



Aurinkovoimalan mitoitustyökalu sähköalan yritykselle

Topi Lehtoranta

Opinnäytetyö, AMK

Joulukuu 2023

Insinööri (AMK), sähkö- ja automaatiotekniikka

Lehtoranta, Topi

Aurinkovoimalan mitoitustyökalu sähköalan yritykselle.

Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Joulukuu 2023, 29 sivua.

Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma. Opinnäytetyö AMK.

Julkaisun kieli: suomi

Julkaisulupa avoimessa verkossa: Kyllä

Tiivistelmä

Omakotitalo kokoluokan aurinkosähköjärjestelmien tarjouslaskijoilla ei ole usein riittävää koulutusta ja ammattitaitoa järjestelmien osien valitsemiseen tai kannattavuuden arviointiin. Lisäksi tarjouslaskennassa jokaisen pienkohteen erikseen laskeminen on työlästä ja aikaa vievää. Voltium Oy:llä erityisen tärkeää oli nykyisen tarjouslaskennan yhdenmukaisuuden ja tehokkuuden parantaminen.

Voltium Oy:n tavoitteena oli tehostaa tarjousten laatimista ja yhdenmukaistaa eri kohteiden hintoja tarjouslaskentatyökalulla. Työkalun tulisi perustua olemassa oleviin hinnastoihin ja olla helppokäyttöinen myös maallikon silmissä. Työkalun tulisi olla Excel pohjainen tulevaisuuden suunnitelmien takia. Työn tuloksena syntyi Excel-pohjainen tarjouslaskentatyökalu aurinkosähköjärjestelmille. Työkalu antaa tarjouslaskijoille yhtenäiset lähtökohdat, kun käyttäjä syöttää vain tarvittavat lähtötiedot. Lähtötietojen perusteella työkalu antaa käyttäjälle kannattavuuteen liittyviä lukuja ja järjestelmän hinnan.

Aurinkopaneelijärjestelmän tuottoon ja kannattavuuteen vaikuttaa monia eri tekijöitä. Lähtötiedot kysytään suurimmaksi osaksi asiakkaalta ja niihin liittyy epävarmuustekijöitä. Osaan laskurin tiedoista joudutaan käyttämään keskiarvollisia tuloksia, jos kaikkia tietoja ei löydy. Kuitenkin laskuista tuli puolen vuoden datan perusteella todella tarkkoja ja laskuria pystytään kehittämään, kun dataa tulee enemmän.

Työkalu on yrityksellä aktiivisessa käytössä ja sitä päivitetään tarpeen mukaan. Tulevaisuuden suunnitelmassa on verkko- ja tablettiversiot laskurista yrityksen sisäiseen käyttöön. Yhteenvetona laskenta työkalu tarjoaa konkreettisen ratkaisun aurinkosähköjärjestelmien mitoittamiseen ja tarjouslaskentaprosessiin helpottaen yrityksen päivittäistä toimintaa.

Avainsanat (asiasanat)

mitoitustyökalu, aurinkosähköjärjestelmä, kannattavuus, aurinkovoimala, aurinkopaneeli

Muut tiedot (salassa pidettävät liitteet)

Liite 1. Mitoitus- ja kannattavuustyökalu (salassa pidettävä)

Liite 1 on salassa pidettävä, ja se on poistettu julkisesta työstä. Salassapidon peruste on Julkisuuslain 621/1999 24§, kohta 17, yrityksen liike- tai ammattisalaisuus. Salassapitoaika on kaksikymmentäviisi (25) vuotta, salassapito päättyy 22.11.2048.

Lehtoranta, Topi

A solar power plant sizing tool for an electricity company.

Jyväskylä: JAMK University of Applied Sciences, December 2023, 29 pages.

Degree program in electrical and automation technology. Bachelor's thesis.

Permission for open access publication: Yes

Language of publication: Finnish

Abstract

Bid calculators for single-family house-sized solar power systems often do not have sufficient training and expertise to select system components or evaluate profitability. In addition, in the bid calculation, calculating each small item separately is laborious and time-consuming. At Voltium Oy, it was particularly important to improve the consistency and efficiency of the current tender calculation.

Voltium Oy's goal was to make the preparation of offers more efficient and harmonize the prices of different items with the offer calculation tool. The tool should be based on existing price lists and be easy to use even for a layman. The tool should be Excel-based because of future plans. The work resulted in an Excel-based bid calculation tool for solar power systems. The tool gives tender calculators uniform starting points when the user only enters the necessary starting information. Based on the input data, the tool provides the user with figures related to profitability and the price of the system.

Many different factors affect the yield and profitability of a solar panel system. For the most part, the initial information is asked from the customer and there are uncertainty factors associated with it. For some of the data in the counter, average results have to be used if all the data cannot be found. However, based on half a year's worth of data, the calculations became really accurate, and the calculator can be developed when more data becomes available.

The tool is in active use at the company and is updated as needed. Future plans include online and tablet versions of the calculator for internal company use. In summary, the calculation tool offers a concrete solution for dimensioning solar power systems and the tender calculation process, facilitating the company's daily operations.

Keywords/tags (subjects)

sizing tool, solar power system, profitability, solar power plant, solar panel

Miscellaneous (Confidential information)

Appendix 1. Sizing and profitability tool (to be kept secret)

Appendix 1 is confidential and have been removed from public work. The basis for secrecy is the Public Companies Act 621/1999 § 24, Section 17, the business or professional secret of the company. The confidentiality period is twenty-five (25) years, confidentiality ends on November 22, 2048.

Sisältö

1	Johdanto	3
2	Opinnäytetyön lähtökohdat	4
2.1	Työn tausta	4
2.2	Rajaus ja tavoitteet	4
2.3	Työn toteutus	5
3	Aurinkovoimalan perusteet	6
3.1	Aurinkopaneelit	6
3.2	Invertteri	8
3.3	Invertterin datalehti	9
3.3.1	Efficiency – Hyötysuhde	9
3.3.2	Input (PV) – Syötön ominaisuudet (tasajännitepuoli)	9
3.3.3	Output (AC) – Ulostulon ominaisuudet (vaihtojännitepuoli)	10
3.4	Kaapelointi ja suojaus	10
3.5	Aurinkovoimalan liittäminen yleiseen sähköverkkoon	11
4	Aurinkosähköjärjestelmän suunnittelu ja asennus	12
4.1	Aurinkosähköjärjestelmiä koskevat säännökset	12
4.2	Järjestelmän suuntaus	14
4.3	Aurinkosähköjärjestelmien kiinnitystavat	16
5	Aurinkovoimalan kannattavuus	18
6	Aurinkovoimalan mitoitustyökalu	19
7	Pohdinta	27
8	Kehittämistyön luotettavuus ja eettisyys	28
	Lähteet	29
	Liitteet	32
	Liite 1. Mitoitus- ja kannattavuustyökalu (salassa pidettävä)	32

Kuviot

Kuvio 1.	Aurinkopaneelin rakenne (Aurinkopaneeli 2023.)	7
Kuvio 2.	Säteilykartta (Ilmansuunta, kaltevuus, sijainti ja niiden vaikutus tuotantoon 2023.) ..	14
Kuvio 3.	Ilmasuunta ja kaltevuus (Ilmansuunta, kaltevuus, sijainti ja niiden vaikutus tuotantoon 2023.)	15
Kuvio 4.	1-kerrostelineessä on vain yhdessä tasossa olevat alumiiniprofiilit. Tähän telineeseen aurinkopaneelit tulevat pystyyn lappeen suuntaisesti. (Galleria 2023.)	17

Kuvio 5. 2-kerrostelineessä on kahdessa tasossa alumiiniprofiilit. Tähän telineeseen aurinkopaneelit tulevat vaakaan lappeen suuntaisesti. (Kiinnitysteline. N.d)	17
Kuvio 6. Kiinnikkeitä eri kattotyypeille (Harjakatoille-delta. N.d.)	18
Kuvio 7. Laskurin lähtötietonäkymä.....	19
Kuvio 8. Laskentanäkymä kuukausi- ja vuosikohtaiset arvot	22
Kuvio 9. Laskurin näkymä koko elinkaaren laskenta.	24
Kuvio 10. Asiakkaan raportti	25
Kuvio 11. Asiakkaan raportti	26

Käsitteistö:

SFS 6000

Vuonna 2022 päivitetty sähköturvallisuuslain standardisarja, joka sisältää ohjeistuksia sähköasennusten suunnittelijoille sekä tekijöille.

Potentiaalintasaus

Maadoitus on sähkölaitteen tietyn osan tai muun esineen liittäminen maahan johtimella. Tällöin laitteen ja johtimen potentiaalit ovat yhtä suuret maan sähkökentän potentiaalin kanssa. Tätä kutsutaan potentiaalintasaukseksi.

Pii

Alkuaine

Invertteri

Vaihtosuuntaaja eli invertteri on laite, joka muuntaa tasavirtaa vaihtovirraksi.

Tasavirta

Tasavirta tarkoittaa sähkövirtaa, jonka suunta ei muutu toisin kuin vaihtovirralla. Tasavirta kulkee virtapiirissä koko ajan samansuuntaisesti. Tasavirran merkkinä käytetään symbolia "=" tai merkintää "DC"

Vaihtovirta

Vaihtovirta on sähkövirtaa, jonka suunta vaihtelee ajan funktiona. Valtakunnan sähköverkossa käytetty vaihtovirta on sinimuotoista. Vaihtovirran merkkinä käytetään symbolia "~" tai merkintää "AC"

MPPT

MPPT on lyhenne: Maximum Power Point Tracking ja tarkoittaa että säädin "etsii" kohdan, jossa paneelit antavat suurimman tehon ajankohdaisella auringonvalolla. Se on siis aina se piste, jossa voltti x ampeeri antaa suurimman tehon (Wattia). Virta säätimen jälkeen nousee, kun jännite alenee.

Näennäisteho

Vaihtovirtapiireissä näennäisteho (tunnus S) on tehollisen jännitteen U ja tehollisen sähkövirran tulo.

1 Johdanto

Tämän opinnäytetyön aiheena oli luoda sähköalan yritykselle laskentatyökalu aurinkovoimalan mitoittamiseen. Opinnäytetyön toimeksiantajayritys on suuntautunut pääosin aurinkovoimaloiden asennuksiin. Mitoitustyökalun tavoitteena on tehostaa tarjousten jättämistä sekä yhtenäistää tarjottavien kohteiden hintoja. Opinnäytetyöprosessissa on tarkoitus syntyä mitoitustyökalun ensimmäinen versio, jota päivitetään jatkuvasti esim. muuttuvien kustannusten mukaan.

Sähköinen mitoitustyökalu mahdollistaa urakointiyrityksessä urakkalaskennan johdonmukaisen toiminnan tehostamisen. Sen lisäksi sen kautta pystytään helposti vertailemaan erilaisten vaihtoehtoisten tarjousten kannattavuutta asiakkaalle. Mitoitustyökalun hinnaston toiminta perustuu tukkuliikkeistä saatuihin yksikköhintoihin, jolloin lähtökohdat asiakkaille on samat. Mitoitustyökalun lähtötiedot perustuvat asiakkaan haastatteluun ja paikan päällä tarjouslaskijan omiin havaintoihin näin saadaan kattavat ja luotettavat lähtötiedot.

Opinnäytetyössä perehdytään aluksi aurinkopaneeleiden toimintaan ja oikeaoppiseen asennustapaan. Lisäksi työssä käsitellään aurinkovoimaloiden kannattavuuteen ja mitoitukseen liittyviä asioita. Opinnäytetyössä toimeksiantajalle syntyy konkreettinen aurinkovoimalan mitoitustyökalu.

Opinnäytetyöprosessissa luotu laskentatyökalu on erillinen Excel-tiedosto. Laskentatyökalua ei julkaista osana opinnäytetyötä, sillä se sisältää yksityiskohtaisia yritykseen käytössä olevia tietoja, joita ei haluta julkiseen jakeluun.

2 Opinnäytetyön lähtökohdat

2.1 Työn tausta

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimii Voltium Oy. Voltium Oy on vuonna 2023 perustettu sähköurakointiyritys. Yritys on erikoistunut aurinkosähköjärjestelmien mitoittamiseen ja asentamiseen. Olen itse yksi yrityksen omistajista. Yrityksen toiminta-alueena on ensimmäisen vuoden aikana ollut koko Suomi. Voltium Oy on specialisoitunut erilaisten suurkohteiden, kuten esimerkiksi koulujen ja maatilojen aurinkosähköjärjestelmien asentamiseen, mutta pienvoimala-asennukset ovat myös tärkeä osa liiketoimintaa.

Opinnäytetyössä käsitellään yleisesti aurinkopaneeleja, niiden kannattavuutta sekä mitoittamista. Työssä paneudutaan SFS 6000-standardisarjaan, joka on pienjännitesähköasennusten standardisarja. Työssä esitellään aurinkopaneelisiin liittyviä säädöksiä, standardeja sekä oikeaoppiseen asentamistapaan liittyviä oleellisimpia asioita.

Opinnäytetyön aihe syntyi suoraan tarpeesta saada yritykselle käyttöön laskentatyökalu tarjouslaskennan tehostamiseksi. Laskentatyökalu sisältää yrityksen hinnat eri kokoisille aurinkovoimaloille sekä tukkuliikkeiltä yritykselle saadut yksikköhinnat jokaiselle tuotteelle. Yhteisellä laskentatyökalulla yrityksen tarjouspolitiikka pysyy yhtenäisenä, huolimatta siitä, kuka yrittäjästä tai työntekijöistä antaa tarjouksen asiakkaalle.

2.2 Rajaus ja tavoitteet

Opinnäytetyössä käsitellään yleisesti aurinkovoimalan perusteita sekä sen investoinnin kannattavuuteen vaikuttavia seikkoja. Lisäksi paneudutaan SFS6000-standardi sarjan aurinkopaneeliasennuksien säädöksiin ja oikeaoppiseen asennustapaan. Työssä lähdetään oletuksesta, että lukija tietää mistä aurinkovoima tulee, jolloin aurinkoon ja auringon säteilyyn ei perehdytä laajemmin tieteellisesti. Työ perustuu yritystoiminnan kannattavuuden parantamiseen, jolloin aurinkosähköjärjestelmän kannattavuuden tarkastelu on oleellisemmassa osassa.

Työn tavoitteena on selvittää aurinkosähköjärjestelmän kannattavuuteen vaikuttavat tekijät. Sähköjärjestelmän kannattavuuteen vaikuttaa esimerkiksi järjestelmän koko, asennustapa sekä takaisinmaksuaika, johon vaikuttaa suuresti asennuksen jälkeinen sähkön hinta. Sen lisäksi tavoitteena on selvittää asiat, jotka tulee ottaa huomioon aurinkovoimalaa mitoittaessa. Näitä ovat esimerkiksi kohteen pääsulakekoko, kattotyyppi, kattokulma sekä katon ilmansuunta. Sen lisäksi tulee huomioida kohteessa kulutettava sähkön määrä ja keskimääräinen sähkön hinta.

Konkreettisenä tavoitteena on saada aikaan laskentatyökalu, joka palvelee yrityksen tarpeita. Laskentatyökalu tulee ottaa huomioon kaikki mitoitukseen vaikuttavat osa-alueet ja sen lisäksi sen tulee olla helposti muokattavissa palvelemaan erilaisten kohteiden tarjouslaskentaa. Laskentatyökalun tulee myös antaa voimalalle paketti hinta yrityksen voimassa olevan hinnaston mukaisesti.

2.3 Työn toteutus

Opinnäytetyö on tutkimuksellinen kehittämistyö. Opinnäytetyössä käytettäviä työmenetelmiä ovat laaja tiedonhaku aurinkopaneelien kannattavuuteen vaikuttavissa asioissa. Omistajia haastatellaan ja heidän toiveiden perusteella toteutetaan itse työkalu. Heidän kohdallansa käytetään myös teemahaastattelua, jossa kysymyksiä ei ole muotoiltu tarkasti etukäteen, vaan haastatteli kysyy vapaammin teemojen mukaan kysymyksiä. Haastateltavat pääsevät vastaamaan vapaasti, jolloin saadaan helposti analysoitavia tuloksia. Samalla he pääsevät miettimään tarkemmin omia mielipiteitensä työkaluun tarvittavista kohdista. Sen lisäksi omistajien kanssa käydään välillä läpi työn edetessä, tuleeko muita tarpeellisia kohtia mieleen.

Opinnäytetyön alussa juttelen paljon omistajien kanssa ja selvitan minkälainen työkalun olisi syytä olla ja millä keinoilla se on mahdollista toteuttaa. Kohderyhmänä toimii siis tarjouslaskijat, jotka ovat tällä hetkellä vain omistajat. Työkalun tarkoitus on helpottaa ja parantaa heidän tarjouslaskentaansa. Koska aurinkovoimalatuotteet kehittyvät markkinoilla hirveää tahtia, en luota opinnäytetyössä vanhaan kirjallisuuteen vaan mahdollisimman uusiin tutkimuksiin ja aineistoihin

3 Aurinkovoimalan perusteet

Joka tunti maapallolle saapuu aurinkoenergiaa enemmän kuin koko ihmiskunta kuluttaa energiaa vuodessa. Suomenkin korkeudelle säteilyä osuu vuodessa 2400-kertainen määrä, mitä kulutamme. Aurinkosähkö on käytännössä ehtymätön luonnonvara. Sen käyttökustannukset ovat lähellä nollaa ja aurinkosähkö on paneelien valmistamista lukuun ottamatta täysin päästötöntä. Voidaankin puhua varteenotettavasta vaihtoehdosta energian tuotantoon. (Tahkokorpi 2016)

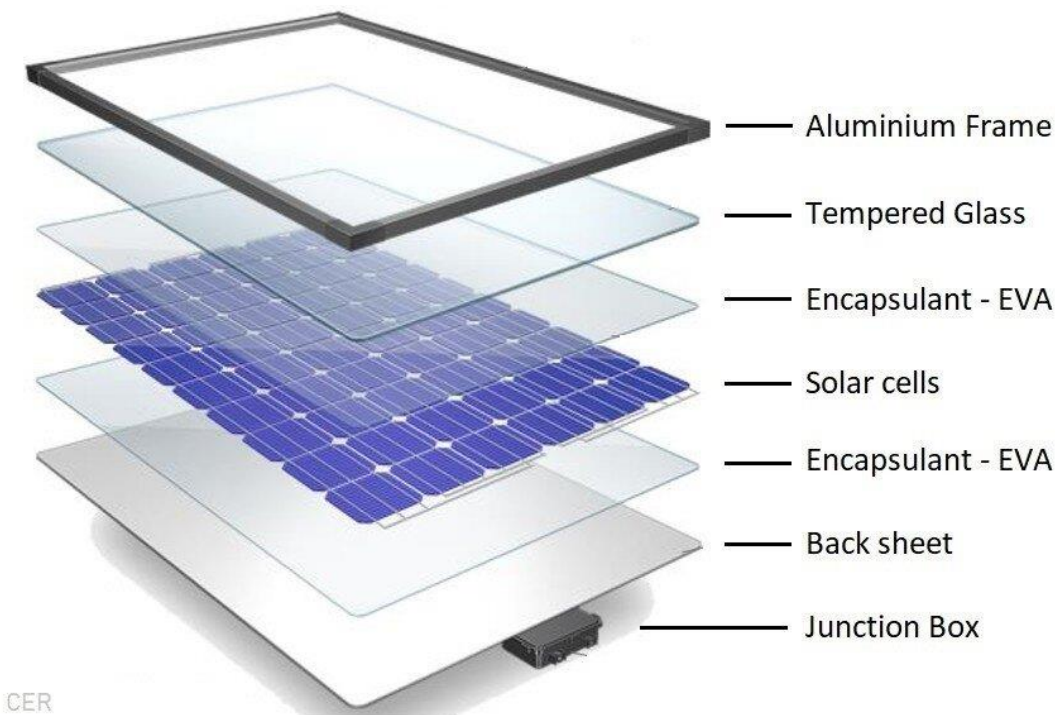
Auringonsäteily koostuu hiukkasista eli fotoneista. Fotonit kuljettavat säteilyenergiaa ja osuessaan aurinkokennoon vapauttavat energiansa. Aurinkokennojen materiaalien elektronit ottavat vastaan vapautuvan energian ja muodostavat tasasähkövirran aurinkopaneelin johtimiin. Säteilystä tasavirtaksi aurinkopaneeleilla on parhaimmillaan n.20 % hyötysuhde. Paneeleilta tuleva tasavirta on mahdollista käyttää suoraan laitteissa, jotka tukevat tasavirtaa ja kovia jännitevaihteluja kuten DC-vastukset, mutta näitä variaatioita on vielä markkinoilla vähän. Toinen vaihtoehto on ladata tasavirta akkuihin tai muuntaa invertterillä verkkovirraksi. (Auringosta sähköä 2022.)

3.1 Aurinkopaneelit

Aurinkopaneelien kennot ovat normaalisti valmistettu piistä. Pii on maailman toiseksi yleisin alkuaine. Pii luo aurinkopaneelin pintaan metallista kiiltoa ja sinertävää sävyä, se myös pitää olomuotonsa keleistä riippumatta. Tämä mahdollistaa aurinkopaneelien huoltovapauden ja pitkän eliniän. Piikennot muuttavat säteilyenergian sähköenergiaksi. (Lahtinen 2023.)

Kennoja on valmistettu sekä yksi- että monikiteisestä piistä, joista yksikiteinen on yleistynyt paljon viime vuosina. Kennoja voi yhden aurinkopaneelin sisällä olla useita ja niiden määrällä voidaan säätää paneelille haluttu ulostulojännite ja -teho. Aurinkopaneeli valmistetaan yleensä laminoimalla lämmössä ja vakuumissa. Aurinkopaneeleita kytetään toisiinsa sarjaan- tai rinnankytkennällä ja niistä muodostuu aurinkovoimala. Aurinkovoimalan paneelit tuottavat parhaiten sähköä, kun niihin osuvat auringon säteet osuvat siihen mahdollisimman kohtisuorassa. Kenno ei vaadi auringon valoa paljon tuottaakseen sähköä, vaan rajoittavaksi tekijäksi vähäisessä valossa muodostuu invertteri. (Lahtinen 2023.)

Yksikiteiset aurinkopaneelit ovat yleisimpiä ja niitä on markkinoilla N- ja P-tyyppiä. Bell Labsin vuonna 1954 keksimä maailman ensimmäinen aurinkopaneeli oli N-tyyppiä, mutta P-tyyppi on ollut käytetympi paneeli sen kysynnän vuoksi avaruudessa. P-tyypin kenno kestää paremmin avaruussäteilyä ja hajoamista. Avaruusaurinkoteknologian tutkimuksien takia P-tyypistä tuli tavallinen paneeli myös kuluttajille. P-tyypin aurinkokenno on seostettu yleensä boorilla, jossa on yksi elektroni vähemmän kuin piissä ja näin ollen se on positiivisesti varautunut. Nykyisin on huomattu N-tyypin paneeleissa lisäetuja P-tyyppiin verrattuna. N-tyypin aurinkokenno seostetaan fosforilla boorin sijasta ja siinä on yksi elektroni enemmän kuin piissä. N-tyypin kenno on siis negatiivisesti varautunut. P-tyypin paneeleille on yleistä boori-happivirheet, jotka aiheuttavat rakenteiden ja tehokkuuden heikkenemistä. N-tyypin paneelit taas ovat tehokkaampia, eikä niihin vaikuta valon aiheuttama rappeuma. N-tyypin paneeli onkin ehkä saanut markkinoilla laatupaneelin mainetta. (Aurinkopaneelin rakenne 2023.)



Kuvio 1. Aurinkopaneelin rakenne (Aurinkopaneeli 2023.)

Aurinkopaneelin tukirunko on alumiinikehys, johon laminoitu paketti liimataan kiinni. Tämä estää kennostoa joustamasta liikaa tuuli-, lumikuormissa ja toimii paneelin kiinnityspisteenä. Aurinkopaneelin laminoitu paketti koostuu karkaistusta lasista, kapselointifoliosta, sarjaan kytketystä kennostosta, toisesta kapselointifoliosta ja taustalevystä. Lisäksi paneelin taakse on liimattu kytkentärasia ja yleensä siinä on valmiiksi kiinni kytkentäjohtimet MC-4 liittimillä. (Aurinkopaneelin rakenne 2023.)

3.2 Invertteri

Aurinkopaneelit tuottavat tasasähköä, jonka vaihtosuuntaaja eli invertteri muuttaa vaihtosähköksi. Invertteri tarvitaan asennuksissa, joissa aurinkovoimala liitetään valtakunnalliseen sähköverkkoon. Tähän käyttötarkoitukseen käytettävää invertteriä kutsutaan myös verkkoinvertteriksi. Verkkoinvertterin avulla saadaan aurinkopaneelien tuottama sähkö kytkettyä kiinteistön sähköverkkoon ilman akkuja. Se mahdollistaa tuotettavan sähkön käytön ensin itse ja ylijäämänsähkön myynnin suoraan sähköyhtiölle. (Miten aurinkopaneelit toimivat n.d.)

Suomessa invertteri kytketään suoraan keskuksen kulutuslaitteiden rinnalle. Verkkoyhtiö taas huolehtii, että keskuksessa on tarvittava kahteen suuntaan lukeva kulutusmittari. Invertterin tehtävä sähkön muuttamisen lisäksi, on optimoida paneeleilta tulevaa jännitettä, jotta paneeleista saadaan mahdollisimman paljon tehoa. (Miten aurinkopaneelit toimivat n.d.)

Lisäksi invertteri suojaa valtakunnan verkkoa ja katkaisee syötön vikatilanteissa. Inverttereissä on yleensä kotitalouskokoiluokissa noin 150-200Vdc käynnistymisjännite, joka tarkoittaa sitä, että invertteri ei ala tuottamaan sähköä ennen kuin paneeleilta tulee yli käynnistymisjännitearvon. Invertterien sovelluksilla on myös kätevä seurata aurinkovoimalan tuottoa. Invertterit ovat myös erittäin hyviä hyötysuhteeltaan. Kunnollisen verkkoinvertterin hyötysuhteet pyörivät noin 96,5–98,2 % luokassa riippuen järjestelmän ryhmäkoosta. (Invertteri 2023.)

Invertteri siis sisältää monia ominaisuuksia ja niistä kenties tärkein on turvallisuus. Lisäksi invertteri parantaa sähköverkonlaatua muuttaessaan sähköä. Sen on myös siedettävä jossain määrin säätilanmuutoksia ja olla mahdollisimman pitkäikäinen. Invertterien olisi syytä olla edullinen, helppo asentaa ja käyttää. Inverttereillä on siis monia vaatimuksia, jotka sen tulisi täyttää ja lisäksi sen pitäisi olla mahdollisimman edullinen. Tämän takia invertterin valinnassa olisi syytä perehtyä

datalehteen ja vertailla eri valmistajien välillä, kannattaako investoinnissa pieni säästö halvimpaan invertteriin. (Invertteri 2023.)

3.3 Invertterin datalehti

Voltium Oy:n asentajat ovat sertifioituja Huaweiin invertterien asentajia, joten esimerkissä tarkastellaan Huaweiin SUN2000-10KTL-M1 datalehden (Smart Energy Controller 2020.) mitoituksen ja kannattavuuden kannalta tärkeimpiä kohtia.

3.3.1 Efficiency – Hyötysuhde

Max. efficiency / European efficiency - Maksimi hyötysuhde ideaali olosuhteissa 98,6 %/ Keski-Eurooppalaisissa olosuhteissa keskiarvoinen hyötysuhde 98,1 %

3.3.2 Input (PV) – Syötön ominaisuudet (tasajännitepuoli)

Recommended max. PV power - Suositeltu maksimi aurinkopaneeliston teho. Huawei SUN2000-10KTL- M1 15000wp

Max. input voltage - Maksimi avoimen piirin jännite, jonka aurinkopaneelisto saa tuottaa ilman kuormaa. Tämän ilmoittaa aurinkopaneelivalmistaja paneelissaan. Huawei SUN2000- 10KTL- M1 1100V (DC)

Operating voltage range - Suositeltu käyttöjännite (DC) paneelistolle. Tällä alueella maksimitehopisteenseuraaja (MPPT) toimii parhaiten. Huawei SUN2000- 10KTL- M1 140 V - 980 V (DC)

Start – up voltage – Invertterin toiminnan käynnistymisjännite. Mitä alhaisempi jännite lukema on, sen nopeammin invertteri käynnistyy. On varmistettava, että paneeliston jännite ei ole lähellä tai alle tämän. Huawei SUN2000- 10KTL- M1 200 V (DC)

Rated input voltage – Invertterin optimaallinen paneeliston käyttöjännite. Tähän pyritään ryhmäkokoa suunniteltaessa. Invertteri toimii tällöin parhaalla mahdollisella hyötysuhteella. Huawei SUN2000- 10KTL- M1 600 V (DC)

Max. input current per MPPT- Maksimisyöttövirta yhtä MPPT:tä kohden. Yksi MPPT saattaa sisältää monen ryhmän lähdöt. Pitää varmistaa, ettei virta kasva tämän arvon yli. SUN2000- 10KTL- M1 11A

Number of in MPP trackers – MPP tulojen määrä. Tämä määrittää, kuinka monta erilaista ryhmää järjestelmään voi tehdä. Yhden MPPT takana on oltava samanlaisia ryhmiä. SUN2000- 10KTL- M1 2KPL

Max. input number per MPP tracker- Lukema kertoo montako ryhmää yhden MPPT taakse voi kytkeä. SUN2000- 10KTL- M1 1KPL

3.3.3 Output (AC) – Ulostulon ominaisuudet (vaihtojännitepuoli)

Grid connection – Verkkoon liittymistyyppi. Ilmoittaa, kuinka monivaiheinen invertterin verkkoon liitettävyyden on. SUN2000- 10KTL- M1 Kolmivaiheinen

Rated output power AC – Invertterin suurin näennäisteho. SUN2000- 10KTL- M1 10000W

Rated AC output voltage – Invertterin nimellijännite. SUN2000- 10KTL- M1 230 Vac/400 Vac, 3W

Rated AC grid frequency – Verkon taajuus. SUN2000- 10KTL- M1 50 Hz/ 60 Hz

Max. output current – Invertterin maksimivirta. SUN2000- 10KTL- M1 16,9A

3.4 Kaapelointi ja suojaus

Aurinkopaneelien asennuksessa verrattaessa normaaliin sähköasennukseen suurimpana tekijänä on DC-kaapelointi. DC-kaapelointi on tasasähköä. DC-kaapeloinnissa esiintyy plus ja miinus johdin, jotka ovat kaapeloinnissa yleensä värikoodattuja (+) punainen (-) musta. Ne ovat kaksoiseristettyjä monisäikeisiä 4–10 mm² kaapeleita. Asennuksessa käytettävien sähkökaapeleiden tulee olla metalli- ja epämetalliset yksijohtimisia kaapeleita, tai eristettyjä johtimia asennettuna erikseen eristeaineisiin, asennusputkiin tai johtokanaviin. Kaapeleita ei saa asentaa suoraan katon pintaan. (Mäkitanner, J. 2023.)

Kaapeleilla, jotka aurinkosähköpaneelien alapuolella altistuvat suoraan kuumuudelle, kaapeleiden mitoituksessa vähintään 70 astetta celsiusta ympäristön lämpötila. Tasasähkökaapelit on myös syytä asentaa siten, etteivät ne ole suoraan kosketuksessa palavaan materiaaliin. Asennuksissa tulee käyttää palamattomista materiaaleista tehtyjä johtoreittejä, kuten alumiiniputkea. Tasasähkö osuuden pistokytkimien ja liittimien tulee olla samaa tyyppiä ja samalta valmistajalta. Eri valmistajan tuotteita ei saa sekoittaa keskenään. (Mäkitanner, J. 2023.)

Aurinkosähköjärjestelmässä on oltava myös potentiaalintasaus, jos paneeliston jännite $> 60V$. Potentiaalintasaukseen liitetään järjestelmän metalliset asennustelineet ja kaapelihyllyt sekä muut lähellä olevat sähköä johtavat osat. Invertterin runko liitetään myös potentiaalintasaukseen. DC-kytkimien takana on myös oltava palamatonta materiaalia. Jos seinä itsessään ei ole palamaton, on lisättävä kiviseos- tai metallilevyä. Jos käytetään metallilevyä, tulee levyn taakse jättää ilmakiertoa varten ilmarako. (Puro 2020.)

3.5 Aurinkovoimalan liittäminen yleiseen sähköverkkoon

Pientuotantolaitteiston (alle 50kVA) liittäminen yleiseen sähköverkkoon on yleensä mahdollista liittämällä suoraan normaalin liittymän kautta jakeluverkkoon. Ensin on varmistuttava, että liitettävä teho jää liittymän tehoa pienemmäksi. Mikäli näin ei ole, on sähkönjakelijan vahvistettava verkkoaan. Ennen aurinkovoimalan hankintaa on varmistettava, tarvitseeko se erillisiä lupia alueella ja soveltuuko kokoluokka liitettäväksi paikallisen jakelijan verkkoon. Jos voimala muuttaa oleellisesti rakennuksen julkisivua, on syytä selvittää rakennusviranomaisen kanta ja luvat julkisivumuutokseen. (Sähkön pientuotantolaitteiston liittäminen sähköverkkoon 2015.)

Vaativuutena voimalalle on, että jos jakeluverkosta katkeaa sähkö, on myös voimalan katkaistava syöttö automaattisesti. Näin vältetään takasyöttövaaroilta. Liittymän pääkeskuksella ja tuotantolaitteistolla on oltava takasyöttövaarasta varoittavat kyltit. Nykyaikaiset sähköenergiamittarit mitaavat energiaa kahteen suuntaan, ja tuotantolaitteiston myytävälle sähkölle jakeluverkkoyhtiö perustaa yleensä oman käyttöpaikkanumeron. Tuotantolaitteiston omistajan on myös tehtävä ostosopimus sähkönmyyntiyhtiön kanssa ylijäämänsähkön myymiseksi. (Sähkön pientuotantolaitteiston liittäminen sähköverkkoon 2015.)

Aurinkovoimalan saa kytkeä jakeluverkkoon vain sähköalan ammattilainen riittäväillä pätevyyksillä. Hänen on toimitettava jakeluverkkoyhtiölle pientuotannon yleistietolomake/käyttöönottoilmoitus, jossa urakoitsija vakuuttaa asennuksen sähköturvallisuusmääräykset, tekniset vaatimukset ja ilmoittaa laitteiston tiedot. Aurinkovoimalan saa kytkeä toimintaan vasta, kun verkkoyhtiö antaa tähän erikseen luvan. (Sähkön pientuotantolaitteiston liittäminen sähköverkkoon 2015.)

4 Aurinkosähköjärjestelmän suunnittelu ja asennus

Aurinkosähköjärjestelmä on syytä suunnitella huolellisesti ennen asennuksen aloittamista. Keskeisiä selvitettäviä asioita ovat oma sähkönkulutus, ilmansuunnat, varjot, asennuspaikka ja paneelijärjestelmän koko. Järjestelmien laskennallinen elinikä on noin 30 vuotta, joten jos aurinkovoimaa ollaan sijoittamassa katolle, kannattaa katon kunto arvioida, kestäkö se 30 vuoden ajan. Syytä on myös selvittää verkkoyhtiön rajoitukset eli kestäkö verkko ilman vahvistusta järjestelmän. (Selvitä nämä ennen hankintapäätöstä N.d.)

Aurinkosähköjärjestelmän asennukseen on hyvä käyttää ammattilaista. Aurinkovoimaloiden voimakkaan lisääntymisen takia on tullut paljon uusia säädöksiä ja standardeja, joista ei maallikolla ole tietoa. Maahantuojat ovat takuukysymyksissä tarkempia, jos työn on suorittanut maallikko tai asennuksesta löytyy kohtia, jotka ovat tehty heidän ohjeiden vastaisesti. (Aurinkopaneelin asennus itse 2023.)

4.1 Aurinkosähköjärjestelmiä koskevat säännökset

Onninen Oy:n luennolla (Mäkitanner, J. 2023.) käsiteltiin keskeisimpiä aurinkosähköjärjestelmiä koskevia standardeja ja säännöksiä. Erityisesti huomioitiin niitä säännöksiä, joissa on esiintynyt puutteita varmennustarkastuksissa. Alla nostettuna säädöksiä, joissa puutteita on esiintynyt.

- SFS 6000, luku 712: Aurinkosähköjärjestelmät.
- SFS 6000, kohta 551.7: Lisävaatimukset sähköasennuksille, joissa generaattorilaitteisto voi toimia rinnan yleisen jakeluverkon kanssa.
- SFS 6000, kohta 801.551 Pienjännitteiset generaattorilaitteistot.
- SFS-EN 50438: Tekniset vaatimukset yleisen pienjännitejakeluverkon kanssa rinnan toimiville mikrogeneraattoreille.
- SFS-EN 62446-1: Aurinkosähköjärjestelmät
- Lisäksi paikallisilla pelastusviranomaisilla saattaa olla omia vaatimuksia.

712.420.101:

Vaihtosuuntaajien ja tasasähköerotuskytkimien taustalla ja alla on oltava palamaton materiaalia, esim. sementtikuitulevyä, ellei asennusalusta ole itsessään palamaton. Mikäli palamaton materiaali on hyvin lämpöä johtavaa, tulee materiaalin ja puurakenteisen asennusalustan väliin jättää vapaa tuulettuva ilmatila, jonka avulla estetään lämpöjohtumisesta johtuvasta pyrolyysistä aiheutuva asennusalustan suurempi syttymisherkyys.

712.52:

Tasasähköosan kaapelit on valittava ja asennettava siten, että maasulkujen ja oikosulkujen riskit ovat mahdollisimman pieniä.

Käytetään

- *Metallivaipattomia yksijohtimisia kaapeleita, tai*
- *Eristettyjä johtimia asennettuna erikseen eristeaineisiin asennusputkiin tai johtokanaviin. Kaapeleita ei saa asentaa suoraan katon pintaan.*
- *Kaapeleilla, jotka aurinkosähköpaneelien alapuolella altistuvat suoraan kuumuudelle, kaapeleiden mitoituksessa vähintään 70 astetta ympäristön lämpötila.*

712.526

Jokaisen liitinparin on oltava sähköisesti ja mekaanisesti yhteensopivia sekä sovellettava käyttöympäristöön. Tasasähköosan pistokytkimien ja liittimien on oltava samaa tyyppiä ja samalta valmistajalta. Yhdessä liitoksessa ei saa käyttää eri valmistajien tuotteita. Jos tasasähköosan liitoksiin on pääsy muillakin kuin sähköalan ammattihenkilöillä tai opastetuilla henkilöillä, liitosten on oltava irrotettavissa vain avaimen tai työkalun avulla.

712.542.101:

Potentiaalintasaukseen liitetään aurinkosähköjärjestelmien metalliset asennustelineet ja kaapelihyllyt. Potentiaalintasaukseen liitetään myös lähellä asennustelineitä ja kaapelihyllyjä olevat muut johtavat osat. Huom. metallisten kattorakenteiden potentiaalintasaus voidaan toteuttaa sen asennustelineiden kautta.

SFS 6000-7-712.6.101

Tarkastukset ja testaus Standardi SFS-EN 62446-1 antaa lisävaatimuksia järjestelmän dokumentaatiolle, käyttöönottotesteille ja tarkastukselle. ⇒ ST 55.36 Aurinkosähköjärjestelmien käyttöönottopöytäkirja

1. Aistinvaraiset tarkastukset
2. Napaisuuden tarkistus = Avoimen piirin jännitteen UOC mittaus
3. Oikosulkutesti eli oikosulkuvirran ISC mittaus
4. Eristysresistanssin mittaus
5. Paneeliston potentiaalintasauksen jatkuvuus 2. ja 3. kohdan mittaukset pitäisi tehdä valoisalla (auringon säteilyvoimakkuus $>1000 \text{ W/m}^2$)

4.2 Järjestelmän suuntaus

Aurinkopaneelien paras mahdollinen ilmansuunta on kohti etelää, jotta ne saavat mahdollisimman pitkään mahdollisimman suoraan ja esteettömästi auringonvaloa. Aurinkopaneeleille paras mahdollinen asennus on varjostamattomassa tilassa, riippumatta siitä, onko paneelit asennettu katon, seinälle vai maahan. Katon korkeus mahdollistaa yleensä varjostamattomimman tilan ja siten parhaan mahdollisen auringonsäteilyn hyödyntämisen. Kattoasennuksessa käytännössä lappeen suunta määrää paneelien suuntauksen. (Aurinkopaneelien sijoittaminen ja suuntaus 2020.)



Kuvio 2. Säteilykartta (Ilmansuunta, kaltevuus, sijainti ja niiden vaikutus tuotantoon 2023.)

Ilmansuunnan lisäksi tärkeä asia on myös asennuskulma. Optimaalisin asennuskulma Suomessa on noin 35–45 astetta riippuen maantieteellisestä sijainnista. Myös ilmansuunta vaikuttaa parhaaseen mahdolliseen kulmaan. Kallistuskulmalla on myös vaikutus sähköntuotannon ajankohtaan. Pienellä kulmalla tulee tuotannossa terävämpi kausihuippu keskikesällä. Suuremmilla asennuskulmilla tuotanto on tasaisempaa läpi tuotantokauden keväästä syksyyn. (Aurinkopaneelien asentaminen 2023.)

ILMANSUUNTA ASTEKULMA	Pohjoinen	Koillinen	Itä	Kaakko	Etelä	Lounas	Länsi	Luode
5	76%	77%	81%	84%	83%	84%	81%	78%
10	72%	74%	80%	86%	89%	87%	81%	75%
15	67%	70%	79%	88%	93%	89%	81%	71%
20	62%	66%	79%	90%	95%	91%	80%	68%
25	57%	63%	78%	92%	98%	93%	80%	65%
30	52%	59%	77%	93%	99%	94%	79%	62%
35	47%	56%	76%	93%	100%	95%	79%	59%
40	43%	53%	75%	93%	101%	95%	78%	56%
45	39%	50%	73%	93%	101%	94%	77%	54%
50	36%	48%	71%	92%	100%	94%	75%	51%
55	33%	45%	70%	90%	99%	92%	73%	49%
60	31%	43%	67%	86%	97%	90%	71%	47%
90	19%	27%	49%	68%	75%	70%	52%	31%

Kuvio 3. Ilmasuunta ja kaltevuus (Ilmansuunta, kaltevuus, sijainti ja niiden vaikutus tuotantoon 2023.)

Aurinkopaneelit tuottavat parhaiten mitä viileämpi ilma on. Kevään ja kesän parhaimpina tuotantopäivinä paneelin lämpötila saattaa nousta huomattavasti ja siten laskea hyötysuhdetta ja tuotantoa. Paneelien asennustelineiden täytyisikin nostaa paneelia ilmaan kattopinnasta ja jättää paneelin ja katon väliin tuuletusrakoa riittävästi. Yksi vaihtoehto on nostaa paneelia lisäkulmaan kattoon nähden erillisellä asennuskolmiolla. Tämä parantaa loivilla katoilla asennuskulmaa ja samalla tuulettaa kuumaa paneelia paremmin. Toisaalta Suomen ilmastossa lisäkulmaan nostaminen kerää talvella enemmän lunta, kuin katon suuntaisesti asennettu paneeli ja rasittaa kiinnikkeitä enemmän. (Aurinkopaneelien asentaminen 2023.)

Aurinkovoimalaa suunnittelevalla onkin paljon pohdittavaa, mikä yhdistelmä on paras ratkaisu omalle voimalalle. Yhtenä tärkeänä tekijänä valinnassa voisi olla sähkön kulutuksen ajoittaminen. Etelän suuntaan sijoitettu aurinkovoimala tuottaa eniten sähköä keskipäivällä. Tällöin voisi olla järkevää kellottaa vesivaraaja tai sähköautonlataus tapahtumaan keskipäivällä, jos se on mahdollista. Leipomoissa, jonka ylivoimainen kulutuspiikki tapahtuu aamulla, voisi olla järkevää asentaa järjestelmä hiukan itään, jolloin aurinkopaneelienkin huipputuotto olisi aamulla. (Aurinkopaneelien sijoittaminen ja suuntaus 2020.)

4.3 Aurinkosähköjärjestelmien kiinnitystavat

Aurinkopaneelit asennetaan tyypillisesti katolle, seinälle tai maahan. Tässä kappaleessa käsitellään katolle tulevia kiinnitysratkaisuja. Harjakatto tuo aurinkopaneeleille luonnollisen asennuskulman ilman ylimääräisiä telineitä. Aurinkopaneelien kiinnitystelineet asennetaan tyypillisesti kiinteäksi rakennelmaksi katolle. Kiinnitystelineiden päämateriaali markkinoilla on alumiini. Alumiini ei ruostu, on kevyttä ja kestävä. Lisäksi alumiini takaa hyvän sähkönjohtavuuden ja asennustelineiden maadoitus on varmempi. Ennen kiinnitystä on syytä huomioida katon kunto, kestäkö se 30 vuoden ajan. Kiinteän telineen etuna on sen huoltovapaus ja tukevuus. Kiinnitystelineet on asennettava mahdollisimman varjottomalle paikalle, jos katolla ei ole tällaista tilaa, kannattaa harkinta muuta sijoitteluratkaisua. (Kiinnitysteline. N.d.)

Paneelit voidaan asentaa katolle pystyyn tai vaakaan. Useat paneelit halutaan kuitenkin yleensä asentaa pystyyn, jotta asennuskiskot saadaan aurinkopaneelin pitkälle sivulle tukemaan paneelin runkoa lumikuormalta. Aurinkopaneelien vaakaan asennus onnistuu kahdella ristikkäisellä kerroksella asennuskiskoja. Tällä tavalla saadaan aurinkopaneelin pitkälle sivulle tuki vaaka-asennuksessa. (Kiinnitysteline. N.d.)



Kuvio 4. 1-kerrostelineessä on vain yhdessä tasossa olevat alumiiniprofiilit. Tähän telineeseen aurinkopaneelit tulevat pystyyn lappeen suuntaisesti. (Galleria 2023.)



Kuvio 5. 2-kerrostelineessä on kahdessa tasossa alumiiniprofiilit. Tähän telineeseen aurinkopaneelit tulevat vaakaan lappeen suuntaisesti. (Kiinnitysteline. N.d)

Harjakaton perinteisiä kattotyyppjä ovat profiilipeltikatto, tiilikatto, konesaumapeltikatto, huopakatto ja tiilikuvioinen peltikatto. Näille kaikille kattotyypeille löytyy omat kiinnikkeet. Kiinnikkeet nostavat paneelikenttää irti katosta, jotta paneelit eivät kuumene liikaa. (Kiinnitysteline. N.d.)



Kuvio 6. Kiinnikkeitä eri kattotyypeille (Harjakatoille-delta. N.d.)

Tasakatot ovat tyypillisesti suomessa bitumikermikattoja veden seisomisen takia. Katon tulee kestää veden ja lumen paine. Tasakatoille on olemassa monenlaisia asennusjärjestelmiä. Yleensä nämä ovat kelluvia eli kattoon ei tehdä ollenkaan reikiä. Yleisimmät ratkaisut ovat hitsattavat bitumikiinnikkeet tai painoperusteiset asennukset. Tasakattoasennuksissa tulee ottaa huomioon tuulija kattokuormat. Tähän on olemassa monen eri valmistajan laskureita tai valmistajan insinöörit laskevat kuormat kohdekohtaisesti tilausvaiheessa. (Kiinnitysteline. N.d.)

5 Aurinkovoimalan kannattavuus

Aurinkopaneelien tuottoon vaikuttaa järjestelmän koko, laatu, sijainti ja ilmansuunnat. Kannattavuuteen vaikuttaa sähkön-, siirron hinta ja hankintakustannus. Sään vaihtelu vuosittain ei vaikuta aurinkopaneelien vuosituotantoon kuin 3–5 prosenttia. Aurinkosähkön tuottokausi on helmikuusta marraskuun vaihteeseen. Muut kuukaudet ovat merkityksettömiä tuoton kannalta. (Aurinkopaneelien kannattavuus ei riipu säätiloista-pilvinenkin kesä voi olla tuottoisa. N.d.)

Kannattavuutta laskiessa iso merkitys on omalla käyttöasteella. Kuinka paljon on mahdollista aurinkosähköstä käyttää itse. Mitä enemmän pystyy sähköä käyttämään omassa taloudessa, säästää energiamaksun lisäksi myös siirtomaksun ja sähköveron. Ylijäämä sähkö, joka myydään verkkoon, ei tällä hetkellä kannata niin hyvin, sillä siitä maksetaan vain pörssisähkön mukaan. Pörssisähkön hinnalla on suurin merkitys taloudellisen kannattavuuden kannalta. (Aurinkopaneelien kannattavuus ei riipu säätiloista-pilvinenkin kesä voi olla tuottoisa. N.d.)

Kotitalouteen aurinkovoimalan asennukseen on mahdollista saada valtion tukea tai työstä 40 % kotitalousvähennystä. Aurinkovoimala nostaa myös kiinteistön arvoa. Tarkkaa kannattavuuslaskelmaa on siis mahdoton tehdä koska seuraavan 30 vuoden sähköhintaa on mahdotonta ennustaa. Myös tuona aikana kotitalouden sähkön kulutus voi muuttua, joka vaikuttaa radikaalisti laskelmiin. (Aurinkopaneelien kannattavuus ei riipu säätiloista-pilvinenkin kesä voi olla tuottoisa. N.d.)

6 Aurinkovoimalan mitoitustyökalu

Tässä kappaleessa esitellään opinnäytetyöprosessissa syntynyttä mitoitustyökalua. Työkalu perustuu lähtötietoihin, jotka kysytään asiakkaalta. Lähtötietojen perusteella voidaan alkaa haarukoi- maan asiakkaalle sopivan kokoista järjestelmää ja vertailemaan hintoja pelkästään voimalan kokoa muuttamalla. Laskuri antaa myös tarkempia tietoja kannattavuudesta ja takaisinmaksuajasta. Lähtötietojen syöttökenttien viereen on myös lisätty muistio helpottamaan tarjouslaskijan tietojen syöttöä. Työkalun näkymä on alkeellinen ja se ei käytä ylimääräisiä valintaikkunoita mahdollisuuksia mahdollisesti tulevan verkko version koodaamisen heloittamiseksi.

Tarjous materiaali täytä kohteessa														
Nimi:	Topi Lehtoranta													
Osoite:	Terhotie 8 As3													
Yritys:														
Postinumero:	40250													
Pääsulakekoko:	3x25	A	Vaihtoehdot:	3x25	3x35	3x50	3x6:	17,25kW						
Katonsmateriaali:	Konesauma		Vaihtoehdot:	Tiili	etti/huoponsauma									
Vp:	10000	w	Vaihtoehdot:	3000	4000	5000	**	8000	10000	12000	***	**		
Muut kustannukset perus asennuksen lisäksi:		€												
Kiinteistön vuorokausikohtaisesta sähkönkulutuksesta maksiminenus	40.00 %	%												
Sähkönenergian ostohinta	5.4	snt/kWh												
Tammikuu kulutus	1400	kWh												
Helmi-kuu kulutus	1300	kWh												
Maaliskuu kulutus	1300	kWh												
Huhtikuu kulutus	1000	kWh												
Toukokuu kulutus	950	kWh												
Kesäkuu kulutus	800	kWh												
Heinäkuu kulutus	800	kWh												
Elokuu kulutus	850	kWh												
Syyskuu kulutus	900	kWh												
Lokakuu kulutus	1000	kWh												
Marraskuu kulutus	1100	kWh												
Joulukuu kulutus	1200	kWh												
Aurinkosähkön gliijämän mgntihinta (MWh/kk)	3	snt/kWh												
Energiaperusteinen sähkön siirtohint	3.7	snt/kWh												
Sähkövero ja huoltovarmuusmaksu	2.8	snt/kWh												
Ostosähkön arvonlisävero	0.24	%	skset ja kunnat 0%, kuluttajat:											
Arvio ostosähkön hinnan noususta %/v	0.005	%												
Mahdollinen investointituki, kotitalousvähennys tms. alkuinvestoinnista, %		%												
Inverterin vaihdon kustannus, osuus alkuinvestoinnista. Oletettu tapahtuvan kerran aurinkosähköljärjestelmän elinaikana 15. vuotena.	0.15	%												
Vuotuiset ylläpitokulut (vakuutukset, huolto tms. kulut)	0	€												
Kattokulma	15	Astetta	10	15	30	40	60	90	Vaihtoehto asteet					
Ilmansuunta	Loukas		Itä	Kaakko	Etelä	Loukas	Länsi	Pohjois	Vaihtoehdot					

Kuvio 7. Laskurin lähtötietonäkymä

Kuvitteellisen Omakotitalo 1 lähtötiedot

- Postinumero: 40250
- Pääsulakekoko: 3x25A
- Kattomateriaali: Konesauga
- Wp: 10000w
- Maksimiosuus kulutuksesta, jonka voi tuottaa omalla aurinkosähköllä: 40 %
- Sähköenergian ostohinta: 5,4 snt
- Tammikuu kulutus: 1400 kWh
- Helmikuu kulutus: 1300 kWh
- Maaliskuu kulutus: 1300 kWh
- Huhtikuu kulutus: 1000 kWh
- Toukokuu kulutus: 950 kWh
- Kesäkuu kulutus: 800 kWh
- Heinäkuu kulutus: 800 kWh
- Elokuu kulutus: 850 kWh
- Syyskuu kulutus: 900 kWh
- Lokakuu kulutus: 1000 kWh
- Marraskuu kulutus: 1100 kWh
- Joulukuu kulutus: 1200 kWh
- Aurinkosähkön ylijäämän myyntihinta: 3 snt
- Siirtohintaa: 3,7 snt
- Sähkövero ja huoltovarmuusmaksu: 2.8 snt
- Ostosähkön arvolisävero: 24 %
- Mahdollinen investointituki, kotitalousvähennys: 0 %
- Kattokulma: 15 astetta
- Ilmansuunta: Lounas

Laskurin lähtötiedot ovat asiakkaalle helppoja yleistietoja tai ne pitäisi pystyä selvittämään helposti vanhoista sähkölaskuista. Laskuri ei osaa huomioida vielä kattokulmaa, kuin viiden asteen tarkkuudella, mutta sitä on helppo kehittää tarkemmaksi. Myös postinumeron perusteella tuleva valon määrä on vielä karkea arvio maakunnan perusteella. Nämä tarkentavat kysymykset myyjä täyttää ja selvittää itse paikan päällä toistaiseksi.

Lähtötietojen jälkeen laskuri myös kertoo, mikä on aurinkovoimalan maksimikoko pääsulakekoon perusteella. Kuvio 7:ssä on lähtötietojen syöttönäkymä käyttäjälle. Excel-laskurissa on erillisiä auttavia välilehtiä, joissa on laskurin tietoperusta. Näitä välilehtiä on helppo tarkentaa ja lisätä tietoa laskurin jatkokehityksessä. Laskuri siis poimii tarvittavat laskennalliset tiedot välilehdiltä annettujen lähtötietojen perusteella. Se poimii myös yrityksen hinnaston hintatiedot erilliseltä Excel-tiedostolta yrityksen sisäisestä verkosta. Tätä en voinut tähän opinnäytetyöhön lisätä, vaan tein kuvitteellisen hinnaston.

Laskurin aloituspohjana on käytetty Finnsolar-laskuria. (Aurinkosähkön kannatavuuslaskuri. N.d.) Laskuriin on lisätty PVGIS sivustolta (PHOTOVOLTAIC GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM. 2022.) saatua tietoa tietyn postinumeron mukaan saatavasta kuukausittaisesta valon määrästä kWh/m²/pv. Kuukaudessa olevien päivien mukaan saadaan hyvinkin tarkka arvio auringon valon määrästä kyseisellä alueella per kuukausi. Kun valonmäärä kerrotaan kennoston neliömäärällä ja hyötysuhteella, saadaan aurinkovoimalan kuukausittainen sähkön tuotto. Aurinkopaneelikennoston kokoa varten on syötetty Voltium Oy:n yleisimmän myytävän paneelin mitat ja teho.

Aurinkopaneeli kentän pinta-alan laskukaava.

$$A = \left(\frac{kWp * 1000}{430w} \right) * 1,95m^2$$

A = pinta-ala

kWp = Paneeliston koko yhteenlasketut piikkikilowatit

430w = Yleisimmän myytävän paneelin piikkiwatit

1,95m² = Yleisimmän myytävän paneelin pinta-ala

Tällä laskukaavalla Excel-laskuri laskee pinta-alan koon lähtötietojen kWp lukua vaihtamalla. Samalla vaihtuu kuukausikohtaiseen tuotantoon pinta-alan määrä vain lähtötietoja muuttamalla.

Kuukausikohtaisen aurinkosähkön tuotannon laskukaava. kWh/kk

$$Vm = As * Pm * A * H$$

Vm = Aurinkosähkön tuotanto kWh/kk

As = Auringonsäteily kWh/m²/pv

Pm = Päivien määrä kuukaudessa

A = Aurinkopaneelien pinta-ala

H = Aurinkosähköjärjestelmän hyötysuhde %

Tämä kaava kertoo optimaalisessa kulmassa olevan aurinkosähköjärjestelmän kokonaistuotannon. Laskurin apuvälilehdellä on taulukko, josta selviää eri kattokulmien ja ilmansuuntien vaikutus prosentteina tuottoon. Esimerkiksi 10 asteen kulma tarkoittaa 90 % tuottoa yllä olevasta aurinkosähköntuotannosta kWh/kk. Itään asennettuna 80 %. Tässä esimerkkitapauksessa laskuri kertoo 0,8:lla ja 0,9:llä kokonaistuotannon, jolloin saadaan huomioitua kattokulmien ja asennusilmansuuntien vaikutukset. Aurinkosähköä omaan käyttöön saadaan helposti kertolaskulla kertomalla

kuukausikohtainen kulutus lähtötiedoissa olevalle kiinteistön vuorokausikohtaisesta sähkökulutuksesta maksimiosuus, jonka voi tuottaa omalla aurinkosähköllä (prosentteina) ja vähentämällä tästä tuotannon.

Myyntiin menevä osuus lasketaan aurinkosähkön tuotanto(kWh) miinus aurinkosähköä omaan käyttöön (kWh). Ostosähkötarve on kuukausikohtainen kulutus miinus Aurinkosähköä omaan käyttöön. Rahalliset summat saadaan kertomalla lähtötietojen syötetyillä hinnoilla. Alla kuvio 8, jossa esillä laskurin kohta, jossa tapahtuu yllä olevat laskelmat ja tuotannon laskeminen. Tämä kohta laskurissa käsittelee kuukausi ja vuosikohtaisia arvoja.

Kiinteistön aurinkosähköjärjestelmän mitoitus											
Aurinkosähköjärjestelmän mitoituksen arvioimiseksi täytyä lähtötiedot punaisiin soluihin:											
Aurinkosähköjärjestelmän koko tehona Wp				10000	Wp						
Aurinkosähköjärjestelmän hyötysuhde % (suhde, jolla säteily määrä saadaan talteen)				20	%						
Kiinteistön vuorokausikohtaisesta sähkökulutuksesta maksimiosuus, jonka voi tuottaa omalla aurinkosähköllä %				40	%						
Järjestelmän koko paneelien pinta-ala m ²				45,3	neliometriä						
Sähköenergian ostohinta				5,4	sentti/kWh						
Kuukaudet	Paivien määrä kuukaudessa	Kiinteistön kuukausikohtainen sähkönkulutus kWh/kk	Auringon säteily kWh/m ² /pv sijainnin mukaan	Sähkön ostohinta €/MWh/kk	Aurinkosähkön ylijaaman myyntihinna €/MWh/kk	Aurinkosähkön tuotanto kWh/kk	Aurinkosähkön omaan käyttöön kWh	Aurinkosähkön myyntiin kWh	Sähkön ostotarve kWh	Omaan käyttöön tuotetun aurinkosähkön arvo €	Sähkön myyntitulot €
Tammikuu	31	1400	0,28	54,0	30,0	80	0	1320	4,32 €	0,00 €	0,00 €
Helmi	28	1300	1,30	54,0	30,0	329	329	0	971	17,78 €	0,00 €
Maaliskuu	31	1300	3,67	54,0	30,0	1032	520	512	780	55,71 €	15,35 €
Huhtikuu	30	1000	4,55	54,0	30,0	1238	400	838	600	66,87 €	25,15 €
Toukokuu	31	950	4,61	54,0	30,0	1297	380	917	570	70,06 €	27,52 €
Kesäkuu	30	800	5,12	54,0	30,0	1394	320	1074	480	75,27 €	32,22 €
Heinäkuu	31	800	5,34	54,0	30,0	1502	320	1182	480	81,08 €	35,45 €
Elokuu	31	850	3,91	54,0	30,0	1099	340	759	510	59,32 €	22,76 €
Syyskuu	30	900	3,43	54,0	30,0	932	360	572	540	50,33 €	17,16 €
Lokakuu	31	1000	1,75	54,0	30,0	492	400	92	600	26,56 €	2,76 €
Marraskuu	30	1100	0,40	54,0	30,0	109	109	0	991	5,38 €	0,00 €
Joulukuu	31	1200	0,12	54,0	30,0	34	34	0	1165	1,85 €	0,00 €
Yhteensä	365	12600				8338	3141	5197	9007	515,0 €	178,4 €
Aurinkosähköjärjestelmän vuosituotto				8338	kWh/v						
Aurinkosähkön myyntiin tai ylijaaman osuus % vuodessa				62	%						

Kuvio 8. Laskentanäkymä kuukausi- ja vuosikohtaiset arvot

Laskurin seuraavassa vaiheessa käytetään hyväksi yllä saatuja kuukausi- ja vuosikohtaisia tietoja ja perehdytään laskemaan koko 30 vuoden elinkaaren kannattavuutta. Ensimmäisessä sarakkeessa on vuodet. Toisessa laskuri laskee aurinkopaneelin vuotuisen sähköntuotannon vähenemän. Tämä johtuu paneelien rappeutumisesta ja hyötysuhteen laskusta. Esimerkkitapauksessa tämä on 0.04 % ja laskuri kertoo vuosi vuodelta 0.996 vuosituotannon.

Seuraavassa sarakkeessa on arvio ostosähkön hinnan noususta. Esimerkki laskelmassa tämä on 0.5 % vuodessa. Tämäkin on yksinkertainen kertolasku taulukossa joka vuodelle. Seuraava sarake on aurinkosähkön tuotantoa vastaavan ostosähkön arvo eur/v. Tässä kerrotaan edelliset kaksi saraketta, tuotanto kertaa ostosähkön hinta.

Aurinkosähkön tuotantokustannukset tulee seuraaviin neljään sarakkeisiin. Nämä yritettiin pitää yksinkertaisina ja jätettiin lainat ja niiden korot pois laskurin syöttömahdollisuuksista kokonaan. Taulukkoon tulee investoinnin kertamaksu ja 15 vuoden kohdalle invertterin vaihdon kustannus. Lisäksi on mahdollista lisätä vuotuisen ylläpitokustannukset, mutta ne jätettiin esimerkkilaskelmasta pois.

Seuraavat kaksi saraketta keskittyvät aurinkosähkön ylijäämään. Ensimmäinen sarake on aurinkosähkön ylijäämän myyntihinta vuosien varrelle. Tämä kertoo esimerkkilaskelmassa 0.5 % ostosähkön hinnan nousulla joka vuosi. Samalla arvolla nousee myös myyntihinnan arvo. Toinen sarake on aurinkosähkön ylijäämän myyntituotot. Siinä lasketaan Sähköntuotanto x Aurinkosähkön ylijäämän osuus % vuosituotannosta x Ylijäämän myyntihinta saadaan joka vuodelle tarkka euro määrä myytävästä sähköstä.

Viimeisiin sarakkeisiin kiteytyy aiempien sarakkeiden tiedot ja näissä keskitytään tuotto ja talouslaskelmiin, jotka ovat ehkä ne tärkeimmät laskelmat asiakkaan silmissä. Ensin on kassavirta €/v. Tässä vähennetään aurinkosähkön kustannukset, ylläpito- ja investointikustannuksista aiemmissä sarakkeissa. Miinustetaan aurinkosähkön tuotantoa vastaavan ostosähkön arvo eur/v. Tätä tehdään koko 30 vuoden ajalta. Näin saadaan 30 vuoden kassavirta laskettua. Seuraavana on investoinnin kumulatiivinen tuotto €/v. Tämä saadaan, kun yhteenlasketaan kassavirtalaskelmaa vuosi vuodelta. Samalla nähdään helposti, missä kohtaa järjestelmä on maksanut itsensä takaisin ja luku muuttuu positiiviseksi. Viimeinen sarake onkin yksinkertainen logiikkatesti, kun luku on alle 0 tulostuu vuoden kohdalle numero 1. Kun yli 0 tulostuu luku 0. Nämä rivit summaamalla saadaan takaisinmaksu vuodet. Kuviossa 9 nähdään kaikkien sarakkeiden näkymä.

Aurinkosähkön kustannus- ja tuottolaskelmat järjestelmän elinkaaren aikana:												
Aurinkosähkön järjestelmän pitoaika ja tuotanto		Aurinkosähkön vertailukustannukset		Aurinkosähkön tuotantokustannukset			Aurinkosähki		Aurinkosähkön tuotto- ja			
Järjestelmän pitoaika vuosina	Aurinko- sähkön tuotanto kWh/v	Ostosähkön hankinta- kustannus eur/kWh	Aurinkosäh- kön tuotantoa vastaavaan ostosähkö- n arvo eur/v	Investoinnin kertamaksu tai lainaerät t/v	Ylläpito- ja huoltokulu t eur/v	Aurinkosä- hkön kustannuk- set yhteensä eur/v	Aurinko- sähkön ylläjä- n myynti- hinta eur/v	Aurinko- sähkön tuotann on arvo yhteensä eur/v	Kassavir- ta eur/v	Takais- in kumula- tiivinen tuotto eur/v		
1	8338	0.151	1230.4	111724	0.0	111724.0	10.03	155.9	1619.4	-10434	-10434	1
2	8395	0.151	1231.6		0.0	0.0	10.03	156.1	1620.0	1232	-9262	1
3	8272	0.151	1232.8		0.0	0.0	10.03	156.2	1620.6	1233	-8029	1
4	8238	0.151	1234.0		0.0	0.0	10.03	156.4	1621.2	1234	-6795	1
5	8205	0.151	1235.2		0.0	0.0	10.03	156.5	1621.8	1235	-5560	1
6	8173	0.151	1236.4		0.0	0.0	10.03	156.7	1622.4	1236	-4324	1
7	8140	0.151	1237.6		0.0	0.0	10.03	156.8	1623.0	1236	-3086	1
8	8107	0.151	1238.8		0.0	0.0	10.03	157.0	1623.6	1239	-1847	1
9	8075	0.151	1240.0		0.0	0.0	10.03	157.1	1624.2	1240	-607	1
10	8043	0.151	1241.3		0.0	0.0	10.03	157.3	1624.8	1241	634	0
11	8010	0.151	1242.5		0.0	0.0	10.03	157.5	1625.5	1242	1977	0
12	7978	0.151	1243.7		0.0	0.0	10.03	157.6	1626.1	1244	3120	0
13	7947	0.151	1244.9		0.0	0.0	10.03	157.8	1626.7	1245	4365	0
14	7915	0.151	1246.1		0.0	0.0	10.03	157.9	1627.3	1246	5611	0
15	7883	0.151	1247.4		0.0	11758.6	10.03	158.1	1627.9	-511	5300	0
16	7852	0.151	1248.6		0.0	0.0	10.03	158.2	1628.5	1249	6349	0
17	7820	0.151	1249.8		0.0	0.0	10.03	158.4	1629.1	1250	7598	0
18	7789	0.151	1251.0		0.0	0.0	10.03	158.5	1629.8	1251	8849	0
19	7758	0.151	1252.3		0.0	0.0	10.03	158.7	1630.4	1252	10102	0
20	7727	0.151	1253.5		0.0	0.0	10.03	158.9	1631.0	1253	11355	0
21	7696	0.151	1254.7		0.0	0.0	10.03	159.0	1631.6	1255	12610	0
22	7665	0.151	1255.9		0.0	0.0	10.03	159.2	1632.2	1256	13866	0
23	7634	0.151	1257.2		0.0	0.0	10.03	159.3	1632.9	1257	15123	0
24	7604	0.171	1258.4		0.0	0.0	10.03	159.5	1633.5	1258	16381	0
25	7573	0.171	1259.6		0.0	0.0	10.03	159.6	1634.1	1259	17641	0
26	7543	0.171	1260.9		0.0	0.0	10.03	159.8	1634.7	1261	18902	0
27	7513	0.171	1262.1		0.0	0.0	10.03	159.9	1635.3	1262	20164	0
28	7483	0.171	1263.3		0.0	0.0	10.03	160.1	1636.0	1263	21427	0
29	7453	0.171	1264.6		0.0	0.0	10.03	160.3	1636.6	1265	22692	0
30	7423	0.171	1265.8		0.0	0.0	10.03	160.4	1637.2	1266	23958	0
YHTEENSÄ	236161		137440			11758.6	113482.6	14744.7	11266	123958	9	
Yhteenveto investoinnin tuotto- ja kannattavuuslaskelmat												
Takaisinmaksuaika laskentakorolla												
9 vuotta												
Vertaa:												
Aurinkosähkön omakustannushinta 30 vuoden pitoajalla												
5.7 snt/kWh												
Arvioitu ostosähkön keskimääräinen hinta 30 vuoden aikana												
15.9 snt/kWh												

Kuvio 9. Laskurin näkymä koko elinkaaren laskenta.

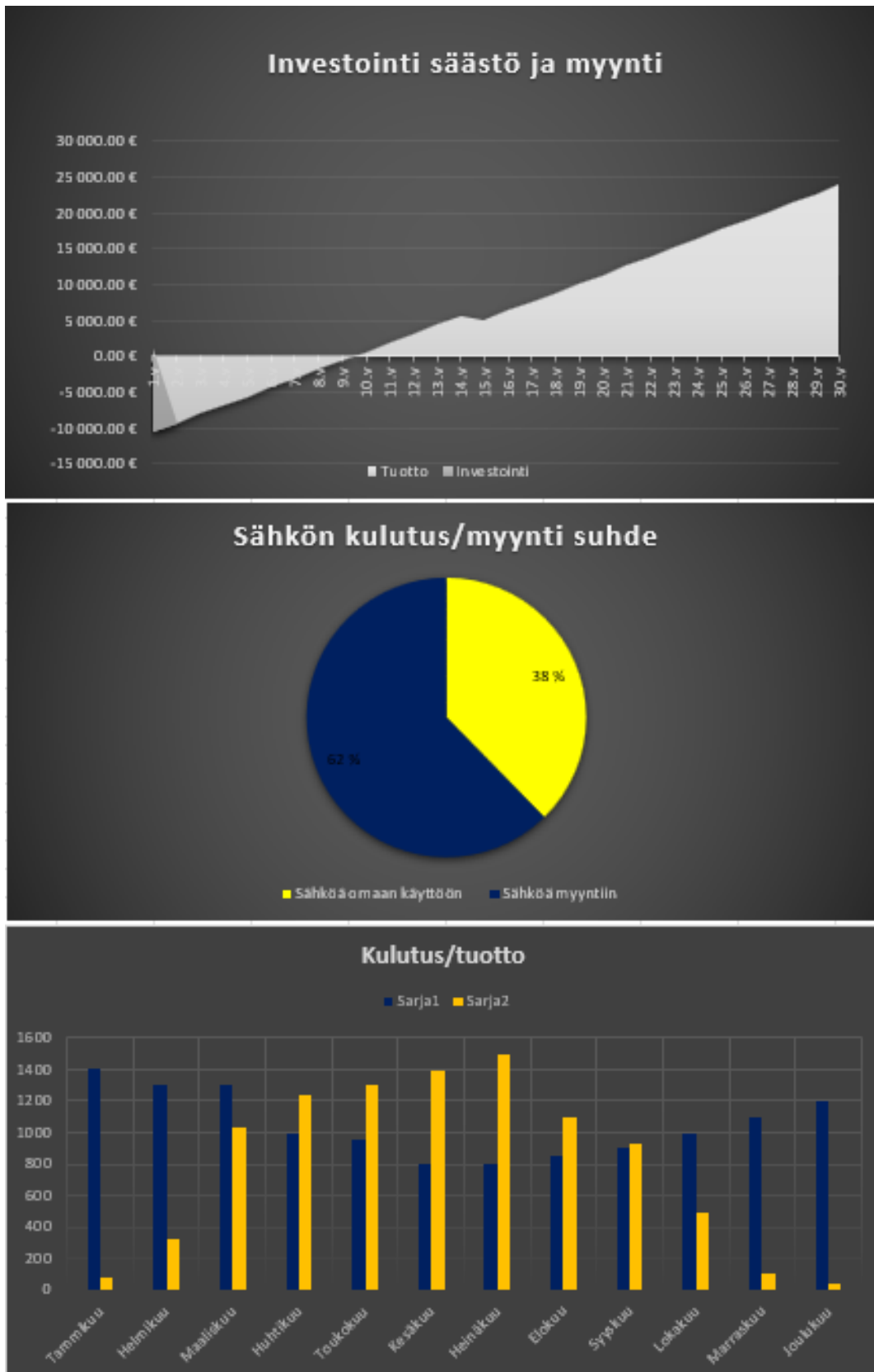
Laskurin tulokset esimerkki kohteessa:

- Järjestelmän koko paneelien pinta-alana: 45 m²
- Aurinkosähkijärjestelmän vuosituotto: 8338 kWh
- Aurinkosähköä omaan käyttöön: 3141 kWh
- Aurinkosähköä myyntiin: 5197 kWh
- Voimalan hinta: 11 724 €
- Aurinkosähkön tuotannon arvo yhteensä €/vuosi: 619 €
- Takaisinmaksuaika laskenta korolla: 9 vuotta
- Aurinkosähkön omakustannushinta 30 vuoden aikana: 5,71 snt/kWh
- Arvioitu ostosähkön keskimääräinen hinta 30 vuoden aikana (Sähkö+siirto+vero+Alv): 15,88 snt/kWh

Laskurissa on myös oma sivu asiakkaalle, josta löytyvät oleelliset mitoitukset ja kannattavuustiedot kohteesta myös graafisesti esitettynä, jotta maallikkin on helppo ymmärtää laskurin tuloksia. Tämä on myös helppo tulostaa erilliseksi pdf-tiedostoksi asiakkaalle lähetettäväksi.

MITOITUS JA KANNATTAVUUS		VOLTIIUM	
Päivämäärä ja aika			Harus 6
21.11.2023 14:23			Jyväskylä 40640
			400 860 554
			info@voltium.fi
ASIAKAS			
Nimi:	Topi Lehtoranta		
Osoite:	Terhotie 8 As3		
Yritys:	0		
Postinumero:	40250		
Pääsulakekoko:	3x25		
Kattomateriaali:	Konesauma		
Järjestelmän koko:	10 kwp		
MITOITUS			
Suhde, jolla säteily määrä saadaan talteen %			20 %
Maksimiosuus sähkön kulutuksesta, jonka voi tuottaa omalla aurinkosähköllä %			40 %
Järjestelmän koko paneelien pinta-alana m ²			45
Sähköenergian ostohinta snt/kWh			5.4
Kiinteistön vuosikohtainen sähkön kulutus kWh/Vuosi			12600
Aurinkosähköjärjestelmän vuosituotto			8338
Aurinkosähköä omaan käyttöön kWh/Vuosi			3141
Aurinkosähköä myyntiin kWh/Vuosi			5197
Paketin hinta			11 724 €
KANNATTAVUUS			
1. Vuodessa			
Aurinko- sähkön tuotanto kWh/v		8338	
Aurinkosähkön tuotantoa vastaavan ostosähkön arvo eur/v		12301	
Aurinkosähkön ylijäämän myyntituotot eur/v		1561	
Aurinkosähkön tuotannon arvo yhteensä eur/v		6191	
30. Vuodessa			
Aurinko- sähkön tuotanto kWh/30.v		236161	
Aurinkosähkön tuotantoa vastaavan ostosähkön arvo eur/30.v		37 4401	
Aurinkosähkön ylijäämän myyntituotot eur/30.v		4 7451	
Aurinkosähkön tuotannon arvo yhteensä eur/30.v		18 8471	
Takaisinmaksuaika laskentakorolla			
Aurinkosähkön omakustannushinta 30 vuoden pitoajalla		5.71 snt/kWh	
Arvioitu ostosähkön keskimääräinen hinta 30 vuoden aikana		15.88 snt/kWh (Sähkö+Siirto+Vero+ Alv)	
Sijoituksen tuotto prosentti		5.28 %	

Kuvio 10. Asiakkaan raportti



Kuvio 11. Asiakkaan raportti

7 Pohdinta

Opinnäytetyön tarkoitus oli kehittää pienelle uudelle yritykselle helppokäyttöinen yksinkertainen pohja mitoitus- ja kannattavuuslaskurille, jota pystyy muokkaamaan ilman suurempia tietoteknisiä taitoja tulevaisuudessa. Laskurityökalu on suunniteltu nimenomaan pientalojen ja pienien kohteiden nopeaan tarjoamiseen ja asiakkaalle mitoitus- sekä kannattavuusmateriaalin luomiseen.

Laskuri oli toteutettu valmiiksi ennen opinnäytetyön kirjallisen raportin kirjoituksen aloittamista. Laskuri oli loppukesän yrityksen aktiivisessa käytössä ja sille tehtiin pieniä korjauksia, kun niitä huomattiin. Laskurin ulkoasu jätettiin pelkistetyksi ja sitä ei yritettykään tehdä liian hyvin, koska tarkoitus on muokata laskurista jonkinlainen tablettiversio tulevaisuudessa.

Laskuria tehdessä huomattiin, että tarkan ja luotettavan laskelman saamiseksi tarvitaan paljon lähtötietoja ja näkemystä. Pelkät luvut eivät riitä, vaan kohteessa pitää osata paikan päällä arvioida varjot ja mahdolliset muut esteet. Vertailujen perusteella laskurista tuli kuitenkin riittävän tarkka, sillä annetut arvot ovat kuitenkin arvioita. Suurin epävarmuustekijä tulee asiakkaan omasta kulu- tuksesta ja kuinka paljon sitä ohjataan aurinkopaneelien tuottoon. Tulevaisuudessa kotitalouksien kulutus myös saattaa muuttua, jonka takia laskurin tuottamat arvot ovat vain arvioita.

Laskuri toimii yrityksellä mitoittamisen ja tarjouslaskennan työkaluna ja sitä tullaan jatkossa hyö- dyntämään pohjana verkkosivustolle tulevalle laskurille. Ideana on myös työstää tämän työkalun perusteella yrityksen työntekijöille tablettiversio, jolla tarjouslaskentaa ja sen tuloksien seuranta pystytään toteuttamaan tehokkaammin.

Opinnäytetyö antaa lukijalle perustietämystä aurinkovoimasta ja sen turvallisesta ja oikeaoppi- sesta asentamisesta. Laskurista tehtiin pientaloille sopivaksi, koska isommissa kohteissa tulee asennukseen enemmän vaatimuksia ja muuttujia. Kiinteän hinnan laskenta on kWp:n perusteella mahdotonta, sillä jokainen isompi kohde on yksilö.

Akustoa ei myöskään otettu työkaluun mukaan sen heikomman kysynnän takia ja koska laskenta- työkalu haluttiin pitää mahdollisimman tarkkana. Akustoja aurinkovoimalan rinnalla voidaan käyt- tää monella tapaa ja kaikki käyttötavat antavat hieman eri takaisinmaksuaikoja. Tämän takia jo

opinnäytetyön alkuvaiheessa päätettiin, että akustoja ei oteta laskentatyökaluun mukaan ollenkaan. Puolen vuoden aikana laskentatyökalu on ollut aktiivisessa käytössä ja sitä on kehitetty matkan varrella. Kehitystyötä jatketaan myös tulevaisuudessa ja aletaan suunnittelemaan asiakkaille soveltuvaa verkkoversiota.

8 Kehittämistyön luotettavuus ja eettisyys

Aurinkopaneelit ovat olleet pinnalla erityisesti viimeisen viiden vuoden aikana. Aurinkosähköjärjestelmiä tarjoavia kaupallisia tahoja on tällä hetkellä paljon. Opinnäytetyössä lähteeksi päätyi paljon kaupallisia lähteitä. Työn lähteet eivät ole kaikista tieteellisimpiä ja akateemisia, mutta tarkoitus oli löytää mahdollisimman tuoretta tietoa aurinkopaneelijärjestelmistä. Jo kolmen vuoden aikana paneelit ovat kehittyneet hurjasti ja vanhat lähteet eivät enää pidä paikkaansa. Työssä käytetyt lähteet ovat pääsääntöisesti 2020-luvulta eli sisältävät todella ajankohtaista tietoa.

Viimeisen kahden vuoden aikana sähkön hinta on vaihdellut voimakkaasti. Eri lähteissä on ollut vaihtelevaa tietoa mitoituksesta ja kannattavuudesta riippuen, milloin lähteen tietoja on päivitetty esimerkiksi sähkön hinnan osalta. Tuotteita myyvät tahot pysyvät parhaiten ajan hermolla tuotekehityksen ja sähkön hinnan osalta, jonka takia kaupallisia lähteitä käytettiin paljon työssä. Kaikki käytetyt lähteet ovat merkitty raportointiohjeen mukaisesti opinnäytetyöhön.

Lähteet

Auringosta sähköä. 2022. Artikkelin Motivan www-sivustolla. Viitattu 30.11.2023. https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/aurinkosahkon_perusteet/auringosta_sahkoa

Aurinkopaneelin asennus itse. 2023. Artikkelin Wirmaxin www-sivuilla. Viitattu 30.11.2023. <https://wirmax.fi/aurinkopaneelien-asennus-itse/>

Aurinkopaneelien asentaminen. 2023. Artikkelin Motivan www-sivustolla. Viitattu 30.11.2023. https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/hankinta_ja_asennus/aurinkopaneelien_asentaminen

Aurinkopaneelien kannattavuus ei riipu säätiloista-pilvinenkin kesä voi olla tuottoisa. N.d. Artikkelin Lumme energian www-sivuilla. Viitattu 30.11.2023. <https://www.lumme-energia.fi/blogi/aurinkosahkon-kannattavuus-ei-riipu-saatiloista-pilvinenkin-kesa-voi-olla-tuottoisa>

Aurinkopaneelin rakenne. 2023. Artikkelin Aurinkopaneeli.fi www-sivustolla. Viitattu 30.11.2023. <http://aurinkopaneeli.fi/rakenne/>

Aurinkopaneelien sijoittaminen ja suuntaus. 2020. Artikkelin Värein www-sivuilla. Viitattu 30.11.2023. <https://vare.fi/aurinkopaneelit/aurinkopaneelien-sijoittaminen-ja-suuntaus/>

Aurinkosähkön kannattavuuslaskuri. N.d. Finnosolar www-sivuilla esiintyvä aurinkosähkölaskuri. Viitattu 27.11.2023. <https://finsolar.net/kannattavuus/kannattavuuslaskurit/>

Galleria. 2023. Kuvagalleria Voltium Oy:n www-sivuilla. Viitattu: 30.11.2023. <https://voltium.fi/research/>

Harjakatoille-delta. N.d. Kuvio Orima -solar www-sivuilla. Viitattu 30.11.2023. <https://orima.fi/orima-solar/harjakatoille-delta/>

Ilmansuunta, kaltevuus, sijainti ja niiden vaikutus tuotantoon. 2023. Artikkelin Ralos www-sivuilla. Viitattu: 30.11.2023. <https://ralos.fi/ilmansuunta-kaltevuus-sijainti-ja-niiden-vaikutukset-tuotantoon>

Invertteri. 2023. Artikkelin Aurinkovirta.fi www-sivuilla. Viitattu 30.11.2023. <https://aurinkovirta.fi/aurinkosahko/aurinkovoimala/invertteri/>

Kiinnitysteline. N.d. Artikkelin Aurinkovirta.fi www -sivuilla. Viitattu 30.11.2023. <https://aurinkovirta.fi/aurinkosahko/aurinkovoimala/kiinnitysteline/>

Lahtinen, J. 2023. Aurinkopaneelit: Kaikki mitä pitää tietää aurinkopaneeleista 2023. Viitattu 30.11.2023. <https://vertaaviisaasti.fi/aurinkopaneelit/>

Miten aurinkopaneelit toimivat. N.d. Artikkelin Carunan www-sivuilla. Viitattu 30.11.2023. <https://caruna.fi/tuotteet-ja-palvelut/kotiin-ja-kiinteistoon/sahkontuotanto/miten-aurinkopaneelit-toimivat>

Mäkitanner, J. 2023. Aurinkosähköjärjestelmät, Määräykset ja käyttöönotto. Teknisen asiantuntijan luento 20.9.2023 Onninen Oy tiloissa. Järjestäjänä Onninen Oy.

PHOTOVOLTAIC GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM. 2022. Euroopan komission www-sivuilla esiintyvä aurinkopaneelityökalu. Viitattu 20.11.2023. https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html

Puro, V-M. 2020. Aurinkopaneelien johdinten kiinnityksestä- kaapelikiinnikkeet. Viitattu 30.11.2023. <https://aurinkovirta.fi/rakentaminen/johdotus/aurinkopaneelien-johdinten-kiinnityksesta-kaapelikiinnikkeet/>

Selvitä nämä ennen hankintapäätöstä. N.d. Artikkelin aurinkosähköäkotiiin.fi www-sivuilla. Viitattu 30.11.2023. <https://aurinkosahkoakotiin.fi/selvita-nama-ennen-hankintapaatosta/>

Smart Energy Controller. 2020. Onninen Oy:n www-sivuilta tekninen dokumentti. Viitattu 25.11.2023. <https://www.onninen.fi/huawei-pv-invertteri-huawei-sun2000-10ktl-m1-10kw/p/CMW606?term=sun%202000%2010>

Sähkön pientuotantolaitteiston liittäminen sähköverkkoon. 2015. Ohje Kuopion Sähköverkko Oy. Viitattu 31.11.2023. <https://kuopionenergia.fi/wp-content/uploads/2016/02/S%C3%A4hk%C3%B6n-pientuotannon-liitt%C3%A4minen-s%C3%A4hk%C3%B6verkkoon.pdf>

Tahkokorpi, M. 2016. Aurinkoenergia Suomessa. Biobisnestä Pirkanmaalle Aurinkoenergiaseminaari. Viitattu 30.11.2023. http://biobisnesta.fi/wp-content/uploads/2018/01/Tahkokorpi_Aurinkoenergia_Suomessa_041016.pdf

Liitteet

Liite 1. Mitoitus- ja kannattavuustyökalu (salassa pidettävä)