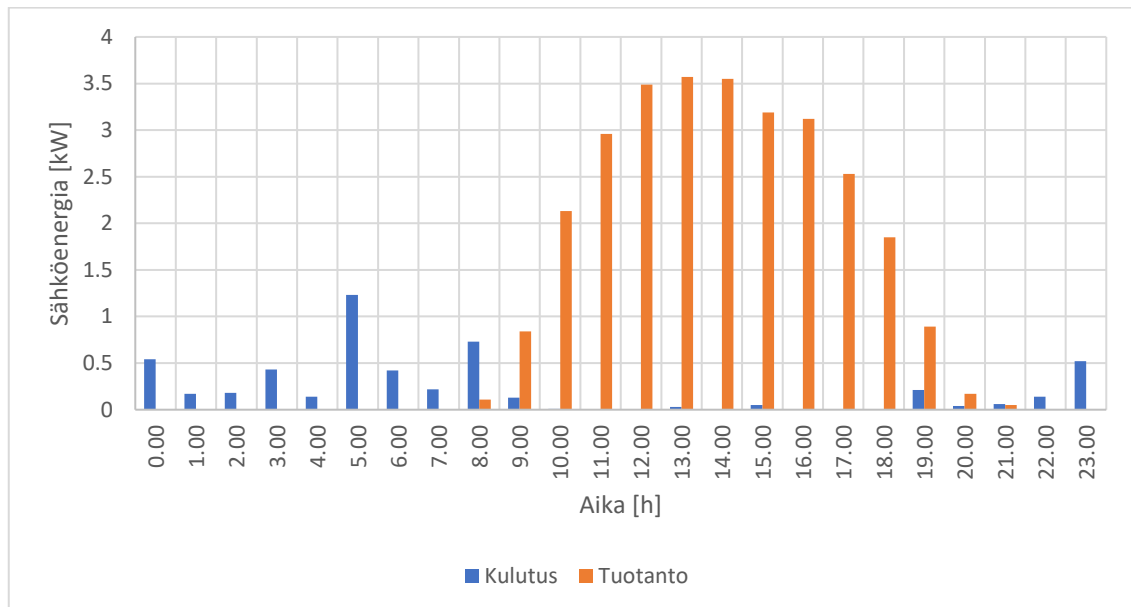
Kuva 8. Kuukausikohtainen verkkoon myyty tuotanto ja ostetun sähkön määrä kohteessa aikavälillä 21.9.2021–21.9.2022.

Kuvasta 8 on nähtävissä kohteen verkkoon myyty tuotanto ja ostetun sähkön määrä ensimmäisen vuoden aikana. Kuten kuvaajasta nähdään, talvikuukausina tuotanto putoaa lähes nolnaan, ja alkaa kasvaa jälleen helmikuusta eteenpäin. Paras tuotanto saavutettiin touko-kesäkuun vaihteessa. Sen sijaan heinäkuun tuotanto on ollut ennako-odotuksia heikompaa, mihin on voinut vaikuttaa pilvinen ja sateinen olosuhde. Syyskuun tuotanto on ollut huomattavasti korkeampi vuonna 2022 kuin vuonna 2021.

Sähkön tuotanto ja kulutus mitataan tunneittain, joten on syytä tarkastella myös tuntikohtaista dataa. Seuraavaksi esitetään esimerkkipäivät helmikuulta ja kesäkuulta, josta voi nähdä ostetun sähkön ja verkkoon myydyin sähkön tunneittain.



Kuva 9. Ostetun sähkön ja verkkoon myydyin sähkön määrät tunneittain 26.2.2022.



Kuva 10. Ostetun sähkön ja verkkoon myydyin sähkön määrät tunneittain 2.6.2022.

Kuten kuvista 9 ja 10 on nähtävissä, kohteessa ei ole vielä siirrytty tuntinetotukseen, vaan saman tunnin aikana tapahtuu sekä sähkön ostoa verkosta että sähkön myyntiä verkkoon. Tämä muuttuu vuodesta 2023 eteenpäin, jolloin tuntinetotus tullaan toteuttamaan Datahubin avulla.

Kuvasta 9 nähdään, että helmikuuisena päivänä sähköä on myyty verkkoon 9 tunnin ajan, yhteensä 9,25 kilowattituntia. Tämän kuvaajan perusteella mahdollisien lumien putsaus paneelien päältä voisi olla kannattavaa, varsinkin mikäli vastaavanlainen tuotanto olisi saavutettavissa useampanakin päivänä.

Vastaavasti kuvassa 10 on nähtävissä, että heinäkuussa verkkoon on siirtynyt sähköä 14 tunnin ajan ja päivän tuotannoksi on saatu 28,45 kilowattia. Lisäksi on huomattava, että normaalisti heinäkuussa sähköä kulutetaan paljon, mutta kuten kuvaajasta voidaan tulkita, ei ostosähköä ole aurinkoisena aikana joutunut paljoa käyttämään. Luultavasti osa sähkönkulutuksesta on siis pystytty kattamaan omalla tuotannolla, joka ei tässä kuvassa ole nähtävissä.

5 Kannattavuuslaskenta

Tässä kappaleessa lasketaan investoinnin kannattavuutta ja tarkastellaan sitä eri menetelmien kautta. Alkuun esitetään laskennassa käytettävät alkuarvot ja oletukset, jotka rajaavat laskentaa. Tärkeimmät arvot ja tulokset taulukoidaan.

5.1 Alkuarvot ja oletukset laskentaan

Kannattavuuslaskelmissa on käytetty paikalliselta sähköverkkoyhtiöltä saatuja sähkön kulutus ja tuotantotietoja sekä invertteristä luettuja kokonaistuotantotietoja. Koska sähkömittari rekisteröi ainoastaan verkosta otetun ja verkkoon syötetyn sähkön määrän, on omaan käyttöön tuotettu sähkö täytynyt arvioida invertteristä saadun kokonaistuotannon ja verkkoon myydyn sähkön avulla. Ostetun sähköenergian ja sähkön siirron perusmaksuja ei ole huomioitu laskennassa, sillä ne tulevat maksettavaksi joka tapauksessa. Hinnat sisältävät arvonlisäveron.

Verkkoon myytävän tuotetun sähkön laskennassa on käytetty Nord Poolin sähköpörssin tunnikohtaisia Suomen hinta-alueen hintoja. Sähkömarkkinoiden voimakkaan heilahtelun ja korkeiden hintojen takia laskenta on tehty vuosien 2021–2022 hinnoilla ja vertailun vuoksi myös vuoden 2018–2019 vakaiden sähkömarkkinoiden hinnoilla, jotka olisivat olleet oletettavat hinnat investointia suunnitellessa. Laskuissa käytettävät alkuarvot näkyvät taulukossa 1.

Taulukko 1. Laskennassa käytettävät alkuarvot.

Alkuarvo	Arvo
Investointi [€]	5980
Elinkaari [a]	25
Ostosähkön energiahinta [€/kWh]	0.04
Ostosähkön siirtohintaa [€/kWh]	0.05
Sähkövero [€/kWh]	0.03
Tuotanto vuodessa [kWh/a]	3547.56
Myynti vuodessa [kWh/a]	2649.97
Tuotettu sähkö omaan käyttöön [kWh/a]	897.59

5.2 Omakäyttöaste

Omakäyttöaste kuvaa sitä, kuinka paljon aurinkovoimalan tuotannosta on kulutettu omaan käyttöön. Omakäyttöaste lasketaan seuraavasti:

$$\frac{\text{Omaan käyttöön tuotettu sähkö}}{\text{Kokonaistuotanto}} \quad (1)$$

Sähkön hintojen ollessa matalia, omakäyttöasteen olisi suotuisaa olla korkea. Kun pörssisähkön hinnat ovat alhaiset, verkkoon myydystä sähköstä saadaan niin huono korvaus, että tällöin on kannattavampaa käyttää sähköä itse.

5.3 Takaisinmaksuaika

Takaisinmaksuaika on yksinkertaisimpia tapoja, jolla voidaan tarkastella investoinnin kannattavuutta. Mikäli takaisinmaksuaika on lyhyempi kuin investoinnin käyttöaika, investointia voidaan pitää kannattavana. Tässä työssä takaisinmaksuaika lasketaan sekä korottomana että korollisena. Takaisinmaksuajan laskemista varten täytyy selvittää vuosittainen säästö.

Vuosittaisessa säästössä on otettu huomioon, kuinka paljon myytävästä sähköstä saadaan hyvitystä ja kuinka paljon omaan käyttöön mennyt sähkö on vähentänyt ostettavan sähkön kuluja. Vuosittaisen säästön laskenta on näkyvissä liitteessä 1.

Korollinen ja koroton takaisinmaksuaika n saadaan laskettua yhtälöllä 1:

$$n = \frac{-\ln\left(\frac{1}{i} - \frac{1}{q}\right) - \ln(i)}{\ln(1 + i)} \quad (1)$$

jossa I on investointi, i laskentakorko ja q vuosittainen tulo, eli tässä tapauksessa vuosittainen säästö.

Korottomassa takaisinmaksuajassa yhtälö voidaan esittää yksinkertaisemmin muodossa investoinnin ja vuosittaisen tulon avulla:

$$n = \frac{I}{q} \quad (2)$$

5.4 LCOE-kustannus

Aurinkoenergiaprojekteillemme lasketaan usein LCOE-kustannus, joka tulee sanoista ”Levelised Cost of Energy”. LCOE-kustannuksessa lasketaan voimalan kustannukset koko elinkaaren ajalta, kuten esimerkiksi investointi ja käytön aikaiset kustannukset ja tätä summaa verrataan voimalan kokonaisuudessaan tuottamaan energiaan. Näin saadaan laskettua voimalan tuotamalle energialle yksikköhinta. (Erat et al. 2016.) Yksinkertaistettuna LCOE voidaan esittää yhtälön 3 tavalla.

$$LCOE = \frac{\text{Kustannus koko elinkaarelta}}{\text{Tuotettu energia koko elinkaarelta}} \quad (3)$$

Tarkennettu muoto LCOE-kustannuksen laskennalle on esitetty yhtälössä 4.

$$\frac{\sum_{t=1}^n \frac{I + FO\&M_t + VO\&M_t + F_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{E_t}{(1+r)^t}} \quad (4)$$

jossa $FO&M_t$ on säännölliset huoltokustannukset vuodessa, $VO&M_t$ on vaihtelevat huoltokustannukset vuodessa, F_t on vuosittaiset polttoainekustannukset, E_t on vuosittain tuotettu energia, r on laskentakorko ja n on elinkaaren pituus. (Trinomics, 2020.)

Koska kyseisessä voimalassa ei ole vuosittaisia huoltokustannuksia tai polttoainekuluja, yhtälö voidaan esittää yksinkertaisemmassa muodossa. Seuraavassa yhtälössä on otettu huomioon myös aurinkopaneelien suorituskyvyn alenema SDR.

$$\frac{\sum_{t=1}^n \frac{I}{(1+r)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{E_t \cdot (1-SDR)^n}{(1+r)^t}} \quad (5)$$

Tarkka laskelma on esitetty liitteessä 2.

5.5 Laskennan tulokset

Laskelmien tulokset on esitetty taulukossa 2. Tulokset on laskettu kahden eri vuoden sähkömarkkinahintojen skenaariolla ja molemmat on esitetty taulukossa.

Taulukko 2. Laskennan tulokset kahden eri vuoden sähkömarkkinahinnoilla.

Tulokset	2021/2022	2018/2019
Omakäyttöaste [%]	34	34
Vuoden kokonaiskustannukset [€/a]	-20.59	351.42
Kokonaiskustannukset ilman aurinkosähköä [€/a]	582.79	582.79
Säästö [€/a]	603.38	231.37
Takaisinmaksuaika [a]	10	26
Korollinen takaisinmaksuaika [a]	18	-
LCOE [€/kWh]	0.00016	0.00016

Omakäyttöaste oli molemmissa tapauksissa 34 prosenttia. Tämä on jopa odotettua korkeampi tulos, sillä sähkön kulutusta ei ollut mitenkään optimoitu seuraamaan tuotantoa ja silti yli kolmannes kului omassa käytössä. Mikäli tähän kiinnitettäisiin enemmän huomiota ja kulutusta optimoitaisiin tuotantoaikoihin, voisi omakäyttöastetta nostaa korkeammaksikin.

Kuten taulukosta on luettavissa, näiden kahden vuoden sähkömarkkinahintojen eroavaisuus näkyy vuoden kokonaiskustannuksissa ja tämä vaikuttaa sekä korottomaan että korolliseen takaisinmaksuaikaan. 2018–2019 sähkön hinnoilla korollisen investoinnin takaisinmaksuaika ei olisi ollut edes kannattavaa. Takaisinmaksuajoissa on näiden kahden skenaarion välillä hyvin huomattavat erot. Mikäli sähkön hinnat pysyisivät tulevaisuudessa vuosien 2021–2022 tasolla, korottomana investointi maksaisi itsensä takaisin 10 vuodessa, joka on verrattain lyhyt aika tämän kaltaiseen investointiin. Alhaisemmilla sähkön hinnoilla takaisinmaksuaika olisi 16 vuotta pidempi, eikä ehtisi maksaa itseään takaisin voimalan odotetun elinkaaren aikana.

Sen sijaan LCOE-kustannusta tarkasteltaessa voimalan investointia voisi pitää molemmissa tapauksissa kannattavana, sillä voimalan tuottaman energian hinnaksi tulisi vain 0,16 senttiä kilowattitunnilta. Mikäli tätä vertaa esimerkiksi kohteeseen ostettavan sähkön hintaan, joka on 4 senttiä kilowattitunnilta, on itse tuotettu sähkö huomattavasti halvempaa.

6 Johtopäätökset

Teoreettisien säteilymäärien ja käytännön esimerkin pohjalta voitaneen sanoa, että myös Suomessa on mahdollista ja jopa kannattavaa tuottaa aurinkosähköä. Aurinkosähkön asennettu kapasiteetti on kovassa nousukiidossa myös Suomessa, ja trendi tulee oletettavasti jatkumaan tulevina vuosina.

Työssä tarkastellun aurinkosähköjärjestelmän ensimmäisen vuoden tuotanto osoittautui yllättävän mielenkiintoiseksi tarkastella sähköpörssin ennalta-arvaamattoman nousun vuoksi. Kyseisessä kohteessa olisi ehkä ollut kannattavampaa asentaa hieman pienempi järjestelmä, jolloin olisi pystytty vastaamaan paremmin kohteen sähkönkäyttöön. Toisaalta pienemmän ja suuremman järjestelmän hintaero oli ostovaiheessa niin pieni, että ero olisi hyvin marginaalinen.

Tässä työssä ei tutkittu energiavarastojen käyttömahdollisuutta järjestelmän yhteydessä. Tämä voisi olla mielenkiintoinen jatkotutkimamahdollisuus, erityisesti kun akkuteknologia kehittyy entisestään ja komponentit tulevat entistä kilpailukykyisemmän hintaiseksi myös pientuottajille.

Investoinnin kannattavuuslaskuihin vaikuttivat kiinteistön edullinen sähkösopimus sekä poikkeuksellisen korkeat sähkön spottihinnat. Tulokset olisivat olleet myös hyvin erilaiset, mikäli ostettavan sähköenergian hinta olisi ollut korkeampi tai sähköpörssiin sidonnainen. Mikäli investoinnin kannattavuuslaskelma olisi tehty vain vuosien 2018–2019 hintatasolla, ei investointi olisi ollut kannattavaa takaisinmaksuajan näkökulmasta tarkasteltuna. Vuoden 2021–2022 korkeilla sähkön hinnoilla oli yllättävän suuri vaikutus voimalan tuotannosta saatuun voittoon ja tätä myöten takaisinmaksuikaan.

Koska tulevaisuuden sähkömarkkinoita ei voida tarkalleen ennustaa, on hyvin todennäköistä, että lopullinen takaisinmaksu aika tulee olemaan jotakin työssä tutkitun kahden skenaarion väliltä. Mikäli sähkön spot-hinnat laskevat pysyvästi alhaisemmalle tasolle, voi järjestelmän kannattavuuteen vaikuttaa myös omalla sähkönkäytön optimoinnilla siten, että sähköä kulutetaan silloin kun omaa tuotantoa on.

Työn laskennan perusteella voidaan kuitenkin sanoa, että enää ei voida tuudittautua siihen, että pientuotannon hyödyntäminen omaan käyttöön olisi aina kannattavampaa kuin tuotannon myyminen verkkoon. Sähkömarkkinat tulevat elämään hyvin eri tavalla kuin aiemmin uusiutuvien energiamuotojen osuuden kasvaessa kokonaisenergiantuotannosta. Pientuottajien, kuten tavallisten kuluttajienkin on siis hyvä jatkossakin tarkkailla sähkömarkkinoita ja mahdollisesti optimoida kulutuskäyttämistään niiden mukaan.

Lähteet

Delft University of Technology, 2014 https://courses.edx.org/c4x/DelftX/ET.3034TU/asset/solar_energy_v1.1.pdf

Elenia. 2022a. Tietoa mittausuudistuksesta. [verkkojulkaisu]. [viitattu: 22.11.2022]. Saatavissa: <https://www.elenia.fi/tulevaisuudenenergia/sahkonkulutuksenmittausuudistus/tietoa-mittausuudistuksesta>

Elenia. 2022b. Aurinkosähkö ja sähkön pientuotanto. [verkkojulkaisu]. [viitattu 22.11.2022]. Saatavissa: [elenia.fi/palvelut/kotiinjamokille/aurinkosahkonjapientuotannon-liittaminen](https://www.elenia.fi/palvelut/kotiinjamokille/aurinkosahkonjapientuotannon-liittaminen)

Energiateollisuus 2022. Sähkön mittaus. [verkkojulkaisu]. [viitattu 1.11.2022]. Saatavissa: https://energia.fi/energiasta/asiakkaat/sahkoasiakkuus/sahkon_mittaus

Energiavirasto. 2022a. Tuotantotuki. [verkkojulkaisu]. [viitattu 6.10.2022]. Saatavissa: <https://energiavirasto.fi/tuotantotuki>

Energiavirasto. 2022b. Aurinkosähkön kapasiteetti kasvoi Suomessa yli 100 megawattia vuonna 2021. [verkkojulkaisu]. [viitattu 1.3.2023]. Saatavissa: <https://energiavirasto.fi/-/aurinkosahkon-kapasiteetti-kasvoi-suomessa-yli-100-megawattia-vuonna-2021>

Erat, Bruno et al. Aurinkoenergia Suomessa. Helsinki: Into, 2016. Print.

Fingrid. 2023. Sähkömarkkinat. [verkkojulkaisu]. [viitattu 21.1.2023]. Saatavissa: <https://www.fingrid.fi/sahkomarkkinat/datahub/>

International Energy Agency. 2019. National Survey Report of PV Power Applications in Finland 2019. [verkkodokumentti]. [viitattu 7.3.2023]. Saatavissa: https://iea-pvps.org/wp-content/uploads/2020/09/NSR_Finland_2019.pdf

IRENA, 2012. RENEWABLE ENERGY TECHNOLOGIES: COST ANALYSIS SERIES June 2012 Solar Photovoltaics Volume 1: Power Sector Issues 4/5

JRC. 2019. Country and regional maps. Euroopan komissio. [Verkkosivusto] [Viitattu 22.9.2022] Saatavilla: https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_download/map_index.html

Motiva. 2022a. Aurinkosähköteknologiat. [verkkajulkaisu]. [viitattu 25.9.2022]. Saatavissa: https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/aurinkosahkojarjestelmat/aurinkosahkoteknologiat

Motiva. 2022b. Verkkoon liitetty aurinkosähköjärjestelmä. [verkkajulkaisu]. [viitattu 1.10.2022]. Saatavissa: https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/jarjestelman_valinta/tarvittava_laitteisto/verkkoon_liitetty_aurinkosahkojarjestelma

Motiva. 2022c. Sähköverkkoon kytketyn aurinkosähköjärjestelmän mitoitus. [verkkajulkaisu]. [viitattu 1.10.2022]. Saatavissa: https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/hankinta_ja_asennus/aurinkosahkojarjestelman_mitoitus

Motiva. 2022d. Mitoitusmenetelmiä. [verkkajulkaisu]. [viitattu 12.10.2022]. Saatavissa: https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/hankinta_ja_asennus/aurinkosahkojarjestelman_mitoitus/mitoitusmenetelmia

Nord Pool. 2022. Dayahead prices. [Verkkosivu]. [Viitattu 12.8.2022]. Saatavissa: <https://www.nordpoolgroup.com/en/Marketdata1/Dayahead/AreaPrices/ALL1/Hourly/?view=table>

Pasonen, Riku et al. 2012. Arctic solar energy solutions. VTT. [verkkodokumentti]. [viitattu 25.10.2022]. Saatavissa: <http://www.vtt.fi/publications/index.jsp>

Statfin. 2022. Sähkön hankinta ja kokonaiskulutus, 1960–2021. [verkkajulkaisu]. [viitattu 7.3.2023]. Saatavissa: https://pxdata.stat.fi/PxWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin__ehk/statfin_ehk_pxt_12sv.px/

Suomen virallinen tilasto (SVT): Sähkön ja lämmön tuotanto. [verkkajulkaisu]. ISSN=17985072. 2020. Helsinki: Tilastokeskus [viitattu: 13.10.2022]. Saatavissa: https://www.stat.fi/til/salatuo/2020/salatuo_2020_2021-11-02_tie_001_fi.html

Tukes. Aurinkosähköjärjestelmät. [verkkajulkaisu]. [viitattu 10.10.2022]. Saatavissa: <https://tukes.fi/sahko/sahkotyotjaurakointi/aurinkosahkojarjestelmat>

Triconomics. Final Report Cost of Energy (LCOE). European Commission. [verkkodokumentti]. [viitattu 7.3.2023]. Saatavissa: <https://triconomics.eu/wp-content/uploads/2020/11/Final-Report-Cost-of-Energy-LCOE.pdf>

Väisänen, Jami et al. "Optimal Sizing Ratio of a Solar PV Inverter for Minimizing the Levelized Cost of Electricity in Finnish Irradiation Conditions." (2019): n. pag. Print.

Liite 1. Vuosittaiset säästöt

		2021/20222	2018/2019
Ostosähkön määrä	kWh	4150.93	
Ostosähkön energiahinta	€	146.94	
Ostosähkön siirtohint	€	216.26	
Ostosähkön verot	€	115.97	
Perusmaksut	€	0	
Ostosähkön hinta/a	€/a	479.17	
Omaan käyttöön saatu tuotanto	kWh/a	897.59	
Säästetty sähköenergia	€	31.77	
Säästetty siirto	€	46.76	
Säästetty vero	€	25.08	
Kokonaissäästö omakäytöstä	€/a	103.62	
Myyntisähkön määrä	kWh	2649.97	2649.97
Myyntisähkön korvaus	€/a	499.76	127.75
Vuoden kokonaiskustannukset	€/a	-20.59	351.42
Kokonaiskustannukset ilman aurinkosähkää	€/a	582.79	582.79
Säästö vuodessa	€/a	603.38	231.37

Liite 2. LCOE-kustannuksen laskenta

			a	b
Investointikustannukset	I	5980 €		
Vuotuiset huoltokustannukset	FO&M	0 €	1	5980 3282322
Laskentakorko	r	0.07 -	2	0 3036915
Jäännösarvo	RV	0	3	0 2809856
Vuotuinen tuotanto	E	3547560 Wh	4	0 2599773
Suorituskyvyn alenema	SDR	0.01 -	5	0 2405397
Elinkaari	n	25 a	6	0 2225555
			7	0 2059158
Osoittaja	a	$\frac{I + FO\&M_t + VO\&M_t + F_t}{(1+r)^t}$	8	0 1905202
			9	0 1762757
Nimittäjä	b	$\sum_{t=1}^n \frac{E_t}{(1+r)^t}$	10	0 1630962
			11	0 1509021
			12	0 1396197
LCOE		0.00016 e/kWh	13	0 1291809
			14	0 1195225
			15	0 1105862
			16	0 1023181
			17	0 946681.4
			18	0 875901.5
			19	0 810413.5
			20	0 749821.8
			21	0 693760.4
			22	0 641890.5
			23	0 593898.7
			24	0 549495
			25	0 508411.3
			summa	5980.000 37609465