



# Aurinkosähköjärjestelmä maitotiloilla

**Kannattavuuteen vaikuttavia tekijöitä kohdetilan energiankulutus- ja tuotantoseurannan perusteella**

Nea Leppänen

Opinnäytetyö, AMK

Toukokuu 2023

Maaseutuelinkeinojen tutkinto-ohjelma

Leppänen, Nea

### **Aurinkosähköjärjestelmä maitotiloilla**

### **Kannattavuuteen vaikuttavia tekijöitä kohdetilan energiankulutus- ja tuotantoseurannan perusteella**

Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Huhtikuu 2023, 46 sivua

Maaseutuelinkeinojen tutkinto-ohjelma. Opinnäytetyö AMK.

Julkaisun kieli: suomi

Julkaisulupa avoimessa verkossa: kyllä

#### **Tiivistelmä**

Opinnäytetyön tavoitteena on selvittää aurinkosähköjärjestelmän kannattavuutta maitotilalle. Opinnäytetyössä selvitetään kannattavuuteen vaikuttavia tekijöitä sekä lisätä aurinkosähköjärjestelmän kannattavuuden tietoisuutta. Tavoitteena on kerätä aineistoa, jota voidaan hyödyntää tiloilla aurinkosähköjärjestelmä investointia suunniteltaessa sekä mitoittaessa aurinkosähköjärjestelmän suuruutta.

Tutkimus toteutettiin määrällisenä yhdistelmä tutkimuksena. Aineistoina tutkimuksessa oli Suomessa olevan kohdemaitotilan aurinkosähköjärjestelmän tuotosaineisto vuoden ajalta. Tutkimuksessa tehtiin Finsolar-laskurilla vertailuaineistoa aurinkosähköjärjestelmän takaisinmaksuajasta sekä sen nettonykyarvosta. Case-tilan aineiston tuotoslaskemat tehtiin Excel-työkalua käyttämällä. Tutkimuksessa verrataan aurinkosähköjärjestelmän tuottoa sähkönkulutukseen ja arvioidaan aurinkosähköjärjestelmän tuottoa rahallisesti. Case-tilan aineiston laskelmista piirrettiin kuvaajia analysoinnin helpottamiseksi.

Data-analyysissä selvisi aurinkosähköjärjestelmän vahvuudet ja heikkoudet. Sähkön hinnalla huomattiin olevan vaikuttava yhteys aurinkosähköjärjestelmän kannattavuuteen sekä takaisinmaksu-aikaan. Toinen merkittävästi kannattavuuteen vaikuttava tekijä oli, kuinka paljon tila pystyy itse hyödyntämään aurinkosähköjärjestelmän tuottamaa sähköä.

Opinnäytetyön tulosten perusteella aurinkosähköjärjestelmä on kannattavinta automaattilypsytiloilla, joissa sähkönkulutus on tasaista lypsyröbotin ja ruokinnan ollessa ympärivuorokautista. Aurinkosähköjärjestelmä kannattavuus paranee sähkön hinnan ollessa korkealla, jolloin tila pystyy itse hyödyntämään tuottamaansa sähköä.

#### **Avainsanat (asiasanat)**

Aurinkosähköjärjestelmä, kannattavuus

#### **Muut tiedot (salassa pidettävät liitteet)**

Esim. opinnäytetyön liitteen salassapitoperuste, ks. raportointiohjeen luku 4.1.2

**Leppänen, Nea**

**Photovoltaic system on dairy farms**

**Factors affecting profitability based on energy consumption and production monitoring of the target farm**

Jyväskylä: JAMK University of Applied Sciences, April 2023, 46 pages

Field of Natural Resources. Degree Program in Agricultural and Rural Industries. Bachelor's Thesis.

Permission for open access publication: Yes

Language of publication: Finnish

### **Abstract**

The aim of the thesis is to determine the profitability of a photovoltaic system for a dairy farm. In addition, factors affecting profitability will be investigated and awareness of the profitability of the photovoltaic system will be raised. The aim of the thesis is to obtain material that can be utilized on farms when planning an investment in a photovoltaic system and when measuring the size of a photovoltaic system.

The study was conducted as a quantitative composite study. As material of this research was used the output data of the solar power system of the target dairy farm in Finland, measured time one year. The Finsolar calculator was used in this study to create reference material on the payback period of the photovoltaic system and its present net value. The output calculations of the case mode data were made by using an Excel tool. The study compares the output of a photovoltaic system with electricity consumption and assesses the output of a photovoltaic system in monetary terms. The calculation of the data in the case space was drawn as graphs to facilitate analysis.

The data analysis revealed the strengths and weaknesses of the photovoltaic system. At the price of electricity was found to have an impressive connection to the profitability of the photovoltaic system and the payback period. Another factor that significantly affected profitability was how much the farm itself was able to utilize the electricity generated by the photovoltaic system.

Based on the results of the thesis, a photovoltaic system is most profitable in automated dairy farms, where electricity consumption is solid with a robotic milking and feeding processes around the clock. The profitability of the photovoltaic system improves when the price of electricity is high, and farm can utilize electricity itself.

### **Keywords/tags (subjects)**

a photovoltaic system, Profitability

### **Miscellaneous (Confidential information)**

For example, the confidentiality marking of the thesis appendix, see Project Reporting Instructions, section 4.1.2

## Sisältö

<b>1</b>	<b>Johdanto</b> .....	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Aurinkoenergia</b> .....	<b>4</b>
2.1	Aurinkoenergia Suomessa .....	4
2.2	Aurinkopaneeliteknologian toiminta .....	5
2.3	Aurinkosähköjärjestelmän hankinta .....	6
2.4	Aurinkopaneelien takaisinmaksuajat .....	7
<b>3</b>	<b>Sähkö</b> .....	<b>7</b>
3.1	Sähkön hinnan muodostuminen .....	7
3.2	Sähkön hinta viime vuosina .....	8
3.3	Sähkön käyttö maataloilla .....	9
<b>4</b>	<b>Tutkimuksen tavoite, toteutus ja rajaus</b> .....	<b>10</b>
4.1	Tavoite .....	10
4.2	Toteutus .....	10
4.3	Tutkimuksen rajaus .....	11
<b>5</b>	<b>Tutkimustulokset</b> .....	<b>12</b>
5.1	Kannattavuuslaskelma Finsolar-laskurilla / Vertailutietoa .....	12
5.1.1	Finsolar-laskurin kannattavuuslaskelma 1 .....	13
5.1.2	Finsolar-laskurin kannattavuuslaskelma 2 .....	14
5.1.3	Finsolar-laskurin kannattavuuslaskelma 3 .....	15
5.1.4	Finsolar-laskurin kannattavuus laskelmien yhteenveto .....	16
5.2	Case-tilan aineiston tulosten analyysi .....	17
5.2.1	Navetan sähkönkulutus .....	18
5.2.2	Kevään esimerkkipäivä lypsyrobotilalla .....	19
5.2.3	Kesän esimerkkipäivä lypsyrobottilalla .....	21
5.2.4	Syksyn esimerkkipäivä lypsyrobottilalla .....	23
5.2.5	Talven esimerkkipäivä lypsyrobottilalla .....	25
<b>6</b>	<b>Yhteenveto</b> .....	<b>27</b>
<b>7</b>	<b>Pohdinta</b> .....	<b>28</b>
	<b>Lähteet</b> .....	<b>33</b>
	<b>Liitteet</b> .....	<b>37</b>
	Liite 1. Robottilypsynavetan sähkönkulutus tyypeittäin SYKSY / TALVI .....	37
	Liite 2. Robottilypsynavetan sähkönkulutus tyypeittäin KEVÄT / KESÄ .....	40

## Kuviot

KUVIO 1. Sähkön tuotanto energialähteittäin ja nettotuonti 2020 (energiavuosi 2022 sähkö, 2023).	
KUVIO 2. Verkkoon liitetyn aurinkosähkön pienkapasitettin (MW) eri vuosina (Verkkoon liitetyn aurinkosähkön pienkapasitettin (MW) eri vuosina, 2022).	4
KUVIO 3. Verkkoon kytketyn aurinkosähköjärjestelmän kokoonpano (Verkkoon liitetty aurinkosähköjärjestelmä, 2023).	6
KUVIO 4. M2-luokan kokonais sähköhinnan muodostuminen	8
KUVIO 5. Sähkön kokonaiskäyttö 2022 (energiavuosi 2022 sähkö, 2023)	10
KUVIO 6. Kannattavuuslaskelma 1, Sähköhinnan vaikutus investoinnin takasin maksu aikaan	14
KUVIO 7. Kannattavuuslaskelma 3, Sähköhinnan vaikutus investoinnin takasinmaksu aikaan.	15
KUVIO 8. Laskelma 3, Sähkön hinnamuutoksen vaikutus investoinnin takasinmaksu aikaan.	16
KUVIO 9. Robottinavetan sähkönkulutus kesä ja talvi	18
KUVIO 10. Robottinavetan aurinkosähköjärjestelmä kevätpäivänä 9.4.2021	20
KUVIO 11. Robottinavetan aurinkosähköjärjestelmä tuotto kesäpäivänä 21.7.2020	22
KUVIO 12. Robottinavetan aurinkosähköjärjestelmä syyspäivänä 9.10.2020	24
KUVIO 13. Robottinavetan aurinkosähköjärjestelmä tilalla talvipäivänä 21.12.2020	26
KUVIO 14. Sähkön spot eli pörssisähkön hinnan vaihtu 6kk ajalta (sähkötk, N.d)	30
KUVIO 15. Pörssisähköhinta 8.elokuuta 2022 (Tuntispot-hinnat pörsissä, N.d)	31

## Taulukot

TAULUKKO 1. Finsolar-laskurissa käytetyt luvut	13
TAULUKKO 2. Keväisen esimerkipäivän 9.4.2021 mukaisen sähkönkulutuksen taloudellinen vertailu vuosien 2021 ja 2022 sähkön hinnan mukaan.	21
TAULUKKO 3. Kesän esimerkipäivän 21.7.2020 mukaisen sähkönkulutuksen taloudellinen vertailu vuosien 2020 ja 2022 sähkön hinnan mukaan.	23
TAULUKKO 4. syksyn esimerkipäivän 9.10.2020 mukaisen sähkönkulutuksen taloudellinen vertailu vuosien 2020 ja 2022 sähkön hinnan mukaan.	25
TAULUKKO 5. Talven esimerkipäivän 21.12.2020 mukaisen sähkönkulutuksen taloudellien vertailu vuosien 2020 ja 2022 sähkön hinnan mukaan.	27

# 1 Johdanto

Aurinkosähköjärjestelmän hyödyntäminen maitotiloilla on tällä hetkellä aihe, josta tarvitaan uutta tietoa, koska tilat tarvitsevat uusia energiaratkaisuja sekä säästöjä energiakustannuksista. Maatilat kärsivät nousevista kustannuksista, sillä Venäjän sota Ukrainaan aiheutti energiakriisin ja raaka-ainepulan. Energiakriisi nosti sähkönhinnan, polttoainekustannukset sekä yleiset markkinahinnat korkealle. Nämä vaikuttavat suoraan tilojen kannattavuuteen, koska tulot tiloille eivät nouseet samaan tahtiin. Sähkön hinta halutaan alemmaksi ja tähän aurinkosähköjärjestelmä voisi olla vaihtoehto, sillä itsetuotetun sähkön oletetaan olevan edullista. Aurinkosähköjärjestelmän tuotoksen sähkö ei ole tiloille ilmasta, kuitenkin oikeanlaisilla ratkaisuilla tiloilla on mahdollisuus saada merkittävää hyötyä aurinkosähköjärjestelmästä. Aurinkosähköjärjestelmän avulla viljelijät voivat omilla toimillaan pyrkiä vakauttamaan tuotantopanosten kustannuksia muun muassa energiakustannusten osalta. Maatiloilla on myös paine vihreään energiaan siirtymiseen ja uusiutuvien energialähteiden käyttöön, tämänkin vuoksi aurinkoenergia hyödyntäminen maatiloilla on nyt ajankohtaista.

Tavoitteena tällä opinnäytetyöllä on selvittää aurinkosähköjärjestelmän kannattavuutta ja siihen vaikuttavia tekijöitä maatilalla näkökulmasta. Opinnäytetyössä pohditaan, miten aurinkosähköjärjestelmää voidaan hyödyntää tiloilla ja millaiset tekijät vaikuttavat aurinkosähköjärjestelmän kannattavuuteen. Tavoitteena on saada tuotettua tutkimusainestoa aurinkosähköjärjestelmään kannattavuuteen vaikuttavista tekijöistä sekä antaa vertailulukuja, joiden avulla tilalliset voivat itse arvioida oman aurinkosähköjärjestelmän investoinnin kannattavuutta. Tässä työssä selvitetään myös aurinkosähköjärjestelmän kannattavuuteen vaikuttavia tekijöitä sekä keinoja, miten tila voi hyödyntää aurinkosähköjärjestelmää mahdollisimman kattavaksi. Aineistoanalyysissä saadaan myös vertailulukuja, joita tilat voivat verrata omaan sähkön kulutukseen ja aurinkosähköjärjestelmällä tuotetun sähkön määrään.

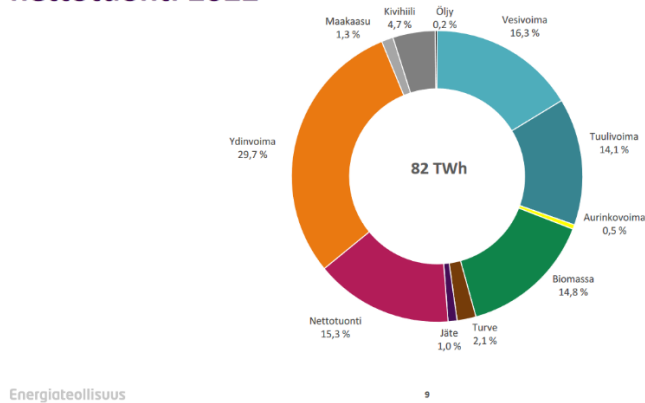
Tutkimusaineistona on energiatuotannon ja -käytön tulevaisuus maatiloilla hankkeessa käytetyn case-tilan aurinkosähköjärjestelmän tuotto vuoden ajalta. Opinnäytetyön aineistoa on kerätty Fin-solar-laskurilla tehdyistä aurinkosähköjärjestelmän kannattavuus laskelmista sekä case-tilan aines-toin laskelmilla. Laskelmista on tehty kuvaajia helpottamaan aineiston analysointia aineiston run-sauden vuoksi. Lisäksi aineistosta on haluttu nostaa esiin yksittäisiä havainnollistavia päiviä aurinkosähköjärjestelmän tuotoksesta.

## 2 Aurinkoenergia

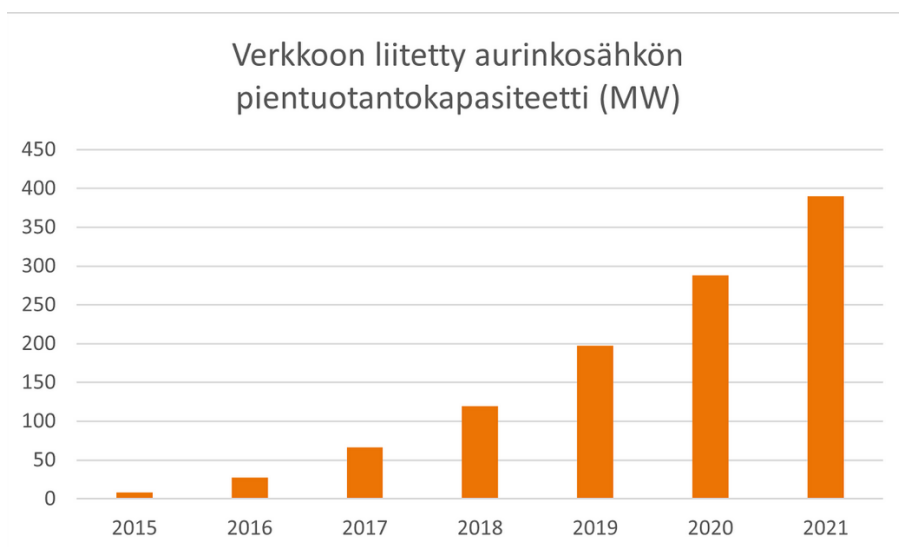
### 2.1 Aurinkoenergia Suomessa

Suomessa aurinkosähkön kapasiteetti on kasvanut viimevuosina huomattavasti. Tällä hetkellä Suomessa on kytketty verkkoon 395 megawatin tuotantokapasiteetti aurinkosähkölaitteilla, joka on melkein kaksinkertainen määrä aiempiin vuosiin verrattuna. Kokonaisuudessaan aurinkosähkön osuus verkkoon asennetusta sähkön tuotannosta oli vuoden 2021 lopussa noin 2,2 prosenttia. Kokonaistuotoksessa aurinkoenergian osuus kasvoi vuoden 2021 0,4 % tuotannosta vuodelle 2022 0,5 %:tiin. (Aurinkosähkön kapasiteetti kasvoi Suomessa yli 100 megawattia vuonna 2021, 2022).

#### Sähkön tuotanto energialähteittäin ja nettotuonti 2022



KUVIO 1. Sähkön tuotanto energialähteittäin ja nettotuonti 2020 (energiavuosi 2022 sähkö, 2023).



KUVIO 2. Verkkoon liitetyn aurinkosähkön pienkapasiteetti (MW) eri vuosina (Verkkoon liitetyn aurinkosähkön pienkapasiteetti (MW) eri vuosina, 2022).

Keski-Suomessa auringon säteilyteho on neliometriä kohden jopa 1000 kilowattituntia. Aurinkosähköjärjestelmän tuoton määrän vaikuttaa, millainen aurinkopaneeli on ominaisuuksiltaan, muun muassa kuinka suuri paneelien tehokkuus on. Paneelien suuntaus- ja asennuskulma vaikuttavat siihen, kuinka paljon paneeli saa auringonsäteilyä. Myös sään- ja ilmastonvaihtelut vaikuttavat auringonsäteilyn määrään. (Tahkokorpi 2016, 17.) Aurinkosähköjärjestelmän nimellisteho kuvataan piikkiwatteina eli Wp, joka tarkoittaa auringon säteilyn määrää 1 000W/m<sup>2</sup>.

(Aurinkosähköjärjestelmän teho, 2022.)

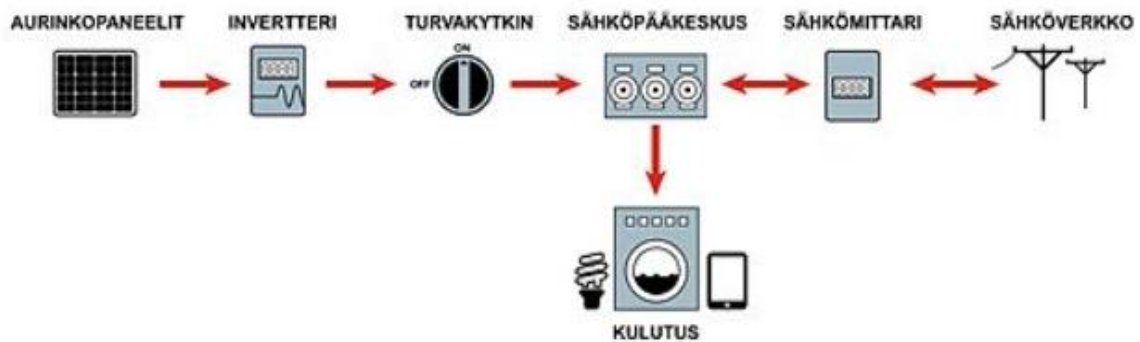
Tahkokorpi kirjoittaa kirjassaan "Aurinkoenergia Suomessa 2016" uudesta energiaratkaisujen tarpeesta sekä sen tärkeydestä ja siihen siirtymisestä. Energiaomavaraisuus koetaan tärkeäksi, sillä maailman tilanne saattaa muuttua nopeastikin, eikä ulkomailta tuotua energiaa voida taata tulevaisuudessa. Aurinkoenergiateknologian halventuessa ja rakentamisen rutiinien vakiintuessa aurinkoenergian yleisyys tulee kasvamaan. Aurinkoenergiajärjestelmien hinnalle on näkynyt laskua vuonna 2016. (Tahkokorpi, 9) Aurinkosähköjärjestelmien hinnat ovatkin laskeneet vuoden 2010 hintatasosta jopa 80 %. (Aurinkopaneeli - mikä on asennuksen hinta ja kuinka paljon sähköä paneelit tuottavat ?, 2023)

## 2.2 Aurinkopaneeliteknologian toiminta

Aurinkopaneeleilla muutetaan auringon säteilyenergiaa sähköenergiaksi. Aurinkopaneelit koostuvat kennoista, jotka on rakennettu yksi- tai monikiteisistä piistä. Kennot kytketään sarjaan paneelin sisälle. Valonsäteiden osuessa piikerrokseen elektronit aktivoituvat liikkeelle. Elektronien liike kennostojen sisällä tuottaa sähkövirran. Sähkövirta johdetaan invertterille, joka tekee sähkövirrasta tasavirtaa. (Tahkokorpi, 137)

Kun sähkövirrasta on tehty tasavirtaa, aurinkopaneelit kytketään invertterin kautta kiinteistön sähköpääkeskukseen. Sähköverkkoon kytketty aurinkopaneelijärjestelmä ei takaa sähkön saantia sähkökatkojen aikana, ellei siinä ole erillistä kytkintä, joka sulkee verkkoon menevän sähkön katkon aikana. Alla olevassa kuvassa (KUVIO 3) on kuvailtu aurinkosähköjärjestelmän kokoonpano, miten aurinkopaneeleista sähkö kulkeutuu sähköverkkoon ja kulutukseen. (Verkkoon liitetty aurinkosähköjärjestelmä, 2023.)





KUVIO 3. Verkkoon kytketyn aurinkosähköjärjestelmän kokoonpano (Verkkoon liitetty aurinkosähköjärjestelmä, 2023).

### 2.3 Aurinkosähköjärjestelmän hankinta

Aurinkosähköjärjestelmän hankinta muodostuu useista tekijöistä, kuten suunnittelu, asennus ja järjestelmän laitteet. Laitteita ovat muun muassa aurinkopaneelit ja niiden kiinnitystelineet, invertteri ja muut sähkölaitteet. Pääsääntöisesti aurinkosähköjärjestelmä myydään avaimet käteen -periaatteella, jolloin myyjä vastaa asennuksesta ja laitteistojen hankinnasta sekä tarvittaessa lupasioista. (Aurinkosähköjärjestelmien hinta, 2022).

Esimerkkinä keväällä 2021 pientalon aurinkosähköjärjestelmän hankintahinta asennettuna oli arviolta 5000–7000 euroa sisältäen arvolisäveron. Aurinkosähköjärjestelmän koko oli 5 kWp, joka tuottaa vuodessa noin 4000–4500 kWh sähköä varjottomassa sijainnissa. (Aurinkosähköjärjestelmien hinta, 2022.) kWp tarkoittaa kilowattipiikkiä, joka kertoo aurinkosähköjärjestelmän nimellistehon (Mitä lyhenteet kWp ja Wp tarkoittavat?, N.d).

Maatilojen on mahdollista saada hankinta-avustusta aurinkosähköjärjestelmän hankintaan. Avustuksen myöntää Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus eli ELY-keskus. Avustusta aurinkoenergiajärjestelmään voi saada enintään 40 % hankintahinnasta. Myönteisen avustuspäätöksen saaminen vaatii vähintään 17 500 € eli noin 15 kW aurinkosähköjärjestelmän investoinnin. (Uusi jäsenetu-aurinko energiaa maitotilille, 2022)

## 2.4 Aurinkopaneelien takaisinmaksuajat

Aurinkosähköjärjestelmän takaisinmaksuaikaan vaikuttaa monet tekijät, kuten sähkön hinta ja investoinnin hankintahinta. Lisäksi siihen vaikuttaa, kuinka paljon itse pystytään hyödyntämään sähköä oikea-aikaisesti (Virtanen 2020, 20). Sähkön hinnannousu parantaa aurinkosähköjärjestelmien kannattavuutta, tila saa tuottamastaan sähköstä oikean hinnan. Mitä enemmän tila pystyy käyttämään aurinkosähköjärjestelmän tuottoa, sitä suuremman hyödyn se siitä saa. (Aurinkopaneelien kannattavuus ja takaisinmaksuaika, 2020).

## 3 Sähkö

### 3.1 Sähkön hinnan muodostuminen

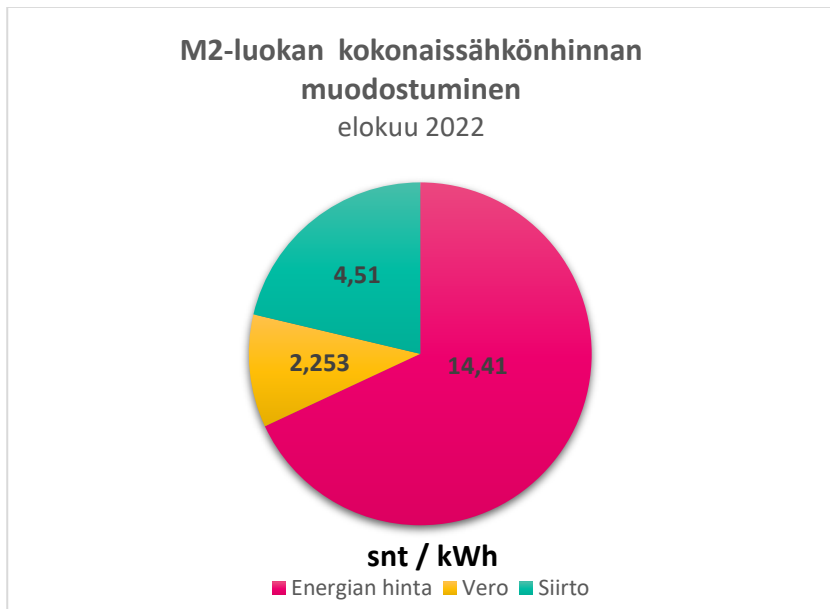
Sähkön hinta koostuu sähkönsiirrosta, sähköverosta sekä sähköenergian hinnasta. Sähkön hinta muotoutuu sähkönsopimuksen mukaan. Sähkönmyyjä päättää sähkölle hinnan sen mukaan mitä myyjä joutuu itse maksamaan sähköstä, lisäksi myyjä joutuu kattamaan myös muut kustannukset, kuten markkinoinnin sekä omanvoiton. Sähkönmyyjä myy tuottamaansa tai ostamaansa sähköä omien sopimusten pohjalta. Sähkön hintaan vaikuttaa myös sähkön kysynnän ja tarjonnan suhde, esimerkiksi kun tuulivoimalat eivät tuota sään vuoksi paljon sähköä voi syntyä sähköpulaa ja se nostaa sähkön hintaa. (Sähkön hinta koostuu kolmesta osasta, N.D).

Sähkövero maksetaan sähkölaskun yhteydessä. Sähköverolla pidetään yllä sähköverkkotoimintaa ja pidetään huolta huoltovarmuudesta (Sähkön hinta koostuu kolmesta osasta, N.D). Sähkövero on luokiteltu kahteen veroluokkaan: I- ja II-veroluokkaan. Maataloussektori kuuluu I-veroluokkaan, jossa sähköveron hinta on 2,24 snt/kwh vuonna 2023 (Sähkön, maakaasun, biokaasun, polttoturpeen, kivihien ja mäntyöljyn verotaulukot, N.d). Verotuksessa maatalouden sähköveroa voidaan alentaa veronpalautuksilla. Alennettu veronpalautus tarkoittaa sähköveron laskemista II-sähköveroluokalle. Veronpalautuksilla alennettu sähkövero maatalouksille on 0,05snt/kWh vuonna 2023. II-luokan sähköverossa maksetaan myös huoltovarmuusmaksu, jonka suuruus oli vuonna 2023 0,013 snt/kWh. (Energiaverotus, N.d)

Suomessa sähkönsiirto tapahtuu koko maanlaajuisten sähköverkkojen avulla. Suomalaista sähköverkkoa pitää yllä sähkönsiirtoyhtiöt. Yhtiöiden vastuulla on pitää sähköverkosto toimivana ja

kehittyvänä, jotta koko Suomessa on mahdollisuus sähköverkkoon liittymiseen. Sähkönsiirtoyhtiöt rahoittavat toimintaansa sähkön siirtomaksulla, joita sähkön kuluttaja maksaa ostamastaan sähköstä. Energiamarkkinavirasto seuraa ja toimii valvojana sähkönsiirtoyhtiölle sen toiminnassa. Myös viranomaiset valvovat sähköyhtiöiden toimintaa ja pitää kuluttajan maksut kohtuullisina. Viranomaiset määräävät sähkönsiirrolle sallitun tuoton ottaen huomioon toiminnan tehokkuuden. (Sähkön hinta pähkinän kuoressa, N.d).

Maatalous kuuluu sähkön siirron M2 luokkaan, jonka kokoluokan edellytyksenä on muun muassa pääsulakekoko 3x35 A tai sähkön käytön määrä 35 000 kWh/vuosi. M2-luokassa sähkön siirron hinta on ollut 4,51 snt/kWh ja sähkön hinta on ollut 14,41 snt/kWh elokuussa 2022. (Sähkönsiirron verkonhaltijakohtaiset keskihinnat 2019 eteenpäin, N.d)



KUVIO 4. M2-luokan kokonaissähkönhinnan muodostuminen

### 3.2 Sähkön hinta viime vuosina

Maailmantilanne on muuttunut lähiaikoina radikaalisti. Koronakriisi ja Venäjän hyökkäys Ukrainaan on aiheuttanut maailman laajuisen energiakriisin. Raaka-ainepula ja sen myötä nousseet tuotantokustannukset ovat nostaneet hintoja niin kuluttajalle, kuin yrityksille. Maataloussektori on kärsinyt energiakriisistä erityisen paljon sähkönhinnan noustessa. Maatilat ja kotieläintilat kuluttavat paljon sähköä, ja sähkön hinnan nousu on vaikuttanut suoraan tilojen kannattavuuteen.

(Sähkön hinta ajaa myös eläintilat ahtaalle – suursikalan pitäjä: ”Porsas on kuin pieni lapsi, se tarvitsee hyvät olosuhteet”, 2022).

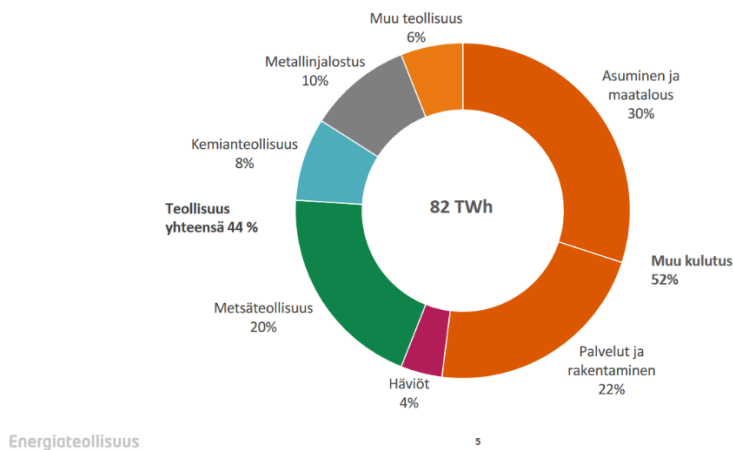
Sähkön hinnan vaihtelu on ollut ennen energiakriisiä kohtuullisen tasaista. Sähkön hinta on vaihdellut 6–8 snt/kWh vuosina 2010–2020. Nämä luvut ovat keskisuuren teollisuuden hinnoista, joissa kulutetaan sähköä 2 000–19 000 MWh/vuosi. (Tilastotietokanta, 2021, Liite 5). Marraskuun 2022 pörssisähköhinnan keskiarvo oli 14,63 snt/kWh, joka sisälsi 0,03 snt/kWh arvoisen arvolisäveron (Fortum tarkka tuntihinta 11.11.2022,2022). Marraskuun 2022 viikon 45 pörssisähkön spotkeskihinta oli 13,09 snt/kWh. (Sähkötk, N.d). Sähkön keskihinta nousi vuoden 2022 lopulla 21,35 snt/kWh. Vuoden 2022 lopulla sähkön keskihinnan ennustettiin nousevan, jopa 50 snt/kWh. Ennuste ei kuitenkaan pitänyt paikkaansa, sillä vuosien 2022–2023 leudot talvet vaikuttivat sähkön kulutuksen määrään (Sähkötukea ja sähkövähennystä on haettu odotettua vähemmän – taustalla leuto talvi ja sähkön hinnan maltillinen kehitys, 2023). 2023 maaliskuulla odotetaan selkeää hinnan laskua, jonka odotetaan kestävän kesän loppuun. Kesälle futuurin odotetaan laskevan jopa alle 10 snt/kWh. (Sähköfutuuri 2023, 2023.)

### **3.3 Sähkön käyttö maataloilla**

Uusimman tilastotiedon mukaan vuonna 2020 maa- ja puutarhataloudessa kului energiaa yhteensä 10 723 GWh eli 10 723 000 000 kWh. Sähkön osuus energiankulutuksesta oli 1 567 GWh eli 1 567 000 000 kWh (Maa- ja puutarhatalouden energiankulutus 2020, 2021). Energiaa kuluu yksittäisistä tuotantosuunnista eniten maidontuotantotiloilla. Maitotilojen keskimääräinen sähkön kulutus on 150 000 kWh/v. (Maitotilan energiavirrat, 2017.) Asumisen ja maatalouden osuus vuoden 2022 sähkön kokonaiskäytöstä oli 30 % (KUVA 5) , kun kokonaisähkön tuotanto oli 82 TWh koko Suomessa. (Energiavuosi 2022 sähkö, 2023.)

Maitotilojen energian kulutuksesta noin 38 prosenttia on sähkön osuutta. Sähköä kuluu muun muassa lypsyssä, maidon jäähdytyksessä, valaistuksessa, ilmastoinnissa, lannanpoistossa sekä vesien lämmityksessä. Suurin osa maitotilojen sähkön kulutuksesta kohdistuu maidon jäähdytykseen sekä valaistukseen. (Maitotilan energiavirrat, 2017).

## Sähkön kokonaiskäyttö 2022



KUVIO 5. Sähkön kokonaiskäyttö 2022 (energiavuosi 2022 sähkö, 2023)

## 4 Tutkimuksen tavoite, toteutus ja rajaus

### 4.1 Tavoite

Tutkimuksen tavoitteena on selvittää aurinkosähköjärjestelmän hyödyntämisen vaikutuksia eläintuotantotilalla. Tutkimuskysymyksinä tutkimuksessa ovat: ”Onko aurinkosähköjärjestelmä maitotiloilla kannattavaa?” sekä ”Millä aurinkosähköjärjestelmän kannattavuutta voidaan parantaa?”. Tutkimustuloksista on tarkoitus saada selville, kuinka aurinkosähköjärjestelmää pystytään hyödyntämään tiloilla mahdollisimman hyvin. Samalla pyritään saamaan aurinkosähköjärjestelmän kannattavuuteen vaikuttavia tekijöitä esille tilanteessa, jossa sähköenergian markkinahinta vaihtelee. Onko aurinkosähköjärjestelmään investointi kannattavaa sähkön hinnan vaihdellessa, kun investoinnista johtuvat pääoman hoitamisesta aiheutuvat kustannukset pysyvät vakiona? Laskelmien avulla saadaan selville aurinkosähköjärjestelmän hyvät puolet ja heikkoudet, jotta aurinkosähköjärjestelmän hyöty voidaan maksimoida tiloilla ja energianhinnan vaihtelussa syntyneistä tilanteissa.

### 4.2 Toteutus

Opinnäytetyö aloitettiin keväällä 2022 aiheen valinnalla, syyskuussa 2022 opinnäytetyösuunnitelma hyväksyttiin. Tämän jälkeen alkoi aineiston kerääminen ja pohjatiedon hankinta. Joulukuussa 2022 valmistui Finsolar-laskurin tulokset ja niiden analysointi. Keväällä 2023 case-tilan

aurinkoenergiajärjestelmän aineiston laskenta ja kuvaajien tekeminen analysoinnin helpottamiseksi. Opinnäytetyö valmistui lopullisesti huhtikuussa 2023.

Tutkimuksessa analysoidaan case-tilan aurinkosähköjärjestelmän aineistoa. Aineisto on saatu case-tilalta 15.7.2020-24.4.2021 väliseltä ajanjaksolta. Tilan aurinkosähköjärjestelmään kytkettiin rinnalle energianhallintajärjestelmäyksikkö, jolla data kerättiin. Aineiston pohjalta laskettiin aurinkosähköjärjestelmän tuottoa, jotta saatiin selville aurinkosähköjärjestelmän hyöty. Aurinkosähköjärjestelmän tuottoa verrattiin yhden robotin pihattonavetan sähkön kulutukseen. Kyseisistä luvuista saadaan muodostettua sähkön kulutuksen ja aurinkosähköjärjestelmän suhde. Laskelmista tehtiin kaavioita, jotka helpottavat analysointia ja hahmottavat tutkimuksen tuloksia paremmin. Laskelmat sekä kuvaajat ovat tehty Microsoft Excel-sovelluksella.

### **4.3 Tutkimuksen rajaus**

Opinnäytetyö on rajattu aurinkosähköjärjestelmän kannattavuuteen vaikuttavien tekijöiden nimeämiseen maitotiloilla, koska tuloksista halutaan helposti hyödynnettäviä myös muilla tiloilla. Kannattavuuden mittareina käytetään takaisinmaksuaikaa sekä investoinnin netto nykyarvoa, koska kannattavuutta niiden avulla on helppo arvioida erilaisilla aurinkosähköjärjestelmillä. Takaisinmaksuaika on oleellinen luku investointia suunniteltaessa, sillä se kuvaa kuinka nopeasti aurinkosähköjärjestelmän investoinnin kustannukset on katettu kokonaisuudessaan. Netto nykyarvo on laskennallinen luku, joka kertoo tulo- ja menovirtojen nykyarvon erotuksen. Netto nykyarvon ollessa miinusmerkkinen investointia ei kannata tehdä. Aurinkosähköjärjestelmän takaisinmaksuajasta ja netto nykyarvosta tehtiin kolme herkkyysoanalyysia kolmella eri sähkönhinnalla, koska sähkönhinnan vaihtelu on ollut suurta viime vuosien aikana. Laskelmissa käytettiin sähkön hintaa ennen energiakriisiä vuoden 2020 keskihinnalla, energiakriisin aikana tammikuun 2023 keskiarvoa ja tulevaisuuden arvioitua futuurisähkön hintaa tammikuulta 2025. Näillä kolmella sähkön hinnalla saadaan kuva isosta sähkön hintojen vaihtelusta ja kulujen yleistämisen vuoksi tutkimuksessa on käytetty vain kolmea eri sähkön hintaa.

Case-tilan aineistosta tehtiin neljä eri laskelmaa päivän sähkönkulutuksen ja aurinkosähköjärjestelmän tuoton havainnollistamiseksi, jotta aurinkosähköjärjestelmän hyödyllisyys tulee selville. Päivät valikoituivat neljälle vuodenajalle: kevät, kesä, syksy ja talvi. Jokaiselta vuodenajalta valittiin keskiarvoinen tai keskiarvoista heikompi tuottoinen päivä aurinkosähköjärjestelmälle, jotta saataisiin

mahdollisimman todenmukainen tuotos. Eri vuodenaikoina saaduilla tuloksilla pystytään myös havainnollistamaan pörssisähkön hinnan muutokset sekä aurinkosähköjärjestelmän tuotto eri vuodenaikoina. Muiden päivien tuotto ei toisi opinnäytetyölle lisäarvoa, koska sähkönhinta heittelee kulutuksen ja tuotannon mukaan. Sähkönhinnan vaihtelu on vaikeasti ennakoitavaa ja vaatisi paljon tilastodataa.

## 5 Tutkimustulokset

### 5.1 Kannattavuuslaskelma Finsolar-laskurilla / Vertailutietoa

Finsolarin kiinteistön aurinkosähköjärjestelmän kannattavuuslaskurin avulla toteutettiin kolme erilaista kannattavuuslaskelmaa. Seuraavissa luvuissa käsitellään kolmen laskelman tuloksia. Aurinkosähköjärjestelmänhinnan perustana oli näissä laskelmissa 1 200 €/kWp (alv 0 %). Investointituen osuus on 40% hankintahinnasta (Maatalouden investoinnin tuet, tukiprosentit, N.d), jolloin 25 kWp kokoisen järjestelmän hinta oli 30 000 € (alv 0%) ja siihen sai avustusta 12 000€.

Laskelmassa sähkön hinta on sama verkosta ostetulla ja verkkoon tuotetulla sähköllä. Kaikissa kolmessa laskelmassa on samat arvot rahoitukselle ja aurinkosähköjärjestelmän hankintahinnalle. Muuttuvia kustannuksia laskelmissa ovat sähkön hinta, sähkösiirto ja verot. Näiden avulla saadaan selville investoinnin nettonykyarvo ja takaisinmaksuaika. Laskemassa 1 sähkönhinta on 4,3 snt/kWh (tilastotietokanta, N.d), laskemassa 2 sähkönhinta on tammikuun 2022 keskisähkö hinta 8,1 snt/ kWh (tilastotietokanta, N.d) ja laskelmassa 3 käytetään sähkönhintafutuuria 9,5 snt/kWh (Sähköfutuuri 2023- sähkön hinnan ennuste, N.d).

Finsolar-laskurissa käytetyt luvut		
kWp	25	kW
Investoinnin hinta	30000	€
Investointituki (40%)	12 000	€
Laina-aika	4	V
<b>Laskelma 1</b>		
Sähkön hinta	4,3	snt/kWh
vero	3,7	snt/kWh
siirto	0,7	snt/kWh
<b>Laskelma2</b>		
Sähkön hinta	8,1	snt/kWh
vero	4,6	snt/kWh

	siirto	2,790	snt/kWh
<b>Laskelma 3</b>			
	Sähkön hinta	9,5	snt/kWh
	vero	4,6	snt/kWh
	siirto	3,000	snt/kWh

TAULUKKO 1. Finsolar-laskurissa käytetyt luvut

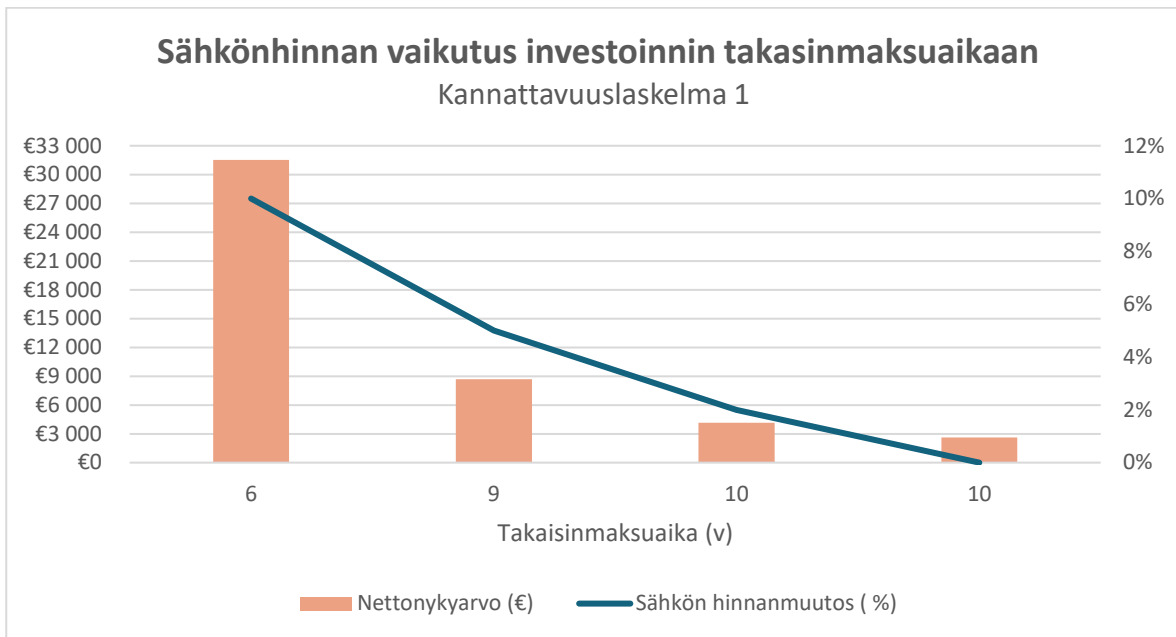
### 5.1.1 Finsolar-laskurin kannattavuuslaskelma 1

Kannattavuuslaskelma 1 on laskettu sähkön hinnalla 4,3 snt/kWh, joka on tammikuun 2020 keskihinta myydylle energialle (tilastotietokanta, N.d). Kannattavuuslaskelman huomiona on, että sähkön hinnanmuutoksen ollessa 0% tai 2% aurinkösähkölaitteiston takaisinmaksuaika on kymmenen vuotta. Kun hinnanmuutos nousee 10%:iin eli 4,73 snt/kWh, takaisinmaksuaika laskee jopa 6 vuoteen. Hinnanmuutosprosentti on muutosta hinnasta ylöspäin, jolloin tämä tarkoittaa, että hinnan noustessa takaisinmaksuaika laskee samanaikaisesti.

Investoinnin nettonykyarvo kuvaa aurinkoenergiajärjestelmän investoinnin ja siitä tulevien tuottojen nykyarvoa. Kannattavuuslaskelmassa 1 huomataan nettonykyarvon nousevan selvästi, kun energian hinnanmuutos on 5 %. Tällöin aurinkoenergiajärjestelmän kannattavuus nousee huomattavasti. Aurinkoenergiajärjestelmän 4,3 snt/kWh hinnalla investoinnin nykyarvo on 2 632€, joka kertoo investoinnin tuottaneen myös sen verran. Kun hinnan muutos on 10 % investoinnin nettonykyarvo on 31 528 € eli investointi on maksanut jo itsensä selvästi takaisin tuottaen samalla voittoa.

Kuviossa 6 pylväillä on kuvattu investoinnin nettonykyarvoa 30 vuoden käyttöiällä. Sininen viiva on sähkön hinnan muutos prosentteina. Pylväiden alla oleva luku kertoo investoinnin takaisinmaksuajan vuosina.



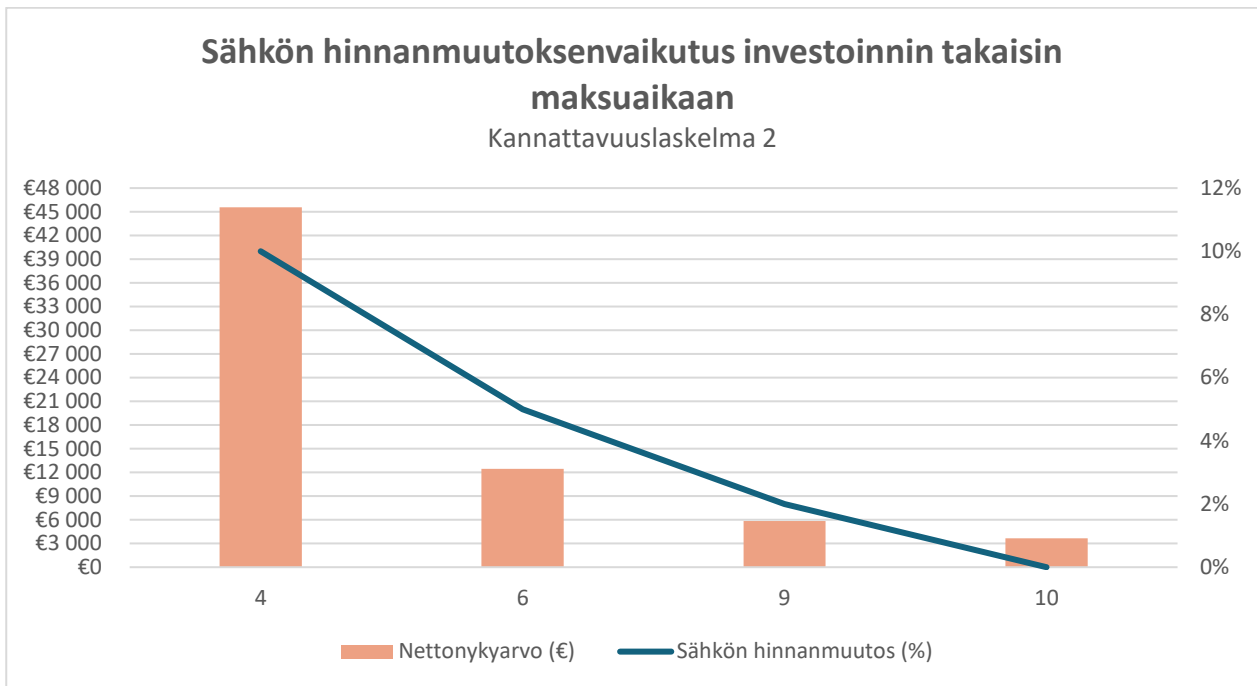


KUVIO 6. Kannattavuuslaskelma 1, Sähkönhinnan vaikutus investoinnin takaisin maksu-aikaan

### 5.1.2 Finsolar-laskurin kannattavuuslaskelma 2

Kannattavuuslaskelmassa 2 energian hintana on 8,1 snt/kWh. Kun investoinnin takaisinmaksuaika on 10 vuotta ja sähkön hinnan muutos on 0 %, investoinnin nettonykyarvo on 3 663 €. Sähkön hinnan muutoksen ollessa 2% tai enemmän lyhentää se takaisinmaksuaikaa. Sähkönhinnan ollessa korkeampi kuin 10 % eli 8,9 snt/kWh, aurinkosähköjärjestelmän takaisinmaksuaika on vain 4 vuotta.

Energian hinnan ollessa 8,1 snt/kWh ja energian investoinnin nettonykyarvo on 0 % hinnan vaihtelulla 3 663€, kun investoinnin hinta on 30 000€. Tässä kannattavuuslaskelmassa 5 % sähkönhinnan nousulla investoinnin nettonykyarvo nousee jyrkästi. Sähkön hinnan noustessa 10 % nettonykyarvo aurinkosähköjärjestelmällä on 45 549 €, joka on enemmän kuin alkuinvestointi 30 000€.



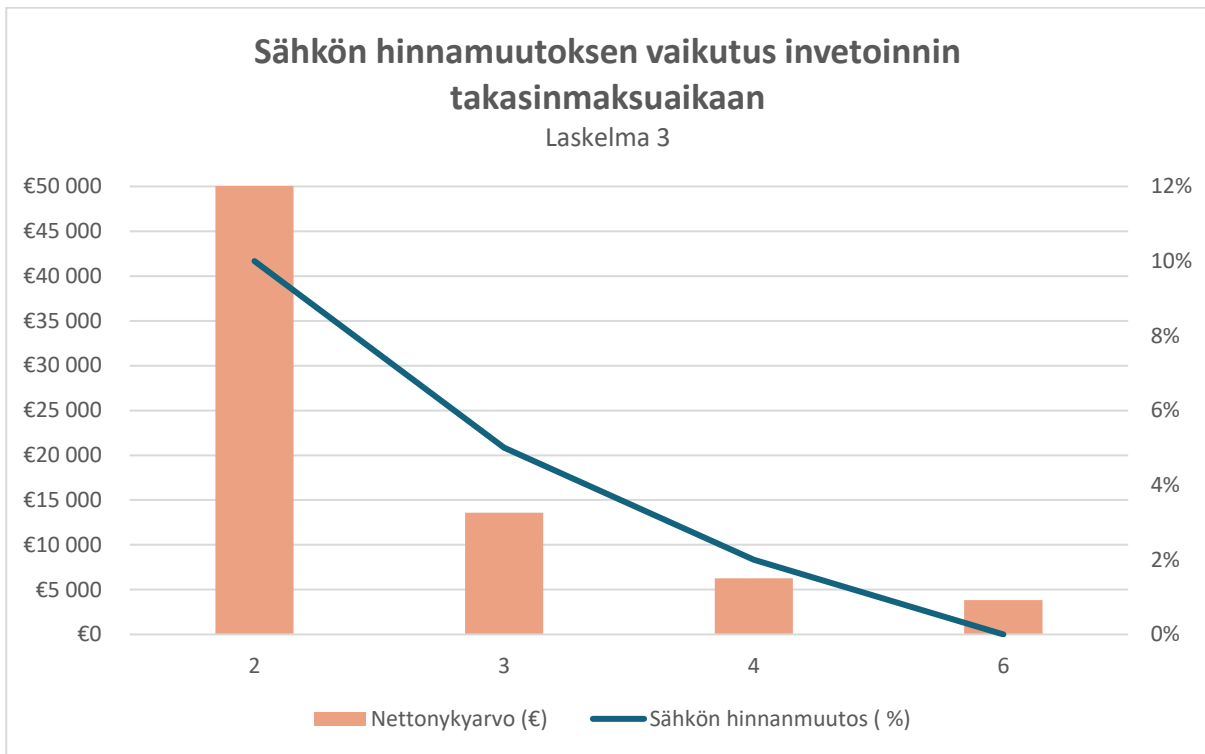
KUVIO 7. Kannattavuuslaskelma 3, Sähkön hinnan vaikutus investoinnin takaisinmaksuaikaan

### 5.1.3 Finsolar-laskurin kannattavuuslaskelma 3

Kannattavuuslaskelma 3 on toteutettu futuurihintojen mukaan, jotka olisivat vuoden 2025 tammikuussa 12,52 snt/kWh (sis. alv 24 %) eli 9,3 snt/kWh (alv 0 %). Korkeampi energianhinta pitää takaisinmaksuajan selvästi lyhyempänä, kuin laskelmissa 1 ja 2. Energianhinnan muutoksen ollessa 0%, aurinkosähköjärjestelmän takaisinmaksuaika on 6 vuotta. Hinnan muutoksen ollessa 2 %, takaisinmaksuaika on 4 vuotta. Puolestaan energian hinnan muutoksen ollessa 5 %, takaisinmaksuaika on 3 vuotta. Korkeimmalla hinnanmuutoksella 10 prosentilla eli sähkön hinnalla 10,23 snt/kWh, takaisinmaksuaika on enää 2 vuotta.

Investoinnin nettonykyarvo on 3 819€ energianhinnanmuutoksen ollessa 0%.

Kannattavuuslaskelmassa investoinnin nettonykyarvo on kokoajan nouseva. Tämä tarkoittaa investoinnin olevan sitä kannattavampi, mitä enemmän energianhinta nousee prosentuaalisesti. Sähkön hinnan 10% nousulla nettonykyarvo on 50 362€, joka todella suuri tuotto investoinnille, kun alkuiinvestoinnin suuruus on 30 000€.



KUVIO 8. Laskelma 3, Sähkön hinnamuutoksen vaikutus investoinnin takaisinmaksuaikaan

#### 5.1.4 Finsolar-laskurin kannattavuus laskelmien yhteenveto

Laskelmien kuvaajat ovat tehty eri sähkön hinnoilla, jolloin saadaan selville sähkön hinnan muutoksen vaikutusta takaisinmaksuaikaan ja investoinnin nettonykyarvoon 30 vuoden käyttöiällä. Kuvaajista huomataan, että mitä korkeampi sähkön hinnan vaihtelu on, sitä nopeammin takaisinmaksuaika täyttyy. Investoinnin nettonykyarvo 30 vuoden käyttöiällä on huomattavasti korkeampi silloin, kun sähkön hinta on noussut 10% jokaisessa kannattavuuslaskelmassa.

Kuvioissa 1, 2 ja 3 esitetyt tulokset kertovat samalaisia tuloksia, vaikka energian hinta kaikissa on eri. Laskemissa 1 ja 2, jossa oli alhaisempi sähkön hinta, 0% hinnan muutoksella takaisinmaksuaika oli 10 vuotta. Kannattavuuslaskemassa 3 sähkön hintana on 9,3 snt /kWh, takaisinmaksuaika oli 0% hinnan muutoksella 9 vuotta. Jokaisessa laskelmassa havaittiin, että kun sähkön hinta nousi 2%, 5% tai 10% takaisinmaksuaika lyheni. Tämä on tärkeä havainto laskelmista, sillä energian hinnannousu vaikuttaa positiivisesti aurinkoenergiajärjestelmän kannattavuuteen, mutta investointipäätöstä tehdessä on kiinnitettävä huomiota laskelmassa käytetyn sähköenergian hinnan nousu reaalisuuteen.

Laskemien tulosten erot tulevat vain sähkön hinnasta, kun laskelmassa kaikki muut kustannukset olivat samat. Nettonykyarvo kertoo, onko investointi kannattava eli jos nettonykyarvo on miinusella investointi ei tulisi tehdä. Laskelmien mukaan kaikki investoinnit ovat siis kannattavia kyseisillä arvoilla.

Energian hintojen laskiessa investoinnin takaisinmaksuaika pitenee, joka vähentää aurinkosähköjärjestelmän kannattavuutta. Tästä voidaan tehdä johtopäätös, että matalalla sähkön hinnalla investointi aurinkosähköjärjestelmään on kannattamattomampaa kuin korkeammalla sähkön hinnalla. Ei ole kannattavaa myydä sähköä ulkopuoliseen verkkoon, jos siitä ei saa investoinnin suuruuteen verrattavaa hyötyä. Sähkön hinnan ollessa matalalla, tila saa suurimman hyödyn käyttämällä aurinkoenergiajärjestelmän sähköä itse, eikä syöttämällä sitä yleiseen verkkoon. Kun taas energian hinta on korkealla, tilan kannattaa myydä sähköä mahdollisimman paljon yleiseen verkkoon saadakseen siitä tuottoa itselleen.

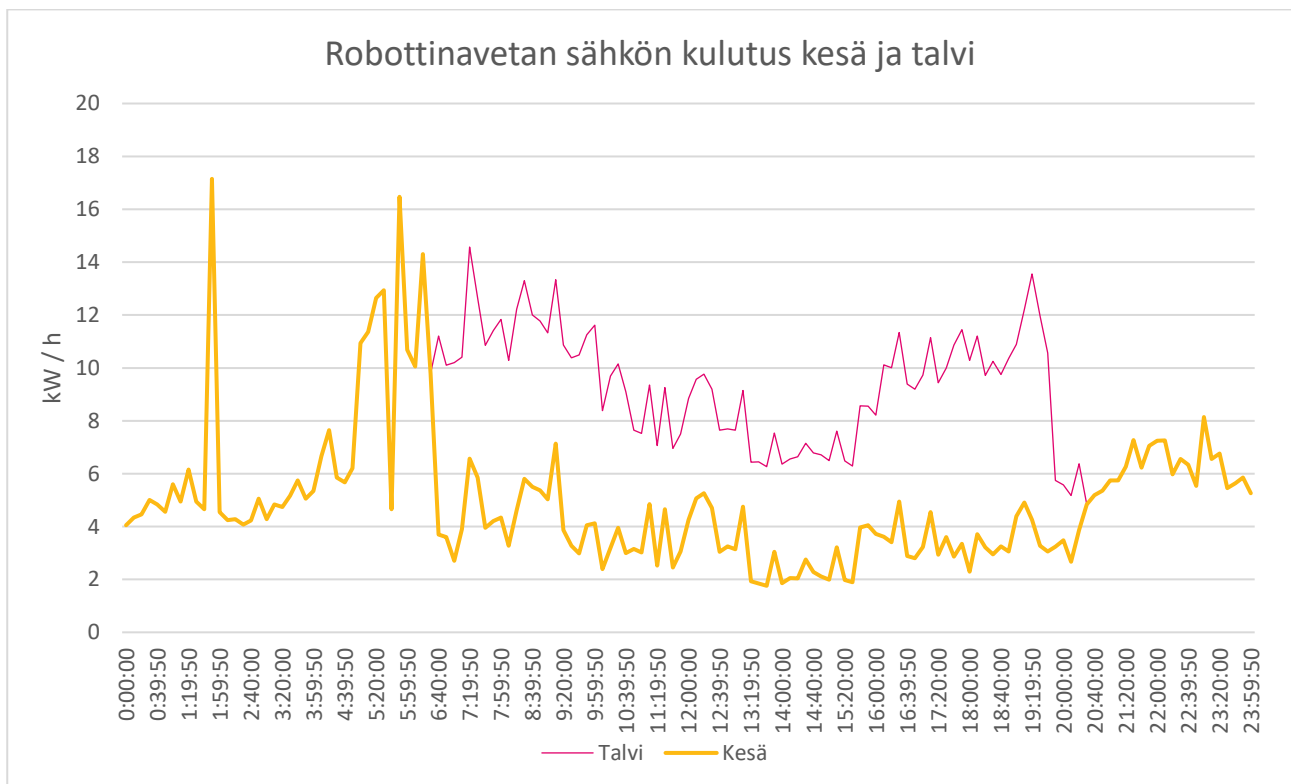
## 5.2 Case-tilan aineiston tulosten analyysi

Kohdetilana on yhden lypsyrobotin lypsykarjatila, jossa on 25 kW aurinkosähköjärjestelmä. Aurinkosähköjärjestelmä on asennettu navetan katolle kaakon suuntaan. Tilan vuosikulutus on 71 600 kWh. Tilan aurinkoenergiajärjestelmä ei kata koko sähkönkulutusta kokoaikaisesti, vaan tila joutuu ostamaan myös ulkopuolisesta verkosta sähköä. Tilan tuottamasta sähköstä hyödyntämättä jäänyt osuus menee myyntiin yleiseen verkkoon. Yleiseen verkkoon myydystä sähköstä tila saa sen hetkisen pörssisähköhinnan mukaisen korvauksen. Verkkoon myydystä sähköstä tilan ei tarvitse maksaa veroa eikä erillistä sähkön siirtomaksua.

Aurinkosähköjärjestelmän aineisto on saatu energiantuotannon ja -käytön tulevaisuus maataloilla hankkeessa käytetyn case-tilan aurinkosähköjärjestelmästä ajalta 15.7.2020-24.4.2021. Case-tilan datasta on tehty neljä eri kuvaajaa keväältä, kesältä, syksyltä ja talvelta. Kuvaajien on tarkoitus havainnollistaa aurinkoenergian suhdetta navetalla käytettyyn sähkön määrään. Jokaisen vuoden ajan kohdalta on pyritty löytämään keskivertaista heikompia aurinkoenergian tuottamisen päiviä, jolloin aurinkosähköjärjestelmän tuotto on pieni. Heikkotuottoiset päivät valikoituivat satunnaisesti tuotoksen mukaan, jolloin esimerkiksi päivät olivat sateisia tai pilvisiä. Heikkotuottoisia päiviä on helpompi yleistää, jolloin se ei vääristä sähköntuoton määrää pidemmällä aikavälillä.

### 5.2.1 Navetan sähkönkulutus

Liite 1 ja liite 2 kuvaavat navetan sähkönkulutusta isoimpien sähkökoneiden osalta. Sähkönkulutusryhmät ovat ilmastointi, lannanpoisto, lypsyrobotti ja maidon jäähdytys, valaistus sekä ruokinta. Aineisto sähkönkulutukseen on kerätty erään robottinavetan ajankohtaisesta aineistosta, jota on yleistetty talvi- ja kesäkulutukseen. Talvikulutus toimii laskelmissa syksyn ja talven kuvauksissa, koska niiden sähkönkulutus on samanlainen. Talvella valaistuksen osuus on suurempi ja ilmastoinnin osuus pienempi verrattuna kesäaineistoon. Kesäaineistoa käytetään kevään ja kesän laskelmissa, koska niiden sähkönkulutus on samanlainen. Kesän aineistossa valaistuksen osuus on lähes 0 % suurilta osin. Muut toimet eli lannanpoisto, lypsyrobotti ja maidon jäähdytys sekä ruokinta on samat, koska ne kuluttavat sähköä ympäri vuoden samaan tahtiin.



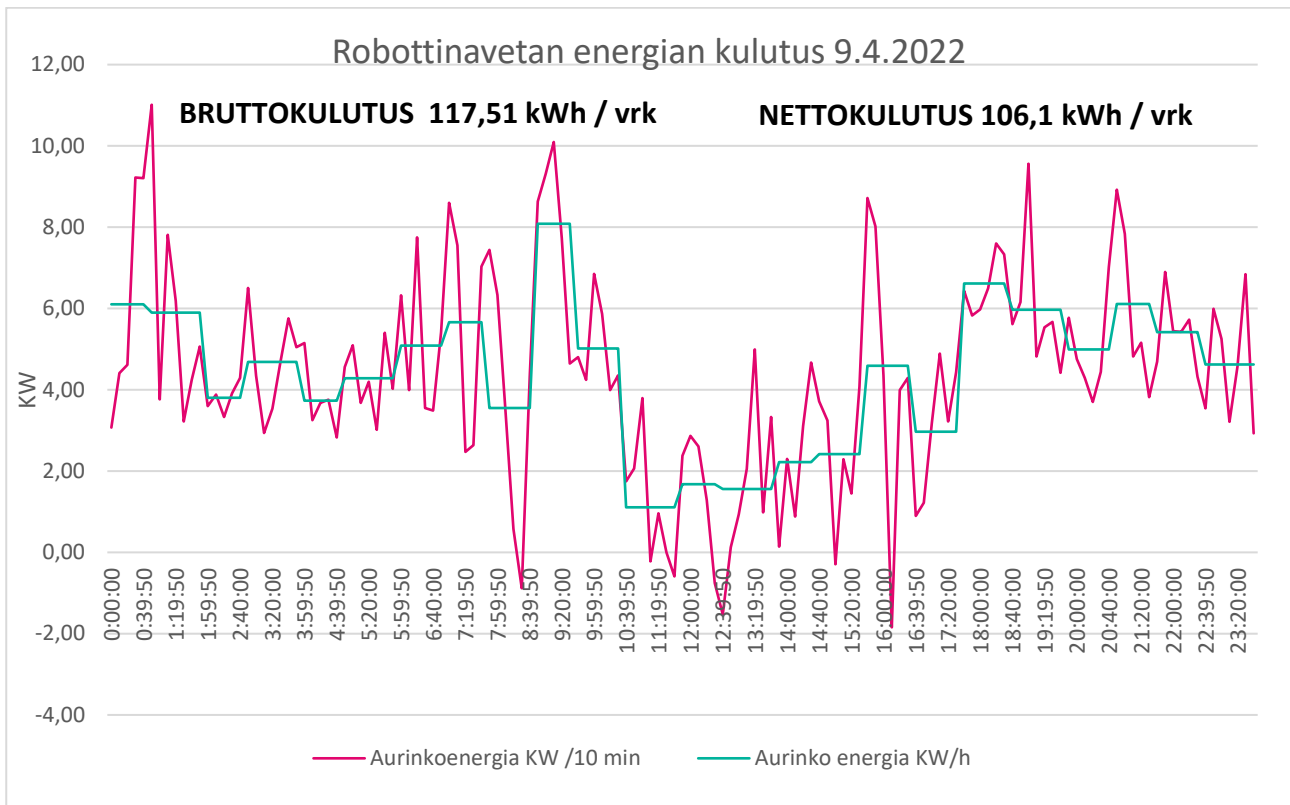
KUVIO 9. Robottinavetan sähkönkulutus kesä ja talvi

Kuviosta 9 sähkönkulutus on samaa kesällä ja talvella yö aikaan, mutta eroja sähkönkulutuksessa syntyy päivällä. Sähkön kulutuksessa on päivän aikana piikkejä, jolloin sähkön kulutus on hetkellisesti suurempaa. Lannanpoistojärjestelmä aiheuttaa sähkölutuspiikkejä, koska se on useita pieniä hetkiä päällä päivän aikana. Rehusiilojen toiminta on epäsäännöllistä eläinten rehunsantia

säätelävän automaattisen laitteiston vuoksi. Valaistus on yksi suurimmista tilan sähkönkuluttajista ja valojen päälle kytkeminen aiheuttaa merkittävän sähköpiikin. Valaistus kuluttaa sähköä eniten kytkettäessä valoja päälle. Toinen suuri sähkönkuluttaja on ilmastointi, mutta sen rasitus sähkön kulutuksessa näkyy lähinnä kuumilla keleillä, jolloin ilmastointia tarvitaan. Lypsyrobotti ja maidon jäähdytys on ympärivuorokautista vieden sähköä tasaisesti 1–3 kWh/h.

### **5.2.2 Kevään esimerkkipäivä lypsyrobottilalla**

Kuviossa 10 on esitetty lypsyrobottilan kevään 9.4.2021 päivän kuvaaja aurinkosähköjärjestelmän tuotosta. Kuvaajan taustadatasta voidaan laskea, että tilan bruttokulutus on ollut tuolloin 117,1 kWh ja nettokulutus 106,1. Aurinkosähköjärjestelmän tuottama sähkön määrä oli kevätpäivänä 9.4.2021 oli 11,41 kWh. Kuvaajasta 10 huomataan aurinkosähköjärjestelmän tuoton olevan erittäin huonoa. Päivän pidentyessä keväällä odotetaan aurinkosähköjärjestelmältä kovempaa tuottoa, kuitenkin päivä 9.4.2021 on ollut todennäköisesti sateinen ja pilvinen ja auringonsäteilyä on ollut vähän. Lypsyrobottilalla mitattiin aurinkosähköjärjestelmän tuottoa 10 minuutin välein, jota kuvaa kuviossa 10-13 punainen käyrä. 10 minuutin mittausdatasta laskettiin keskiarvo tunnin sähkönkulutuksen keskiarvo, jota kuvaa sininen käyrä kuviossa 10-13. Keltainen käyrä on kuviossa 10-13 maltillisempi kuin perusdataa kuvaava punainen käyrä. Aurinkosähköjärjestelmän tuottoa kW/10 min viivaa katsoessa huomataan hetkiä kello 8:39, 11:19-16:00, jolloin sähkön tuotto on mennyt miinukselle. Miinukselle aurinkosähköjärjestelmän mennessä sähkö menee tilalta yleiseen verkkoon myyntiin eli aurinkosähköjärjestelmän tuotto on ollut suurempaa, kuin tilan sähkön kulutus sillä hetkellä.



KUVIO 10. Robottinavetan aurinkosähköjärjestelmä kevätpäivänä 9.4.2021

Sähkön hintaa verrattaessa aurinkosähkön tuottoon saadaan selville erilaisia eroja vuosien välillä. Tässä taulukossa 2 sähkönhinnanmuutos vuosien 2021 ja 2022 välillä, jolloin keskiarvoinen kiinteän sähkösopimuksen keskihinta on 8,12 snt/ kWh vuonna 2021 ja 10,48 snt/ kWh vuonna 2022. Aurinkosähköjärjestelmä tuotti 11,41 kWh/ vrk, joka tarkoittaa kiinteällä sähkön hinnalla vuonna 2021 0,93 € säästöä vuorokaudessa ja vuonna 2022 1,2 € säästöä vuorokaudessa. Tilan säästämät summat aurinkosähköjärjestelmällä on pienet, mutta 9.4.2021 on huonotuottoinen päivä aurinkosähköjärjestelmälle. Pörssisähkön päivän vaihteluväli sähkön hinnassa vuonna 2021 oli 0,57 snt/ kWh ja vuonna 2022 2,74 snt/ kWh, jotka ovat hyvin maltilliset. Säästöä pörssisähköhinnalla aurinkosähköjärjestelmän avulla oli vuonna 2021 0,68 € ja vuonna 2022 0,78€. Pörssisähköhinnalla ja kiinteillä sähkön hinnoilla huomataan aurinkosähköjärjestelmän investoinnin kannattavuus olevan heikkoa, sillä tila ei saa huomattavaa säästöä sähkölaskuun. Päivänä 10.4.2021 nettokulutus tilalla oli vain 14,54 kWh /vrk, jolloin aurinkosähköjärjestelmä tuotti paljon sähköä. Sähkölasku aurinkosähköjärjestelmän tuoton takia oli vain 0,87€ /vrk pörssisähköhinnalla 5,99 snt/kWh. Laskelmissa pitää muistaa pohja aineiston herkkyys analysoidessa aurinkosähköjärjestelmän kannattavuutta.

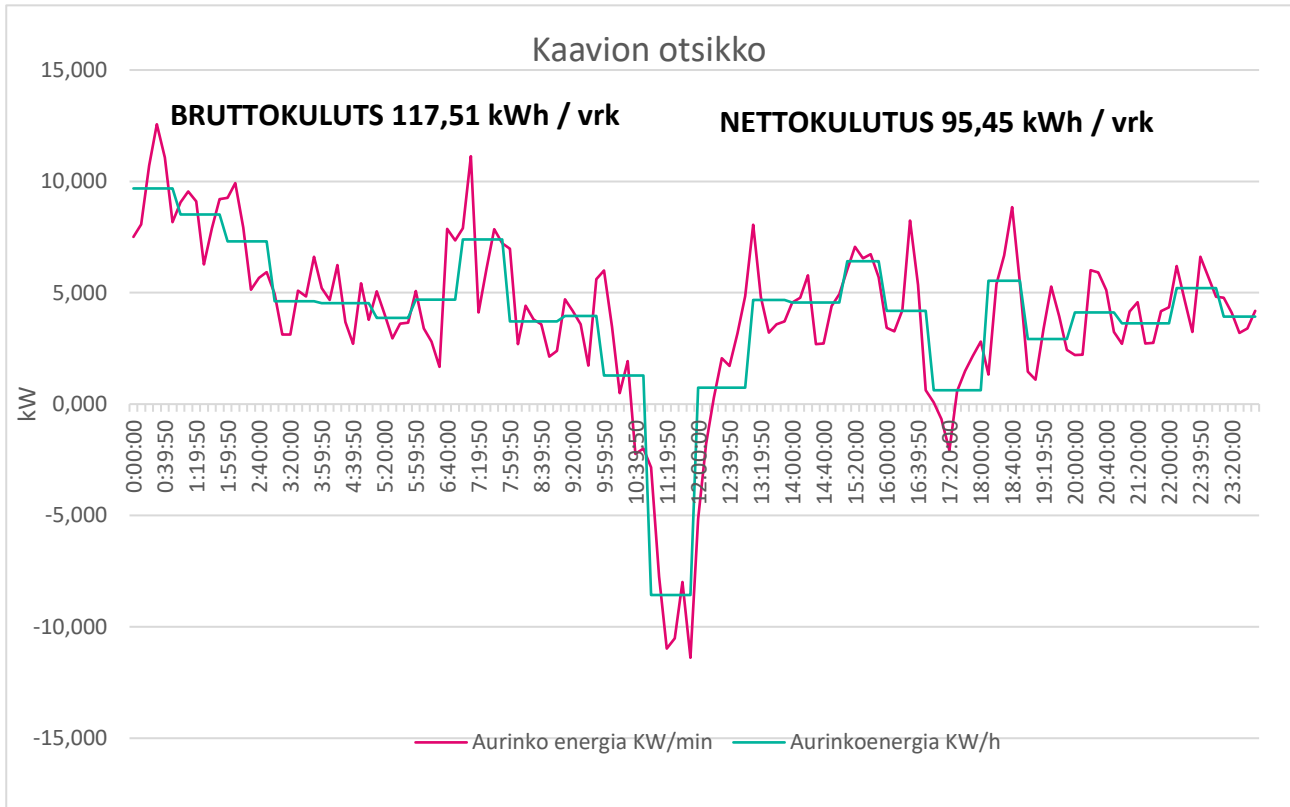
KEVÄT											
BRUTTOKULUTUS 117,51 kWh / vrk						NETTOKULUTUS 106,1 kWh / vrk					
9.4.2021			9.4.2022			9.4.2021			9.4.2022		
Kiinteä sähkön hintasopimus			Kiinteä sähkön hintasopimus			Kiinteä sähkön hintasopimus			Kiinteä sähkön hintasopimus		
Energia	4,23	snt/kWh	Energia	6,23	snt/kWh	Energia	4,23	snt/kWh	Energia	6,23	snt/kWh
Vero	0,06	snt/kWh	Vero	0,06	snt/kWh	Vero	0,06	snt/kWh	Vero	0,06	snt/kWh
Siirto	3,83	snt/kWh	Siirto	4,19	snt/kWh	Siirto	3,83	snt/kWh	Siirto	4,19	snt/kWh
Kokonaishinta	8,12	snt/kWh	Kokonaishinta	10,48	snt/kWh	Kokonaishinta	8,12	snt/kWh	Kokonaishinta	10,48	snt/kWh
Sähkön vrk hinta	9,54	€/vrk	Sähkön vrk hinta	12,32	€/vrk	Sähkön vrk hinta	8,61	€/vrk	Sähkön vrk hinta	11,12	€/vrk
Pörssisähkö Min/Max 2,21-2,78 snt/kWh vaihtelu väli 0,57 snt/kWh			Pörssisähkö Min/Max 0,92-3,66 snt/kWh vaihtelu väli 2,74 snt/kWh			Pörssisähkö Min/Max 2,21-2,78 snt/kWh vaihtelu väli 0,57 snt/kWh			Pörssisähkö Min/Max 0,92-3,66 snt/kWh vaihtelu väli 2,74 snt/kWh		
Energia	2,55	snt/kWh	Energia	2,52	snt/kWh	Energia	2,55	snt/kWh	Energia	2,52	snt/kWh
Vero	0,06	snt/kWh	Vero	0,06	snt/kWh	Vero	0,06	snt/kWh	Vero	0,06	snt/kWh
Siirto	3,38	snt/kWh	Siirto	4,19	snt/kWh	Siirto	3,38	snt/kWh	Siirto	4,19	snt/kWh
Kokonaishinta	5,99	snt/kWh	Kokonaishinta	6,77	snt/kWh	Kokonaishinta	5,99	snt/kWh	Kokonaishinta	6,77	snt/kWh
Sähkön vrk hinta	7,04	€/vrk	Sähkön vrk hinta	7,96	€/vrk	Sähkön vrk hinta	6,36	€/vrk	Sähkön vrk hinta	7,18	€/vrk

TAULUKKO 2. Keväisen esimerkkipäivän 9.4.2021 mukaisen sähkönkulutuksen taloudellinen vertailu vuosien 2021 ja 2022 sähkön hinnan mukaan.

### 5.2.3 Kesän esimerkkipäivä lypsyrobottilalla

Kesän kuvaaja 11 on 21.7.2020 päivän kulutusta ja aurinkosähköjärjestelmän tuottoa havainnollistava kuvaaja. Bruttokulutus oli 117,51 kWh/vrk ja nettokulutus oli 95,45 kWh. Aurinkosähköjärjestelmän päivän tuotto oli 22,06 kWh/vrk. Kuvaajasta huomataan, kuinka aamupäivällä aurinkosähköjärjestelmän tuotto on ollut reilusti negatiivinen. Tämä tarkoittaa sitä, että sähköä on mennyt yleiseen verkkoon myyntiin. Kuitenkin aurinkosähköjärjestelmän tuotto on ollut hyvin heikkoa aurinkosähköjärjestelmän kapasiteettiin verrattuna. Aurinkosähköjärjestelmä on tuottanut ainoastaan 22,06 kWh sähköä tilalle, joka tarkoittaa, että päivän 21.7.2020 on ollut hyvin pimeä päivä todennäköisesti sateinen ja pilvinen.





KUVIO 11. Robottinavetan aurinkosähköjärjestelmä tuotto kesäpäivänä 21.7.2020

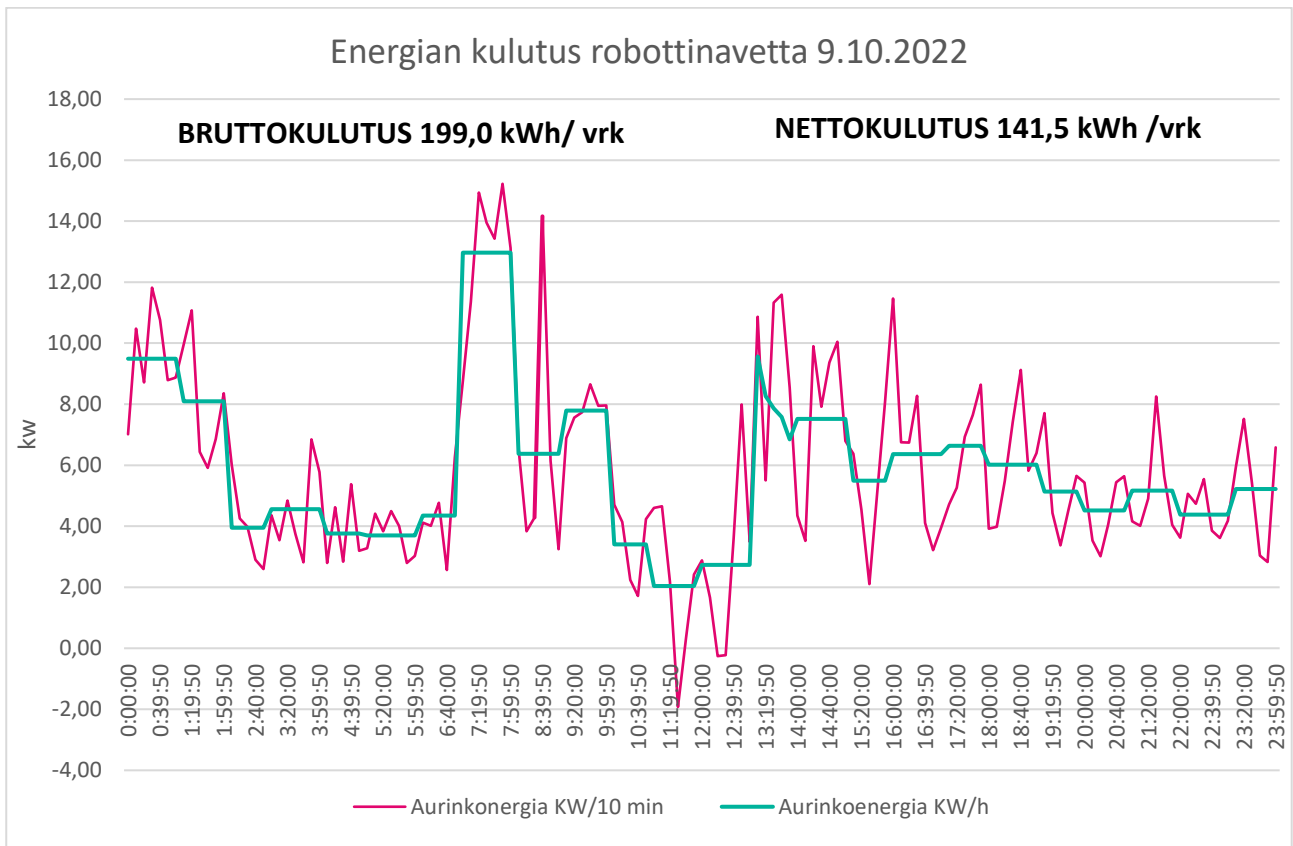
Huonotuottoisena kesäpäivänä 21.7.2020 robottitilalla sähkön nettokulutus oli 95,45 kWh/vrk. Aurinkosähköjärjestelmän tuoton osuus oli 22,06 kWh/vrk. Taulukossa 3 on kerätty sähkön hinnat vuosilta 2021 ja 2022 päivältä 21.7.2021, josta on laskettu tilan tekemä säästö aurinkosähköjärjestelmän tuotolla sähkölaskuun. Kiinteällä sähkön hinnalla vuonna 2021 aurinkosähköjärjestelmän tuotolla sähkölaskuun robottitilalle tuli 1,91€ / vrk ja vuonna 2022 2,85€ / vrk. Pörssisähkön hinnalla tila säästi rahaa sähkölaskusta vuonna 2021 6,17€ / vrk ja vuonna 2022 5,95€ / vrk. Pörssisähkön vaihteluväli oli vuonna 2021 3,66 snt / kWh ja vuonna 2022 31,15 snt / kWh. Korkeammilla pörssisähkön hinnoilla tila saa suurempaa säästöä aurinkosähköjärjestelmän tuottamalla sähköllä ja se parantaa aurinkosähköjärjestelmän kannattavuutta.

KESÄ											
BRUTTOKULUTUS 117,51 kWh / vrk						NETTOKULUTUS 95,45 kWh / vrk					
21.7.2020			21.7.2022			21.7.2020			21.7.2022		
Kiinteä sähkön hintasopimus			Kiinteä sähkön hintasopimus			Kiinteä sähkön hintasopimus			Kiinteä sähkön hintasopimus		
Energia	4,24	snt/kWh	Energia	8,66	snt/kWh	Energia	4,24	snt/kWh	Energia	8,66	snt/kWh
Vero	0,7	snt/kWh	Vero	0,06	snt/kWh	Vero	0,7	snt/kWh	Vero	0,06	snt/kWh
Siirto	3,73	snt/kWh	Siirto	4,19	snt/kWh	Siirto	3,73	snt/kWh	Siirto	4,19	snt/kWh
Kokonaishinta	8,67	snt/kWh	Kokonaishinta	12,91	snt/kWh	Kokonaishinta	8,67	snt/kWh	Kokonaishinta	12,91	snt/kWh
<b>Sähkön vrk hinta</b>	<b>10,19</b>	<b>€/vrk</b>	<b>Sähkön vrk hinta</b>	<b>15,17</b>	<b>€/vrk</b>	<b>Sähkön vrk hinta</b>	<b>8,27</b>	<b>€/vrk</b>	<b>Sähkön vrk hinta</b>	<b>12,32</b>	<b>€/vrk</b>
<b>Pörssisähkö</b> Min/Max 0,9-4,56 snt/kWh vaihteluväli 3,66 snt/kWh			<b>Pörssisähkö</b> Min/max 2,22-33,37 snt/kWh vaihteluväli 31,15 snt/kWh			<b>Pörssisähkö</b> Min/Max 0,9-4,56 snt/kWh vaihteluväli 3,66 snt/kWh			<b>Pörssisähkö</b> Min/max 2,22-33,37 snt/kWh vaihteluväli 31,15 snt/kWh		
Energia	3,04	snt/kWh	Energia	22,73	snt/kWh	Energia	3,04	snt/kWh	Energia	22,73	snt/kWh
Vero	0,7	snt/kWh	Vero	0,06	snt/kWh	Vero	0,7	snt/kWh	Vero	0,06	snt/kWh
Siirto	3,73	snt/kWh	Siirto	4,19	snt/kWh	Siirto	3,73	snt/kWh	Siirto	4,19	snt/kWh
Kokonaishinta	7,47	snt/kWh	Kokonaishinta	26,98	snt/kWh	Kokonaishinta	7,47	snt/kWh	Kokonaishinta	26,98	snt/kWh
<b>Sähkön vrk hinta</b>	<b>13,3</b>	<b>€/vrk</b>	<b>Sähkön vrk hinta</b>	<b>31,70</b>	<b>€/vrk</b>	<b>Sähkön vrk hinta</b>	<b>7,13</b>	<b>€/vrk</b>	<b>Sähkön vrk hinta</b>	<b>25,75</b>	<b>€/vrk</b>

TAULUKKO 3. Kesän esimerkkipäivän 21.7.2020 mukaisen sähkönkulutuksen taloudellinen vertailu vuosien 2020 ja 2022 sähkön hinnan mukaan

#### 5.2.4 Syksyn esimerkkipäivä lypsyrobottilalla

Kuviossa 12 näkee 9.10.2020 sähkön kulutuksen ja aurinkosähköjärjestelmän suhteen. Sähkönkulutus tilalla on 199,0 kWh/vrk ja nettokulutus on päivältä 141,5 kWh, jolloin aurinkosähköjärjestelmän tuotto on ollut 57,5 kWh /vrk. Tuntikohtainen aurinkosähköjärjestelmän sähkön tuotto ei ylitä navetan sähkön kulutusta, jolloin sähköä ei mene yleiseen verkkoon myyntiin. Aamulla ja aamupäivällä aurinkosähköjärjestelmä tuottaa enemmän sähköä ja iltapäivällä kello 14 aikaa sähkön tuotto tasaantuu. Syksyllä aurinkosähköjärjestelmän tuotto on yleisesti heikompaa lyhyempien ja pimeämpien päivien takia Suomessa.



KUVIO 12. Robottinavetan aurinkosähköjärjestelmä syyspäivänä 9.10.2020

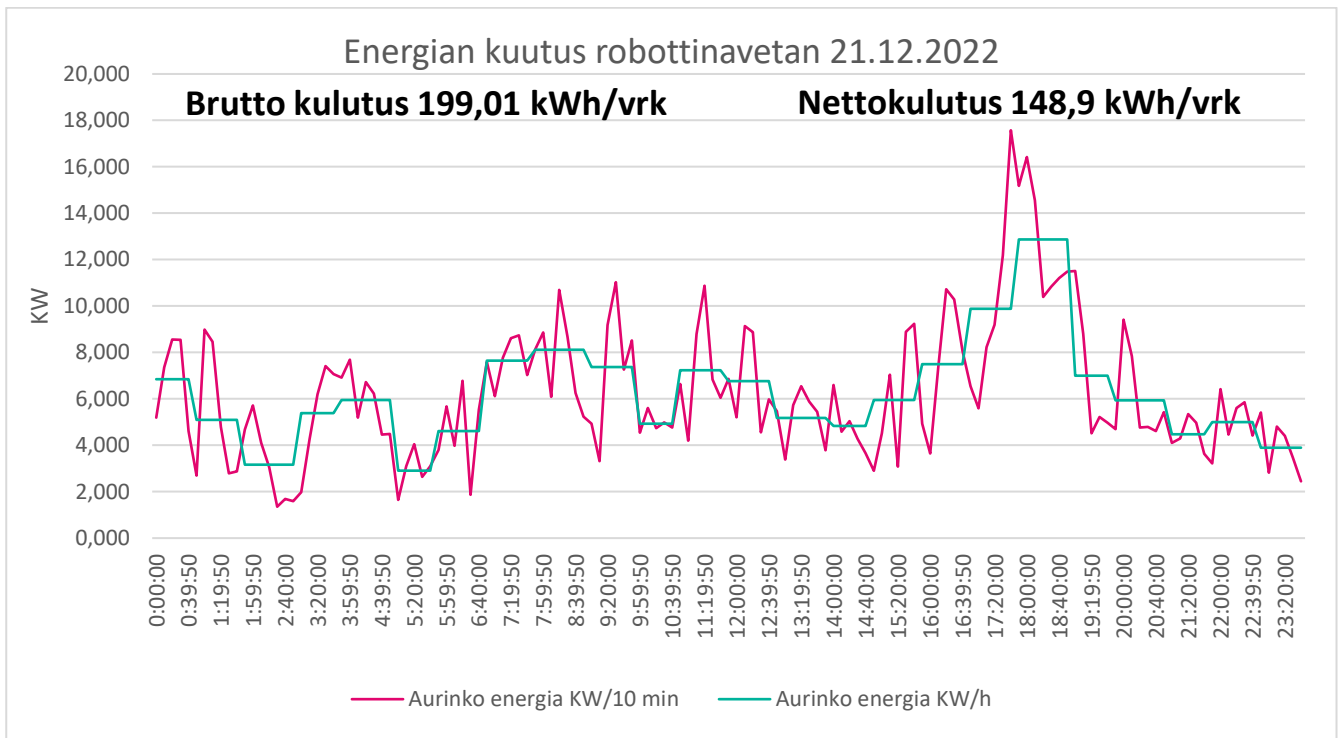
Taulukossa 4 on syksyn eli 9.10.2020 ja 9.10.2022 päivien sähkön hinnan vertailu. Taulukosta 4 huomataan kiinteän kokonaissähkön hinnan olleen vuonna 2020 9,09 snt/kWh ja vuonna 2022 16,41 snt/kWh. Näissä hinnoissa on nähtävissä merkittävä ero. Ilman aurinkosähköjärjestelmän tuottoa tila olisi joutunut maksamaan sähköstä kiinteällä sähkön hinnalla vuonna 2020 18,10 € / vrk ja vuonna 2022 32,66 €/vrk. Pörssisähkön hinnanvaihteluväli oli vuonna 2020 5,85 snt/kWh ja vuonna 2022 1,64 snt/kWh, joka on pieni muutos sähkön hinnassa ja vaikuttaa vähän sähkön hinnasta tulevaan muutokseen päivän aikana. Taulukosta huomataan, että pörssisähkö on ollut halvempaa kuin kiinteähintainen sähkö 9.10. 2020 ja 2022. Pörssisähköhinnalla vuonna 2020 aurinkosähköjärjestelmä teki sähkölaskussa säästöä 4,85 €/ vrk ja vuonna 2022 3,37 €/ vrk. Sähkölaskussa tulevat säästöt ovat pieniä sähkön hinnan ollessa matala ja aiheuttaa aurinkosähköjärjestelmän investoinnin kannattavuuden heikentymistä,

SYKSY											
BRUTTOKULUTUS 199,01 kWh / vrk					NETTOKULUTUS 141,5 kWh / vrk						
9.10.2020			9.10.2022			9.10.2020			9.10.2022		
Kiinteä sähkön hintasopimus			Kiinteä sähkön hintasopimus			Kiinteä sähkön hintasopimus			Kiinteä sähkön hintasopimus		
Energia	4,66	snt/kWh	Energia	12,16	snt/kWh	Energia	4,66	snt/kWh	Energia	12,16	snt/kWh
Vero	0,7	snt/kWh	Vero	0,06	snt/kWh	Vero	0,7	snt/kWh	Vero	0,06	snt/kWh
Siirto	3,37	snt/kWh	Siirto	4,19	snt/kWh	Siirto	3,37	snt/kWh	Siirto	4,19	snt/kWh
Kokonaishinta	9,09	snt/kWh	Kokonaishinta	16,41	snt/kWh	Kokonaishinta	9,09	snt/kWh	Kokonaishinta	16,41	snt/kWh
<b>Sähkön vrk hinta</b>	<b>18,10</b>	<b>€/vrk</b>	<b>Sähkön vrk hinta</b>	<b>32,66</b>	<b>€/vrk</b>	<b>Sähkön vrk hinta</b>	<b>12,86</b>	<b>€/vrk</b>	<b>Sähkön vrk hinta</b>	<b>23,22</b>	<b>€/vrk</b>
Pörssisähkö Min/Max 1,12-6,97 snt/kWh vaihtelu väli 5,85 snt/kWh			Pörssisähkö Min/Max 0,56-2,22 snt/kWh vaihteluväli 1,64 snt/kWh			Pörssisähkö Min/Max 1,12-6,97 snt/kWh vaihtelu väli 5,85 snt/kWh			Pörssisähkö Min/Max 0,56-2,22 snt/kWh vaihteluväli 1,64 snt/kWh		
Energia	4,36	snt/kWh	Energia	1,61	snt/kWh	Energia	4,36	snt/kWh	Energia	1,61	snt/kWh
Vero	0,7	snt/kWh	Vero	0,06	snt/kWh	Vero	0,7	snt/kWh	Vero	0,06	snt/kWh
Siirto	3,37	snt/kWh	Siirto	4,19	snt/kWh	Siirto	3,37	snt/kWh	Siirto	4,19	snt/kWh
Kokonaishinta	8,43	snt/kWh	Kokonaishinta	5,86	snt/kWh	Kokonaishinta	8,43	snt/kWh	Kokonaishinta	5,86	snt/kWh
<b>Sähkön vrk hinta</b>	<b>16,78</b>	<b>€/vrk</b>	<b>Sähkön vrk hinta</b>	<b>11,66</b>	<b>€/vrk</b>	<b>Sähkön vrk hinta</b>	<b>11,93</b>	<b>€/vrk</b>	<b>Sähkön vrk hinta</b>	<b>8,29</b>	<b>€/vrk</b>

TAULUKKO 4. syksyn esimerkkipäivän 9.10.2020 mukaisen sähkönkulutuksen taloudellinen vertailu vuosien 2020 ja 2022 sähkön hinnan mukaan

### 5.2.5 Talven esimerkkipäivä lypsyrobottilalla

Talven kuvaaja kuvio 13 on 10.12.2020 sähkön päivittäinen bruttokulutus on 199,0 kWh/vrk ja nettokulutus 148,9 kWh/vrk. Aurinkosähkijärjestelmän tuotto on ollut 50,11 kWh/vrk. Kuvaajassa 13 huomataan, että sähkönkulutus on paljon suurempaa verraten kesään ja kevääseen kuvioihin 10 ja 11. Suomessa talvikuukausina eli joulukuussa, tammikuussa ja helmikuussa on lyhyet päivät ja auringonsäteilyn määrä on pientä, tämän takia talvikuukausina Suomessa aurinkosähkijärjestelmät tuottavat vähän sähköä. Kuviossa 13 on kuitenkin tärkeä huomata, että aurinkosähkijärjestelmän tuotto ei mene negatiiviseksi koko vuorokauden aikana, joka tarkoittaa, että aurinkosähkijärjestelmän tuottama sähkö menee kokonaan tilan omaan käyttöön. Kuitenkin hetkellisesti aurinkoenergiantuotto on suurempaa kuin sähkönkulutus, mutta tuntikohtainen keskiarvo sähkönkulutukselle ja aurinkosähkijärjestelmän tuotolle jää kuitenkin kulutuksen alapuolelle.



KUVIO 13. Robottinavetan aurinkosähköjärjestelmä tilalla talvipäivänä 21.12.2020

Talvella sähkönkulutus on maanlaajuisesti korkeampaa muun muassa lämmityksen vuoksi. Taulukossa 5 huomataan sähkön hintojen vaihtelua. Kiinteällä sähköhinnalla robottitila teki aurinkosähköjärjestelmällä vuonna 2020 säästöä 4,36 €/vrk ja vuonna 2022 säästöä syntyi 10,70 €/vrk. Näistä luvuista huomataan vuoden 2022 talven energiakriisin aiheuttama sähkön hinnan korkea nousu, joka näkyy heti positiivisena vaikutuksena aurinkosähköjärjestelmän kannattavuuteen nostamalla aurinkosähköjärjestelmän tuoton arvoa rahallisesti. Pörssisähkön vaihtelu väli oli vuonna 2020 6,94 snt/kWh ja vuonna 2022 14,54 snt/kWh. Sähkölaskuun aurinkosähköjärjestelmä teki säästöä vuonna 2020 4,12 € ja vuonna 2022 15,71 snt/kWh. Vuoden 2022 pörssisähköhinta oli korkea ja hinnan vaihteluväli oli pieni, joka piti sähkön hintaa korkealla koko vuorokauden. Tämän takia pienelläkin aurinkosähköjärjestelmän päivätuotolla aurinkosähköjärjestelmä pystyy tuottamaan ison säästön sähkölaskuun ja näin parantamaan investoinnin kannattavuutta.

TALVI											
BRUTTOKULUTUS 199,01 kWh / vrk						NETTOKULUTUS 148,9 kWh /vrk					
21.12.2020			21.12.2022			21.12.2020			21.12.2022		
Kiinteä sähkön hintasopimus			Kiinteä sähkön hintasopimus			Kiinteä sähkön hintasopimus			Kiinteä sähkön hintasopimus		
Energia	4,66	snt/kWh	Energia	17,1	snt/kWh	Energia	4,66	snt/kWh	Energia	17,1	snt/kWh
Vero	0,7	snt/kWh	Vero	0,06	snt/kWh	Vero	0,7	snt/kWh	Vero	0,06	snt/kWh
Siirto	3,37	snt/kWh	Siirto	4,19	snt/kWh	Siirto	3,37	snt/kWh	Siirto	4,19	snt/kWh
Kokonaishinta	9,09	snt/kWh	Kokonaishinta	21,35	snt/kWh	Kokonaishinta	9,09	snt/kWh	Kokonaishinta	21,35	snt/kWh
Sähkön vrk hinta	17,90	€/vrk	Sähkön vrk hinta	42,49	€/vrk	Sähkön vrk hinta	13,54	€/vrk	Sähkön vrk hinta	31,79	€/vrk
Pörssisähkö Min/Max 1,61-8,55 snt/kWh vaihteluväli 6,94 snt/kWh			Pörssisähkö Min/Max 18,84-33,38 snt/kWh vaihteluväli 14,54 snt/kWh			Pörssisähkö Min/Max 1,61-8,55 snt/kWh vaihteluväli 6,94 snt/kWh			Pörssisähkö Min/Max 18,84-33,38 snt/kWh vaihteluväli 14,54 snt/kWh		
Energia	4,15	snt/kWh	Energia	27,08	snt/kWh	Energia	4,15	snt/kWh	Energia	27,08	snt/kWh
Vero	0,7	snt/kWh	Vero	0,06	snt/kWh	Vero	0,7	snt/kWh	Vero	0,06	snt/kWh
Siirto	3,37	snt/kWh	Siirto	4,19	snt/kWh	Siirto	3,37	snt/kWh	Siirto	4,19	snt/kWh
Kokonaishinta	8,22	snt/kWh	Kokonaishinta	31,33	snt/kWh	Kokonaishinta	8,22	snt/kWh	Kokonaishinta	31,33	snt/kWh
Sähkön vrk hinta	16,36	€/vrk	Sähkön vrk hinta	62,36	€/vrk	Sähkön vrk hinta	12,24	€/vrk	Sähkön vrk hinta	46,65	€/vrk

TAULUKKO 5. Talven esimerkkipäivän 21.12.2020 mukaisen sähkönkulutuksen taloudellien vertailu vuosien 2020 ja 2022 sähkön hinnan mukaan

## 6 Yhteenveto

Kannattavuuslaskelmissa oli paljon samanlaisuuksia, mutta silti eroja laskelmien väliltä löytyi. Sähkön hinnan merkitys korostui laskelmissa. Vuodenaikojen vaihtelu ja sääolosuhteiden vaikutus on suurta, kun energiantuotanto perustuu auringonsäteilyyn. Eri laskelmista ja kuvaajista käy ilmi, että aurinkosähköjärjestelmän kannattavuuteen vaikuttaa kuinka paljon tila pystyy itse hyödyntämään tuotettua sähköä.

Esimerkiksi yhdenpäivän aurinkoenergiajärjestelmän tuotto on ollut 141 kWh/pv, 9. lokakuuta 2020. Jos kyseinen päivän tuotto olisi jokapäiväistä eli 365 päivän verran, vuodessa aurinkoenergiajärjestelmän tuotto olisi 51 465 kWh. Energian hinnan tulisi olla 8,33 snt/kWh, jotta 30 000 euron aurinkosähköjärjestelmän investoinnin takaisinmaksuaika olisi 7 vuotta 0 %:n korolla. Investointiavustuksen jälkeen investoinnin hinta on 18 000 €, kun 40 % investointiavustus on vähennetty aurinkoenergiajärjestelmän hankintahinnasta. Jos aurinkoenergiajärjestelmän investoinnin hinta on 18 000 €, aurinkoenergian tuotto olisi 51 465 kWh/vuosi ja takaisinmaksuaika olisi 7 vuotta, sähkön hinnan tulisi olla 5,00 snt/kWh, jotta investointi olisi kattanut kustannuksensa.

Kannattavuutta voidaan kuitenkin mitata eri tavoin, eikä investoinnin takaisinmaksuaika ei ole ainoa mittari. Tila voi laskea kannattavuutta myös vero- ja siirtomaksujen säästöissä, jota tulee jokaisesta kilowattitunnista, jota itse investointi tuottaa. Tila voi ajatella kannattavuutta myös omavaraisuusasteen kannalta, jolloin ei olla kokonaan riippuvaisia yleisen verkon sähköstä. Tilan arvotkin ovat osa kannattavuutta, jos tila haluaa panostaa uusiutuvaan energiaan, on sen tuottaminen itse aurinkosähköenergiajärjestelmän avulla hyvä ratkaisu.

Kannattavuuden parantamiseksi tilan tulisi pystyä saamaan sähkönkulutuksen piikit sille ajalle, milloin aurinkosähköjärjestelmä sitä eniten tuottaa. Tällöin tilan on järkevintä käyttää omatuottamaa sähköä, koska silloin ei tarvitse maksaa sähköstä, siirtomaksusta eikä sähköverosta. Kun tila saisi tasattua sähköntuotto ja -kulutuskäyriä mahdollisimman lähelle toisiaan, aurinkoenergiajärjestelmän investoinnista olisi eniten hyötyä. Tilan tulisi tehdä siis toimia saadakseen kulutuksen suurimmilleen, silloin kun aurinkosähköjärjestelmä tuottaa eniten eli päiväajalle. Automaattisia toimia kuten lannanpoistokoneet, lypsyrobotin-, ja maitotankinpesu, ruokintajärjestelmät kannattaisi ajoittaa myös päivälle. Lypsyrobotin toiminta sekä maidon jäähditys ovat jatkuvia toimia, joiden kulutuksen ajankohtaa on mahdotonta siirtää. Automaattilypsytiloilla aurinkosähköjärjestelmästä on eniten hyötyä, koska sähkönkulutus on tasaisempaa (Artjoki, 2022). Valaistus isoimpana sähkönkuluttajana on haasteellinen, koska sitä tarvitaan eniten. Luonnonvalon vaihtelumäärän takia tilan kannattaa myös vaihtaa lamput energiatehokkaisiin led-valaisimiin mm. sähkön säästön takia.

Laskelmista saatujen tulosten perusteella aurinkoenergiajärjestelmä maidontuotantotilalla olisi hyvin järkevä ratkaisu, jolla voitaisiin lisätä energiaomavaraisuutta ja pienentää sähkölaskua. Aurinkoenergiajärjestelmä vie maatilaa vihreämpään energiankulutuksen suuntaan, joka on hyvä asia niin ilmastomuutoksen kuin tilan kehittyvyyden luomiseksi. Tulevaisuudessa uusiutuvien energiamuotojen käyttö on todennäköisesti vaadittavaa. Tilan tulee kuitenkin osata mitoittaa oman sähkön tarve ja suhteuttaa siihen aurinkosähköjärjestelmän suuruus.

## 7 Pohdinta

Opinnäytetyön tavoite eli kannattavuuteen vaikuttavien asioiden selvittäminen onnistui. Kannattavuutta voi kuitenkin mitata useammalla eri tavalla, joten suoraa vastausta ei ole kysymykseen ”Onko aurinkosähköjärjestelmän investointi tilalle kannattavaa?”. Tutkimuksesta tilalliset saavat tietoa, onko aurinkosähköjärjestelmän investoinnista tilalle hyötyä. Tutkimuksesta saadaan

vertailuarvoja sekä suuntaviivoja, millaisella tilalla aurinkosähköjärjestelmästä on eniten hyötyä. Tutkimuksella saatiin vastaus tutkimuskysymykseen: ”Mitkä asiat vaikuttavat aurinkoenergian kannattavuuteen?”.

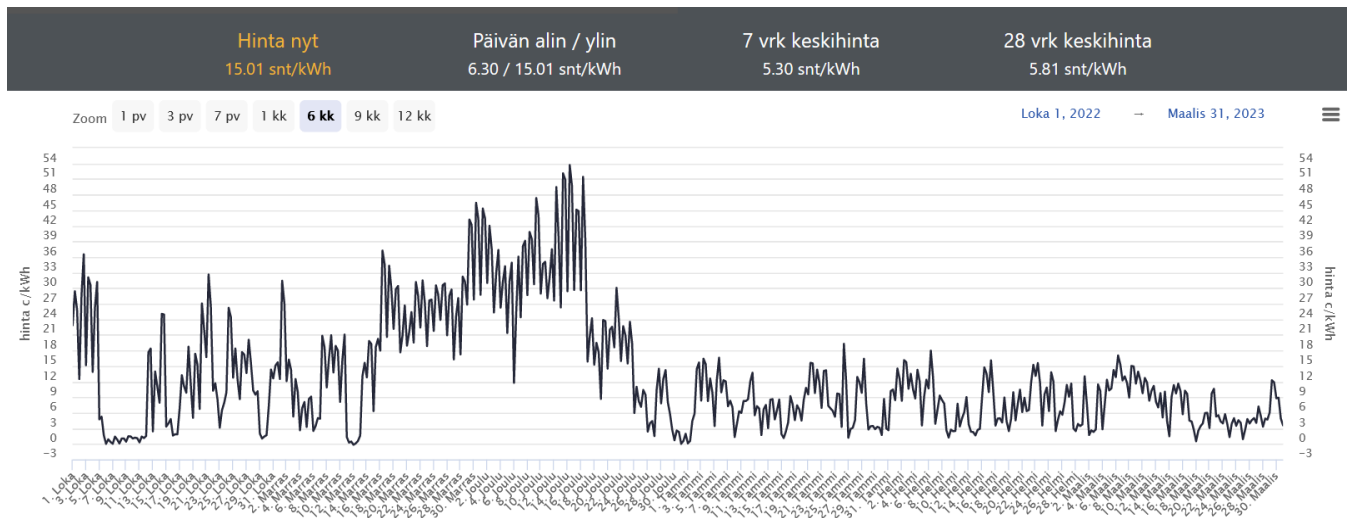
Haasteena tutkimuksessa oli kannattavuuden arviointi. Aurinkosähköjärjestelmän kannattavuuteen vaikuttaa niin moni asia, että sen kannattavuutta on vaikea todeta. Kannattavuutta voi myös mitata eri keinon, joka osakseen haastaa kannattavuuden arviointia. Tutkimusaineisto oli todella laaja, sillä dataa oli paljon. Vuosi on lyhyt aika havainnollistaa aurinkosähköjärjestelmän tuottoa, koska vuodet ei ole samanlaisia. Tämän takia tutkimustulosta jouduttiin yleistämään, eikä vuosien vaihtelevuutta ole huomioitu. Aurinkosähköjärjestelmän tuoton yleistäminen ei siis tuo luotettavaa tietoa aurinkosähköjärjestelmän tuotosta.

Aineiston käsittely oli yksinkertaista ja loogista, joka teki työskentelystä ja aineiston analysoinnista miellyttävää. Menetelmän heikkous ja vahvuus eli energian hintojen suuri vaihtelu lähivuosina energiakriisin vuoksi. Pienellä otannalla eli neljän vuoden ajan laskemien yleistäminen vuosille oli järkevää, koska datan määrä oli siihen rajattu. Datan määrä vaikutti siihen, että tuloksia jouduttiin yleistämään, kun dataa oli vain vuoden ajalta. Toisaalta Suomessa eri vuosien sääolojen vaihtelu on suurtakin mutta aurinkosähkön tuotto suhteellisen samaa, joten tuloksia voitiin yleistää.

Tilallisten miettiessä aurinkosähköjärjestelmään investointia tulee tilan ensimmäisenä arvioida omaa sähkönkulutustaan ja siihen vaikuttavia tekijöitä. Tilan kannattaa kääntyä ammattilaisten puoleen mitoittaessaan aurinkosähköjärjestelmää, koska liian suuresta aurinkosähköjärjestelmästä ei ole mielestäni hyötyä. Sähköhinnan vaihtelu on ollut suurta nyt lähivuosina, esim. vuonna 2022 sähkön hinta oli hyvin korkealla, jolloin sähkön tuottaminen verkkoon oli tilalliselle tuottoisaa, kun tuotetusta sähköstä sai hyvän hinnan. Kuitenkin sähkön hinta on matalalla silloin, kun sähköä tuotetaan aurinkosähköjärjestelmällä eniten eli kevät- ja kesäpäivinä. Kuitenkin Suomessa rakennetaan koko ajan lisää tuulivoimaloita ja ydinvoimalat tuottavat sähköä tasaisesti verkkoon. Sähkön suuren tuotannon vuoksi hinta laskee. Sähkön hinnan laskiessa alas, sen tuotosta verkkoon ei ole juuri hyötyä, koska siitä ei saa korvausta investoinnin lyhentämiseen. Kuviossa 14 huomataan sähkön hinnat, jotka ovat korkealla loka-joulukuussa. Kuitenkin sähkön hinta on laskenut kevään aikana ja huhtikuussa hinta on käynyt jopa 0 snt/kWh. Sähkön hinnan ennustetaan koko ajan laskevan kesää kohti, joka tarkoittaa, ettei verkkoon myydyistä sähköstä saa korkeaa hintaa. Toisaalta,



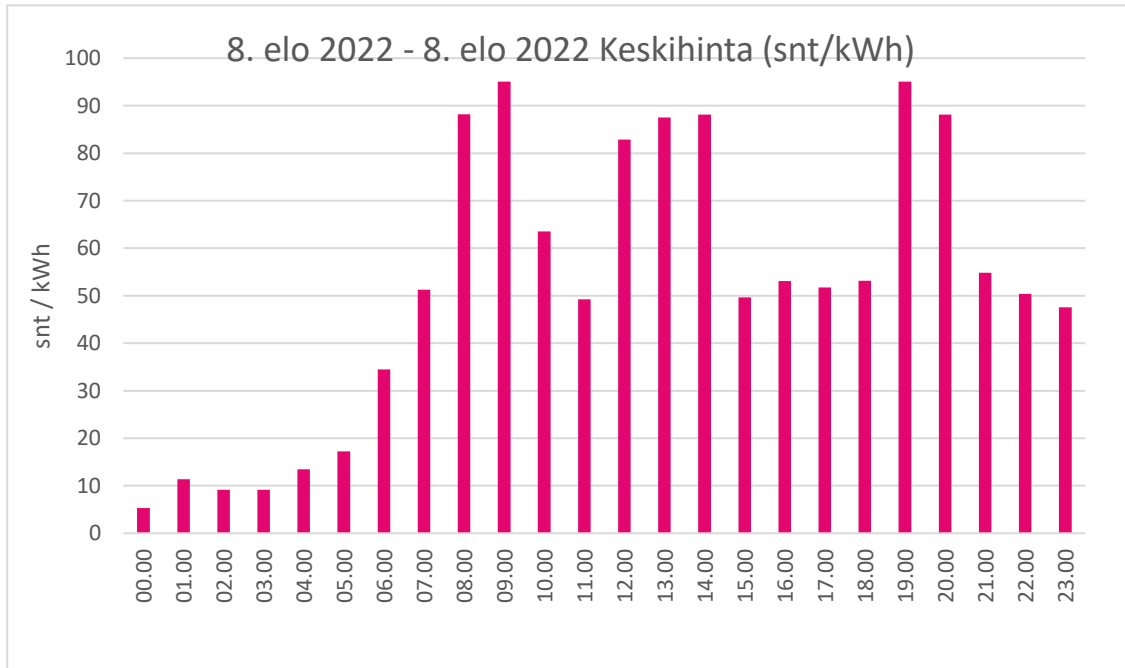
kun verkkoon menee sähköä aurinkosähköjärjestelmästä, siitä tulee tuottoa tilalle, kunhan pörssisähkön hinta on yli 0 snt/ kWh.



KUVIO 14. Sähkön spot eli pörssisähkön hinnan vaihtu 6kk ajalta (sähköt, N.d)

Aurinkosähköjärjestelmän kannattavuutta ajatellessa on hyvä muistaa myös vaihtuvan energiamarkkinatilanteen sähkön hinnan muutokset. Esimerkkinä 8. elokuuta 2020 huimasti nousen pörssisähkön vaikutus aurinkosähköjärjestelmän kannattavuuteen, kun päivän tuntihinta nousi jopa yli 90 snt / kWh. Tällaiset hintahuiput muuttavat nopeasti kannattavuudesta kertovia lukuja kuten takaisinmaksuaikaa ja netto nykyarvoa. Itselle tuotetussa sähkössä voittoa sähkönsiirtomaksun ja sähköveron hinnan, koska niitä ei tarvitse maksaa omatuotteiselle sähkölle. Tila saa verkkoon tuotetusta sähköstäkin hyvän hinnan, kun sähkön hinta on korkella kuten kuviossa 14. Nämä ovat tilalliselle hyviä päiviä tehdä rahaa ja tienata omalla investoinnillaan. On

tärkeää kuitenkin muistaa, että kuvion 15 kaltaisia päiviä on melko vähän Suomessa.



KUVIO 15. Pörssisähköhintaa 8. elokuuta 2022 (Tuntispot-hinnat pörssissä, N.d)

Aurinkosähköinvestointia rahan kannalta tulee myös tilallisten miettiä. Aurinkosähköjärjestelmään on saatavilla investointiavustusta ELY-keskukselta. Avustusta tilojen tulee itse hakea.

Investoinnista tulee kuitenkin maksettavaa investointituen jälkeenkin, jonka tila kustantaa omarahoituksella. Jos tila ottaa lainaa aurinkosähköjärjestelmään, tulee huomioida myös rahan arvo eli lainan korko. Korkoa pienentämiseksi laina-ajan tulisi olla lyhyt, mutta aurinkosähköjärjestelmän itsensä takaisinmaksuaika on pitkä. Takaisinmaksuajan vuoksikin aurinkosähköjärjestelmän mitoituksen järkevyys on tärkeää, jotta investointi tuottaa tilalle myös voittoa, eikä vain kuluja. Eli tällöin investointi maksaa itsensä takaisin ja tuottaa jälkepäinkin.

Maa- ja metsätalouden tukiasiat ovat tiukentuneet ja muuttuneet vuosien aikana paljon. Tällä hetkellä vihreän energiankäyttö ja luonnonvarojen suojelu aiheuttavat paljon rajoituksia sekä ehtoja tiloille. Tämän vuoksi uskon, että jopa lähitulevaisuudessa voidaan vaatia maa- ja metsätiloilta siirtymistä uusiutuvan energian käyttöön lähes kokonaan. Fossiilisista polttoainesta halutaan päästä eroon, jolloin tiloille kehitettävien biokaasu- ja vetytoimisten laitteiden yleistymisen on suurempaa. Sähköntuotannossa uusiutuvat vaihtoehdot ovat suosiossa eli tuuli-, aurinko- ja vesivoima. Aurinkosähköjärjestelmä on suhteellisen helppo, halpa ja nopea ratkaisu sekä pieni riskinen tapa

lisätä omaa uusiutuvan energian käyttöä. Myös tämä saattaa innostaa tiloja investoimaan aurinkosähköjärjestelmiin.

Oppinäytetyön pohjadata oli case-tilan aurinkosähköjärjestelmän tuotos vuoden ajalta. Pohjaaineiston lyhyys voi vääristää tutkimus tuloksia, sillä aurinkosähköjärjestelmän tuottoon vaikuttaa moni muuttuvatekijä kuten sää. Laskemien herkkyydestä kertoo päivien 9.4.2021 ja 10.4.2021 välinen ero. Laskemien tuloksia heikentää myös heikko tuottoisten päivien yleistäminen, sillä huipputuottoisia päiviä ei huomioitu ollenkaan, vaikka ne ovat kannattavuuden tekijöitä aurinkosähköjärjestelmille. Hyvä tuottoisina päivinä aurinkosähköjärjestelmät pystyvät tuottamaan sähköä verkkoon myyntiin reilusti ja näin tuottamaan rahaa myydylle sähköllä. Tämä opinnäytetyö kuvaa kin heikko tuottoisten päivien aurinkosähköjärjestelmien kannattavuutta. Normaali tilanteessa hyvä- ja heikkotuottoisia päiviä on kumpiakin. Vuoden päivien keskiarvoilla laskettu aurinkosähköjärjestelmän kannattavuus on parempaa, kuin tämän opinnäytetyön tulokset.

## Lähteet

Aurinkosähköjärjestelmien hinta, 2022, Motiva, Artikkel, Viitattu 10.4.2023 [https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva\\_energia/aurinkosahko/jarjestelman\\_valinta/aurinkosahkojarjestelmien\\_hinta](https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/jarjestelman_valinta/aurinkosahkojarjestelmien_hinta)

Aurinkosähköjärjestelmän teho, 2022, Motiva, Artikkel, viitattu 18.4.2023 [https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva\\_energia/aurinkosahko/jarjestelman\\_valinta/aurinkosahkojarjestelman\\_teho](https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/jarjestelman_valinta/aurinkosahkojarjestelman_teho)

Aurinkopaneelien kannattavuus ja takaisinmaksuaika, 2020, Väre, Artikkel, viitattu 15.1.2023 <https://vare.fi/aurinkopaneelit/aurinkopaneelien-kannattavuus-ja-takaisinmaksuaika/>

Aurinkopaneeli - mikä on asennuksen hinta ja kuinka paljon sähköä paneelit tuottavat?, 2023, Urakkamaailma, Artikkel, viitattu 10.4.2023 <https://www.urakkamaailma.fi/aurinkopaneeli>

Aurinkosähkön kapasiteetti kasvoi Suomessa yli 100 megawattia vuonna 2021,2022 Energiavirasto, Artikkel, viitattu 10.4.2023 <https://energiavirasto.fi/-/aurinkosahkon-kapasiteetti-kasvoi-suomessa-yli-100-megawattia-vuonna-2021>

Energiaverotus, N.d, Valtionvarainministeriö, Sähkön verotus määräytyy käyttäjän mukaan, viitattu 7.12.2022, <https://vm.fi/energiaverotus>

Energiavuosi 2022 sähkö, 2023 Energia teollisuus, viitattu 25.4.2023, [https://energia.fi/fi/files/4428/Sahkovuosi\\_2022.pdf](https://energia.fi/fi/files/4428/Sahkovuosi_2022.pdf)

Fortum tarkka tuntihinta 11.11.2022, 2022, fortum, tilastotieto, viitattu 11.11.2022 <https://web.fortum.fi/spotprice/tarkka>

Maa- ja puutarhatalouden energiankulutus 2020,2020, Luonnonvarakeskus, tilasto, viitattu 28.9.2022 <https://www.luke.fi/fi/tilastot/maa-ja-puutarhatalouden-energiankulutus/maatalouslaskenta-2020-maa-ja-puutarhatalouden-energiankulutus-2020>

Maatalouden investointituet, tukiprosentit, N.d, Ruokavirasto, Viitattu 20.1.2023

[https://www.ruokavirasto.fi/globalassets/viljelijat/tuet-ja-rahoitus/tukikohteet\\_2021.pdf](https://www.ruokavirasto.fi/globalassets/viljelijat/tuet-ja-rahoitus/tukikohteet_2021.pdf)

Maitotilan energiavirrat, 2017, ProAgrialiitto, tutkimus, viitattu 28.9.2022 [https://energiayrittajyys.fi/sites/energiatehokkaasti/files/maitotilan\\_energiavirrat\\_13.9.2017\\_002\\_0.pdf](https://energiayrittajyys.fi/sites/energiatehokkaasti/files/maitotilan_energiavirrat_13.9.2017_002_0.pdf)

Mitä lyhenteet kWp ja Wp tarkoittavat?, N.d, Turunenergia, nettisivu, viitattu 10.4.2023

<https://www.turkuenergia.fi/ukk/mita-lyhenteet-kwp-ja-wp-tarkoittavat/>

Sähkön hinta ajaa myös eläintilat ahtaalle – suursikalan pitäjä: ”Porsas on kuin pieni lapsi, se tarvitsee hyvät olosuhteet”, 2022, Yle, uutinen, viitattu 10.4.2022 <https://yle.fi/a/74-20004183>

Sähkön hinta pähkinän kuoressa, N.d, Energia Teollisuus, artikkeli, viitattu 7.12.2022 [https://energia.fi/files/624/Sahkon\\_hinta\\_-esite.pdf](https://energia.fi/files/624/Sahkon_hinta_-esite.pdf)

Sähkön, maakaasun, biokaasun, polttoturpeen, kivihiilen ja mäntyöljyn verotaulukot, N.d, Vero.fi, Tilasto, Viitattu 27.4.2023 <https://www.vero.fi/yritykset-ja-yhteisot/verot-ja-maksut/valmisteverotus/sahkovero/>

Sähkö.TK, N.d, pörssisähkön hinta, nettisivu, Viitattu 17.1.2023 <https://sahko.tk/>

Sähkön hinta koostuu kolmesta osasta, N.d, Energiavirasto, verkkosivu, viitattu 11.11.2022 [https://energia.fi/energiasta/asiakkaat/sahkoasiakkuus/sahkon\\_hinta](https://energia.fi/energiasta/asiakkaat/sahkoasiakkuus/sahkon_hinta)

Sähköfutuuri 2023, 2022, Halvin sähkösopimus, Sähköfutuuri 2023, nettisivu, viitattu 15.12.2022 <https://halvinsahkosopimus.fi/artikkelit/sahkofutuurit-2023/>

Sähköfutuuri 2023- sähkön hinnan ennuste, N.d, Vertaa kilpailuttajat, nettisivu, viitattu 18.2.2023 <https://vertaa-kilpailuttajat.fi/sahko-futuurit-sahkon-hinta-tulevaisuudessa/>

Sähkönsiirron verkonhaltijakohtaiset keskihinnat 2019 eteenpäin, N.d, Energiavirasto, tilasto, Viitattu 17.1.2023 <https://energiavirasto.fi/sahkon-hintatilastot>

Sähkötoimitusvelvollisuus- ja siirtohintojen kehitys, N.d, Energiavirasto, taulukkotilasto, viitattu 7.10.2022 <https://energiavirasto.fi/sahkon-hintatilastot>

Sähkötukea ja sähkövähennystä on haettu odotettua vähemmän – taustalla leuto talvi ja sähkön hinnan maltillinen kehitys,2023, Maaseuduntulevaisuus, uutinen, viitattu 10.4.2023 <https://www.maaseuduntulevaisuus.fi/uutiset/65d94696-bbec-4770-963c-c7b5dec2cd3d>

Tahkokorpi, M, 2016, Aurinko energia Suomessa, Helsinki:Into

Tilastotietokanta, 2021 , Tilastokeskus, 2021, Liite5: Sähkön hinta kuluttaja tyypeittäin, [https://www.stat.fi/til/ehi/2020/04/ehi\\_2020\\_04\\_2021-03-11\\_kuv\\_005\\_fi.html](https://www.stat.fi/til/ehi/2020/04/ehi_2020_04_2021-03-11_kuv_005_fi.html)

Tilastotietokanta, N.d, Yritys- ja yhteisöasiakas, vuosikulutus 20 - 499 MWh, Tilastokeskus, [https://pxdata.stat.fi/PxWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin\\_ehi/statfin\\_ehi\\_pxt\\_13rb.px/table/table-ViewLayout1/](https://pxdata.stat.fi/PxWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin_ehi/statfin_ehi_pxt_13rb.px/table/table-ViewLayout1/)

Tuntispot-hinnat Sähköpörssissä, N.d, Vattenfall, viitattu 20.4.2023 <https://www.vattenfall.fi/sahkosopimukset/porssisahko/tuntispot-hinnat-sahkoporssissa/>

Uusi jäsenetu- aurinko energiaa maitotilille, 2022, MTK, artikkeli, viitattu 6.3.2023 <https://www.mtk.fi/-/aurinkoenergia>

Verkkoon liitetyn aurinkosähkön pienkapasitetin (MW) eri vuosina, 2022, Energiavirasto, artikkeli, viitattu 25.4.2023 <https://energiavirasto.fi/-/aurinkosahkon-kapasiteetti-kasvoi-suomessa-yli-100-megawattia-vuonna-2021>

Verkkoon liitetty aurinkosähköjärjestelmä, 2023, Motiva, Artikkeli, viitattu 10.4.2023 [https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva\\_energia/aurinkosahko/jarjestelman\\_valinta/tarvittava\\_laitteisto/verkkoon\\_liitetty\\_aurinkosahkojarjestelma](https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/jarjestelman_valinta/tarvittava_laitteisto/verkkoon_liitetty_aurinkosahkojarjestelma)

Virtanen E, 2020, Aurinkoenergiaa Seulavihanneksen tilalla, HAMK, opinnäytetyö, viitattu 17.11.2022 <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/338583/Aurinkoenergia%20Seulavihanneksen%20tilalla.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

## Liitteet

### Liite 1. Robottilypsynavetan sähkönkulutus tyypeittäin SYKSY / TALVI

Kello	ilmastointi	lannanpoisto	lypsyrobotti ja jäähdytys	valaistus	ruokinta	Yht
0:00:00	1,55	0	1	1,5	0	4,05
0:09:50	1,54	0	1,2	1,5	0,1	4,34
0:20:00	1,56	0	1,3	1,5	0,1	4,46
0:30:00	1,55	0	1,5	1,5	0,45	5
0:39:50	1,54	0	1,8	1,5	0	4,84
0:49:50	1,56	0	1,5	1,5	0	4,56
0:59:50	1,55	0	1,6	1,5	0,95	5,6
1:10:00	1,54	0	1,9	1,51	0	4,95
1:19:50	1,56	0	3,1	1,5	0	6,16
1:29:50	1,57	0	1,5	1,5	0,38	4,95
1:40:00	1,56	0	1,6	1,5	0	4,66
1:49:50	1,55	0	14	1,5	0,1	17,15
1:59:50	1,55	0	1,5	1,5	0	4,55
2:10:00	1,54	0	1,2	1,5	0	4,24
2:20:00	1,56	0	0,8	1,5	0,42	4,28
2:29:50	1,57	0	1	1,5	0	4,07
2:40:00	1,53	0	1,2	1,5	0	4,23
2:50:00	1,56	0	1,3	1,5	0,7	5,06
3:00:00	1,57	0	1,2	1,51	0	4,28
3:09:50	1,55	0	1,1	1,4	0,79	4,84
3:20:00	1,54	0	1,7	1,5	0	4,74
3:29:50	1,56	0	1,8	1,5	0,3	5,16
3:40:00	1,55	0	1,5	1,5	1,2	5,75
3:50:00	1,55	0	2	1,5	0	5,05
3:59:50	1,54	0	2,2	1,5	0,1	5,34
4:09:50	1,56	0	2,1	3	0	6,66
4:20:00	1,54	0	2,8	3	0,3	7,64
4:30:00	1,55	0	2,7	1,5	0,1	5,85
4:39:50	1,57	0	2,6	1,5	0	5,67
4:50:00	1,56	0	2,8	1,5	0,35	6,21
5:00:00	1,54	0	2,4	7	0	10,94
5:10:00	1,56	0	2,5	7	0,3	11,36
5:20:00	1,55	0	2,1	9	0	12,65
5:30:00	1,54	0	2,4	9	0	12,94
5:39:50	1,56	0	2,1	1	0	4,66
5:50:00	1,57	0	2,5	9,2	3,2	16,47
5:59:50	1,54	0	2,15	7	0	10,69
6:09:50	1,56	0	1,5	7	0	10,06
6:19:50	1,5	1	1,2	7,5	3,1	14,3
6:30:10	1,49	1	0,8	6,5	0	9,79
6:40:00	1,8	1	0,9	7,5	0	11,2



6:49:50	1,6	0	1,1	6,5	0,9	10,1
7:00:00	1,5	0	1,2	7,5	0	10,2
7:10:00	1,51	1,5	0,9	6,5	0	10,41
7:19:50	1,52	2	1,5	8	1,55	14,57
7:30:00	1,5	1,5	1,6	6,8	1,25	12,65
7:39:50	1,55	0	1,4	6,9	1	10,85
7:50:00	1,56	0	1,5	7,2	1,15	11,41
7:59:50	1,54	1	0,8	7,5	1	11,84
8:10:00	1,48	0	0,9	7	0,9	10,28
8:20:00	1,47	1,5	0,7	7,6	0,95	12,22
8:29:50	1,2	2	1	7,5	1,6	13,3
8:39:50	1,5	3	1	6,5	0	12
8:50:00	1,52	2	1,5	6,4	0,35	11,77
8:59:50	1,53	1	2	6,3	0,5	11,33
9:10:00	1,54	1,5	3	6,2	1,1	13,34
9:20:00	1,55	0	1,5	7	0,82	10,87
9:30:00	1,58	0	1,6	7,1	0,1	10,38
9:40:00	1,59	0	1,4	7,5	0	10,49
9:50:00	1,6	0	1,7	7,2	0,75	11,25
9:59:50	1,62	1	1,5	7,5	0	11,62
10:10:00	1,59	0	0,8	6	0	8,39
10:20:00	1,54	0	1,2	6,5	0,45	9,69
10:29:50	1,55	1	1,4	6,2	0	10,15
10:39:50	1,5	0	1,5	6,1	0	9,1
10:50:00	1,55	0	1,6	4,5	0	7,65
11:00:00	1,52	0	1	4,5	0,5	7,52
11:10:00	1,55	1	1,2	4,5	1,1	9,35
11:19:50	1,53	0	1	4,54	0	7,07
11:30:00	1,55	0	1,2	4,6	1,9	9,25
11:39:50	1,45	0	1	4,5	0	6,95
11:49:50	1,46	0	1,6	4,44	0	7,5
12:00:00	1,45	1,5	1,3	4,6	0	8,85
12:10:00	1,42	1	2,2	4,5	0,45	9,57
12:19:50	1,46	1,5	2,3	4,5	0	9,76
12:29:50	1,5	1	2,2	4,5	0	9,2
12:39:50	1,55	0	1,5	4,6	0	7,65
12:50:00	1,5	0	1,4	4,44	0,35	7,69
12:59:50	1,54	0	1,6	4,5	0	7,64
13:10:00	1,55	1	2,2	4,4	0	9,15
13:19:50	1,55	0	0	4,5	0,38	6,43
13:29:50	1,55	0	0,3	4,6	0	6,45
13:40:00	1,56	0	0,2	4,5	0	6,26
13:50:00	1,54	1	0,4	4,5	0,1	7,54
14:00:00	1,56	0	0,3	4,5	0	6,36
14:09:50	1,55	0	0,2	4,5	0,3	6,55
14:20:00	1,54	0	0,5	4,6	0	6,64
14:30:00	1,55	1	0,2	4,4	0	7,15
14:40:00	1,58	0	0,6	4,5	0,1	6,78

14:50:00	1,57	0	0,24	4,6	0,3	6,71
15:00:00	1,59	0	0,3	4,5	0,1	6,49
15:09:50	1,6	1	0,1	4,4	0,51	7,61
15:20:00	1,58	0	0,4	4,5	0	6,48
15:29:50	1,59	0	0,1	4,4	0,2	6,29
15:39:50	1,57	0	2,4	4,6	0	8,57
15:50:00	1,55	1	1,5	4,5	0	8,55
16:00:00	1,57	0	1,6	4,5	0,55	8,22
16:09:50	1,56	0	1,4	6,5	0,65	10,11
16:20:00	1,56	0	1,5	6,6	0,35	10,01
16:30:00	1,59	1	1,6	6,4	0,75	11,34
16:39:50	1,49	0	1,4	6,5	0	9,39
16:50:00	1,4	0	1,4	6,4	0	9,2
16:59:50	1,48	0	1,5	6,5	0,25	9,73
17:09:50	1,5	1	1,6	6,6	0,45	11,15
17:20:00	1,54	0	1,4	6,5	0	9,44
17:30:00	1,59	0	1,21	6,4	0,8	10
17:40:00	1,56	0	1,3	8	0	10,86
17:49:50	1,55	0	1,1	8,1	0,7	11,45
18:00:00	1,49	0	0,8	8	0	10,29
18:09:50	1,51	0	1,1	7,5	1,1	11,21
18:19:50	1,52	0	1,3	6,5	0,4	9,72
18:29:50	1,55	0	1,4	7,3	0	10,25
18:40:00	1,55	0	0,8	6,5	0,9	9,75
18:50:00	1,56	0	1,5	7,3	0	10,36
18:59:50	1,54	0	1,6	6,5	1,25	10,89
19:09:50	1,56	1	1,4	7,3	0,95	12,21
19:19:50	1,55	1	1,7	9,3	0	13,55
19:30:00	1,55	0	1,4	8,7	0,32	11,97
19:39:50	1,56	0	1,5	7,5	0	10,56
19:49:50	1,54		1,7	2,5	0	5,74
20:00:00	1,56	0	1,6	2,1	0,32	5,58
20:10:00	1,57	0	1,1	2,5	0	5,17
20:19:50	1,57	0	1,2	2,5	1,1	6,37
20:30:00	1,54	0	0,8	2,5	0	4,84
20:40:00	1,54	0	0,7	2,5	0,45	5,19
20:50:00	1,56	0	1,3	2,5	0	5,36
21:00:00	1,54	0	1,5	2,5	0,2	5,74
21:10:00	1,55	0	1,7	2,5	0	5,75
21:20:00	1,56	0	2,2	2,5	0	6,26
21:29:50	1,57	0	2,8	2,5	0,4	7,27
21:39:50	1,53	0	2,2	2,5	0	6,23
21:49:50	1,55	0	3	2,5	0	7,05
22:00:00	1,55	0	2,8	2,5	0,4	7,25
22:10:00	1,56	0	3,2	2,5	0	7,26
22:19:50	1,57	0	1,9	2,5	0	5,97
22:30:00	1,55	0	2,2	2,5	0,3	6,55
22:39:50	1,54	0	2,3	2,5	0	6,34

22:49:50	1,54	0	1,5	2,5	0	5,54
22:59:50	1,54	1	1,9	2,5	1,2	8,14
23:10:00	1,55	1	1,5	2,5	0	6,55
23:20:00	1,56	1	1,6	2,5	0,1	6,76
23:29:50	1,55	0	1,4	2,5	0	5,45
23:40:00	1,54	0	1,6	2,5	0	5,64
23:50:00	1,55	0	1,8	2,5	0	5,85
23:59:50	1,56	0	1,2	2,5	0	5,26

## Liite 2. Robottilypsynavetan sähkönkulutus tyypeittäin KEVÄT / KESÄ

Kello	ilmastointi	lannanpoisto	lypsyrobotti ja jäähdytys	valaistus	ruokinta	Yht
0:00:00	1,55	0	1	1,5	0	4,05
0:09:50	1,54	0	1,2	1,5	0,1	4,34
0:20:00	1,56	0	1,3	1,5	0,1	4,46
0:30:00	1,55	0	1,5	1,5	0,45	5
0:39:50	1,54	0	1,8	1,5	0	4,84
0:49:50	1,56	0	1,5	1,5	0	4,56
0:59:50	1,55	0	1,6	1,5	0,95	5,6
1:10:00	1,54	0	1,9	1,51	0	4,95
1:19:50	1,56	0	3,1	1,5	0	6,16
1:29:50	1,57	0	1,5	1,5	0,38	4,95
1:40:00	1,56	0	1,6	1,5	0	4,66
1:49:50	1,55	0	14	1,5	0,1	17,15
1:59:50	1,55	0	1,5	1,5	0	4,55
2:10:00	1,54	0	1,2	1,5	0	4,24
2:20:00	1,56	0	0,8	1,5	0,42	4,28
2:29:50	1,57	0	1	1,5	0	4,07
2:40:00	1,53	0	1,2	1,5	0	4,23
2:50:00	1,56	0	1,3	1,5	0,7	5,06
3:00:00	1,57	0	1,2	1,51	0	4,28
3:09:50	1,55	0	1,1	1,4	0,79	4,84
3:20:00	1,54	0	1,7	1,5	0	4,74
3:29:50	1,56	0	1,8	1,5	0,3	5,16
3:40:00	1,55	0	1,5	1,5	1,2	5,75
3:50:00	1,55	0	2	1,5	0	5,05
3:59:50	1,54	0	2,2	1,5	0,1	5,34
4:09:50	1,56	0	2,1	3	0	6,66
4:20:00	1,54	0	2,8	3	0,3	7,64
4:30:00	1,55	0	2,7	1,5	0,1	5,85
4:39:50	1,57	0	2,6	1,5	0	5,67
4:50:00	1,56	0	2,8	1,5	0,35	6,21
5:00:00	1,54	0	2,4	7	0	10,94

5:10:00	1,56	0	2,5	7	0,3	11,36
5:20:00	1,55	0	2,1	9	0	12,65
5:30:00	1,54	0	2,4	9	0	12,94
5:39:50	1,56	0	2,1	1	0	4,66
5:50:00	1,57	0	2,5	9,2	3,2	16,47
5:59:50	1,54	0	2,15	7	0	10,69
6:09:50	1,56	0	1,5	7	0	10,06
6:19:50	1,5	1	1,2	7,5	3,1	14,3
6:30:10	1,49	1	0,8	6,5	0	9,79
6:40:00	1,8	1	0,9	0	0	3,7
6:49:50	1,6	0	1,1	0	0,9	3,6
7:00:00	1,5	0	1,2	0	0	2,7
7:10:00	1,51	1,5	0,9	0	0	3,91
7:19:50	1,52	2	1,5	0	1,55	6,57
7:30:00	1,5	1,5	1,6	0	1,25	5,85
7:39:50	1,55	0	1,4	0	1	3,95
7:50:00	1,56	0	1,5	0	1,15	4,21
7:59:50	1,54	1	0,8	0	1	4,34
8:10:00	1,48	0	0,9	0	0,9	3,28
8:20:00	1,47	1,5	0,7	0	0,95	4,62
8:29:50	1,2	2	1	0	1,6	5,8
8:39:50	1,5	3	1	0	0	5,5
8:50:00	1,52	2	1,5	0	0,35	5,37
8:59:50	1,53	1	2	0	0,5	5,03
9:10:00	1,54	1,5	3	0	1,1	7,14
9:20:00	1,55	0	1,5	0	0,82	3,87
9:30:00	1,58	0	1,6	0	0,1	3,28
9:40:00	1,59	0	1,4	0	0	2,99
9:50:00	1,6	0	1,7	0	0,75	4,05
9:59:50	1,62	1	1,5	0	0	4,12
10:10:00	1,59	0	0,8	0	0	2,39
10:20:00	1,54	0	1,2	0	0,45	3,19
10:29:50	1,55	1	1,4	0	0	3,95
10:39:50	1,5	0	1,5	0	0	3
10:50:00	1,55	0	1,6	0	0	3,15
11:00:00	1,52	0	1	0	0,5	3,02
11:10:00	1,55	1	1,2	0	1,1	4,85
11:19:50	1,53	0	1	0	0	2,53
11:30:00	1,55	0	1,2	0	1,9	4,65
11:39:50	1,45	0	1	0	0	2,45
11:49:50	1,46	0	1,6	0	0	3,06
12:00:00	1,45	1,5	1,3	0	0	4,25
12:10:00	1,42	1	2,2	0	0,45	5,07
12:19:50	1,46	1,5	2,3	0	0	5,26
12:29:50	1,5	1	2,2	0	0	4,7
12:39:50	1,55	0	1,5	0	0	3,05
12:50:00	1,5	0	1,4	0	0,35	3,25
12:59:50	1,54	0	1,6	0	0	3,14

13:10:00	1,55	1	2,2	0	0	4,75
13:19:50	1,55	0	0	0	0,38	1,93
13:29:50	1,55	0	0,3	0	0	1,85
13:40:00	1,56	0	0,2	0	0	1,76
13:50:00	1,54	1	0,4	0	0,1	3,04
14:00:00	1,56	0	0,3	0	0	1,86
14:09:50	1,55	0	0,2	0	0,3	2,05
14:20:00	1,54	0	0,5	0	0	2,04
14:30:00	1,55	1	0,2	0	0	2,75
14:40:00	1,58	0	0,6	0	0,1	2,28
14:50:00	1,57	0	0,24	0	0,3	2,11
15:00:00	1,59	0	0,3	0	0,1	1,99
15:09:50	1,6	1	0,1	0	0,51	3,21
15:20:00	1,58	0	0,4	0	0	1,98
15:29:50	1,59	0	0,1	0	0,2	1,89
15:39:50	1,57	0	2,4	0	0	3,97
15:50:00	1,55	1	1,5	0	0	4,05
16:00:00	1,57	0	1,6	0	0,55	3,72
16:09:50	1,56	0	1,4	0	0,65	3,61
16:20:00	1,56	0	1,5	0	0,35	3,41
16:30:00	1,59	1	1,6	0	0,75	4,94
16:39:50	1,49	0	1,4	0	0	2,89
16:50:00	1,4	0	1,4	0	0	2,8
16:59:50	1,48	0	1,5	0	0,25	3,23
17:09:50	1,5	1	1,6	0	0,45	4,55
17:20:00	1,54	0	1,4	0	0	2,94
17:30:00	1,59	0	1,21	0	0,8	3,6
17:40:00	1,56	0	1,3	0	0	2,86
17:49:50	1,55	0	1,1	0	0,7	3,35
18:00:00	1,49	0	0,8	0	0	2,29
18:09:50	1,51	0	1,1	0	1,1	3,71
18:19:50	1,52	0	1,3	0	0,4	3,22
18:29:50	1,55	0	1,4	0	0	2,95
18:40:00	1,55	0	0,8	0	0,9	3,25
18:50:00	1,56	0	1,5	0	0	3,06
18:59:50	1,54	0	1,6	0	1,25	4,39
19:09:50	1,56	1	1,4	0	0,95	4,91
19:19:50	1,55	1	1,7	0	0	4,25
19:30:00	1,55	0	1,4	0	0,32	3,27
19:39:50	1,56	0	1,5	0	0	3,06
19:49:50	1,54		1,7	0	0	3,24
20:00:00	1,56	0	1,6	0	0,32	3,48
20:10:00	1,57	0	1,1	0	0	2,67
20:19:50	1,57	0	1,2	0	1,1	3,87
20:30:00	1,54	0	0,8	2,5	0	4,84
20:40:00	1,54	0	0,7	2,5	0,45	5,19
20:50:00	1,56	0	1,3	2,5	0	5,36
21:00:00	1,54	0	1,5	2,5	0,2	5,74

21:10:00	1,55	0	1,7	2,5	0	5,75
21:20:00	1,56	0	2,2	2,5	0	6,26
21:29:50	1,57	0	2,8	2,5	0,4	7,27
21:39:50	1,53	0	2,2	2,5	0	6,23
21:49:50	1,55	0	3	2,5	0	7,05
22:00:00	1,55	0	2,8	2,5	0,4	7,25
22:10:00	1,56	0	3,2	2,5	0	7,26
22:19:50	1,57	0	1,9	2,5	0	5,97
22:30:00	1,55	0	2,2	2,5	0,3	6,55
22:39:50	1,54	0	2,3	2,5	0	6,34
22:49:50	1,54	0	1,5	2,5	0	5,54
22:59:50	1,54	1	1,9	2,5	1,2	8,14
23:10:00	1,55	1	1,5	2,5	0	6,55
23:20:00	1,56	1	1,6	2,5	0,1	6,76
23:29:50	1,55	0	1,4	2,5	0	5,45
23:40:00	1,54	0	1,6	2,5	0	5,64
23:50:00	1,55	0	1,8	2,5	0	5,85
23:59:50	1,56	0	1,2	2,5	0	5,26