



AURINKOSÄHKÖJÄRJESTELMÄN KANNATTAVUUS RIVITALOYHTIÖSSÄ

Profitability of a photovoltaic system in a terraced house

Lappeenrannan–Lahden teknillinen yliopisto LUT

Energiatekniikan kandidaatintyö

2022

Veera Haanpää

Tarkastaja: Professori Tapio Ranta

Ohjaajat: Mika Laihanen & Antti Karhunen

TIIVISTELMÄ

Lappeenrannan–Lahden teknillinen yliopisto LUT

LUT Energiajärjestelmät

Energiatekniikka

Veera Haanpää

Aurinkosähköjärjestelmän kannattavuus rivitaloyhtiössä

Energiatekniikan kandidaatintyö

2022

38 sivua, 8 kuvaa ja 5 taulukkoa

Tarkastaja: Professori Tapio Ranta

Ohjaajat: Mika Laihanen & Antti Karhunen

Avainsanat: aurinkosähköjärjestelmä, aurinkopaneelit, taloyhtiö, lainsäädäntö, kannattavuus

Aurinko tuottaa suuria määriä energiaa jatkuvasti. Auringon energiaa voidaan hyödyntää sähköntuotantoon aurinkosähköjärjestelmällä. Investointina aurinkosähköjärjestelmä on pitkäaikainen ja ympäristöystävällinen vaihtoehto sähköntuotantoon. Aurinkosähköjärjestelmien suosio on kasvussa hintojen laskiessa sekä uusi lainsäädäntö mahdollistaa aurinkosähkön laajemman käytön taloyhtiöissä.

Tässä kandidaatintyössä tarkastellaan aurinkosähköjärjestelmän kannattavuutta sekä lainsäädäntöä taloyhtiön näkökulmasta. Tarkasteltavana kohteena on rivitaloyhtiö Länsi-Vantaalta, johon kuuluu neljä asuntoa. Talo on rakennettu vuonna 1978 ja siihen on vaihdettu kaukolämpö öljylämmityksen tilalle vuonna 2016. Kaukolämmöllä lämmitetään lisäksi käyttövesi sekä lattialämmitykset.

Työn teoriassa käsitellään lyhyesti auringonsäteilyä ja aurinkosähköjärjestelmiä sekä perehdytään uuteen lainsäädäntöön. Laskelmissa tarkastellaan investoinnin kannattavuutta ja takaisinmaksuaikaa. Tuloksista huomataan, että investoinnilla on yli kymmenen vuoden takaisinmaksuaika. Nykyarvot ovat vahvasti positiivisia, mikä kertoo investoinnin kannattavuudesta.

ABSTRACT

Lappeenranta–Lahti University of Technology LUT

School of Energy Systems

Energy Technology

Veera Haanpää

Profitability of a photovoltaic system in a terraced house

Bachelor's thesis

2022

38 pages, 8 figures and 5 tables

Examiner: Professor Tapio Ranta

Supervisors: Mika Laihanen & Antti Karhunen

Keywords: photovoltaic system, solar panels, housing associations, legislation, profitability

The sun produces large amounts of energy. A photovoltaic system uses solar energy to produce electricity. As an investment, the photovoltaic system is a long-term and environmentally friendly alternative to produce energy. The popularity of photovoltaic systems is growing as prices fall and new legislations enables wider use of solar electricity in housing associations.

In this bachelor's thesis, the profitability of the photovoltaic system and the legislation for a terraced house company are examined. The object under consideration is a terraced house association in western Vantaa, which includes four apartments. The house was built in 1978 and oil heating has been replaced by district heating in 2016. District heating is also used to heat domestic water and underfloor heating.

The theory part of the thesis deals briefly about solar radiation, photovoltaic systems and introduces new legislations. The calculations look at the probability and the payback period of the investment. The results show that the investment has a payback period of more than ten years. The present values are strongly positive, which indicates the profitability of the investment.

SYMBOLI- JA LYHENNELUETTELO

Roomalaiset

$a_{n/i}$	nykyarvotekijä	[-]
E	energia/sähkö	[Wh]
h	hinta	[€]
I	investointikustannus	[€]
i	korkokanta	[%]
K	omakäyttöaste	[%]
k	kustannus	[€]
n	investoinnin pitoaika	[a,v]
S	säästö/tuotto	[€]

Alaindeksit

i	korollinen
k	koroton
kk	kuukausi
o	omakäyttö
p	huippu
s	sähkö
spot	sähkön markkinahinta
t	tuotto
y	ylijäämä

Lyhenteet

AC vaihtovirta

ARA Asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskus

DC tasavirta

ka keskiarvo

NA nykyarvo

PVGIS aurinkosähkön maantieteellinen tietojärjestelmä

TMA takaisinmaksuaika

Sisällysluettelo

Tiivistelmä

Abstract

Symboli- ja lyhenneluettelo

1. Johdanto.....	7
2. Aurinkosähkö	9
2.1. Auringon säteily	9
2.2. Aurinkopaneelit.....	11
2.3. Invertteri	12
2.4. Paneelien asettelu	13
2.5. Ylijäämä sähkö.....	14
3. Lainsäädäntö	15
3.1. Paikallinen energiayhteisö	15
3.2. Aktiiviset asiakkaat	16
3.3. Taseselvitys ja hyvityslaskenta	17
4. Tarkastettava kohde.....	18
4.1. Tuottavuus.....	18
4.2. Sähkönkulutustiedot.....	19
5. Aurinkosähkön kannattavuus kohteeseen.....	22
5.1. Kustannukset.....	22
5.2. Vuotuinen säästö ja omakäyttöaste	23
5.3. Takaisinmaksuaika	25
5.4. Nykyarvo.....	26
6. Tulokset	28
6.1. Tulosten tarkastelu	31
7. Yhteenveto.....	34
Lähteet	35

1. Johdanto

Sähkönkulutus on kasvussa ja sen tuotannossa halutaan siirtyä kohti ympäristöystävällisempiä ratkaisuja (Vasara 2020). Aurinkosähköjärjestelmä on keino lisätä sähköntuotannon omavaraisuutta sekä tuottaa ympäristöystävällisempää sähköä (Vuorela 2019). Aurinkosähkön suosio on nousussa ympäri maailmaa, kapasiteetin kasvaessa eksponentiaalisesti vuosittain jopa yli 40 % (Jäger et al. 2014). Kasvua edistää teknologian kehittyminen sekä tukien lisääminen, jonka johdosta aurinkosähköjärjestelmien hinnoista on tullut kilpailukykyisempiä (Hakkarainen et al. 2015). Järjestelmä on edelleen investointina suuri, joten sen kannattavuus on järkevä selvittää tapauskohtaisesti.

Aurinkosähköjärjestelmien kannattavuudesta on tehty useita selvityksiä erityisesti pienkiinteistöihin liittyen. Taloyhtiöihin liittyvä selvitystyö on ollut suppeampaa. Laki ja säädökset eivät ole mahdollistaneet yhtä laajaa aurinkosähkön hyödyntämistä rajoittaen käytön vain taloyhtiön kiinteistöelektronikkokulutukseen (Tuomi 2020). Täten aurinkosähköjärjestelmien investoinnit ovat jääneet taloyhtiöiden kohdalla pieniksi (Motiva 2022a). Lisäksi hyödyntämistä rajoittavat aurinkosähkön tuotannon ja sähkönkulutuksen ajoituksen vaikeus (Puranen et al. 2021).

Tässä kandidaatintyössä tarkastellaan aurinkosähköjärjestelmän kannattavuutta taloyhtiöön. Tarkasteltavana kohteena työssä on Länsi-Vantaalla sijaitseva neljän asunnon rivitaloyhtiö, joka on kiinnostunut aurinkosähköjärjestelmästä sekä sen kannattavuudesta taloyhtiönä. Työn tavoitteena on selvittää aurinkosähköjärjestelmän kannattavuus kohteeseen sekä tarkastella lainsäädäntöä taloyhtiöiden kohdalla.

Tämän työn tutkimuskysymyksinä ovat:

1. Onko aurinkosähköjärjestelmä investointina kannattava kohteena olevaan taloyhtiöön?
2. Miten lainsäädäntö vaikuttaa aurinkosähkön hyödyntämiseen taloyhtiössä?

Työn teoriaosuudessa käsitellään ensin yleisesti auringonsäteilyä ja aurinkosähköjärjestelmien toimintaperiaatetta. Lisäksi perehdytään lainsäädäntöön taloyhtiöiden näkökulmasta. Laskuosuus perustuu case-esimerkkiin, jossa tarkastellaan investoinnin kannattavuutta

kohteeseen kahdella eri investointilaskentamenetelmällä. Lopuksi arvioidaan saatuja tuloksia. Maantieteellisenä rajauksena on Suomi, koska kohde sijaitsee Suomessa sekä lainsäädäntö perustuu Suomessa säädettyihin lakeihin. Työssä käytetään yksilöllisiä sähkönkulutus- ja säteilytietoja sekä tietynä vuonna vallitsevia sähkön markkinahintoja, mitkä vaikuttavat saatuihin tuloksiin.

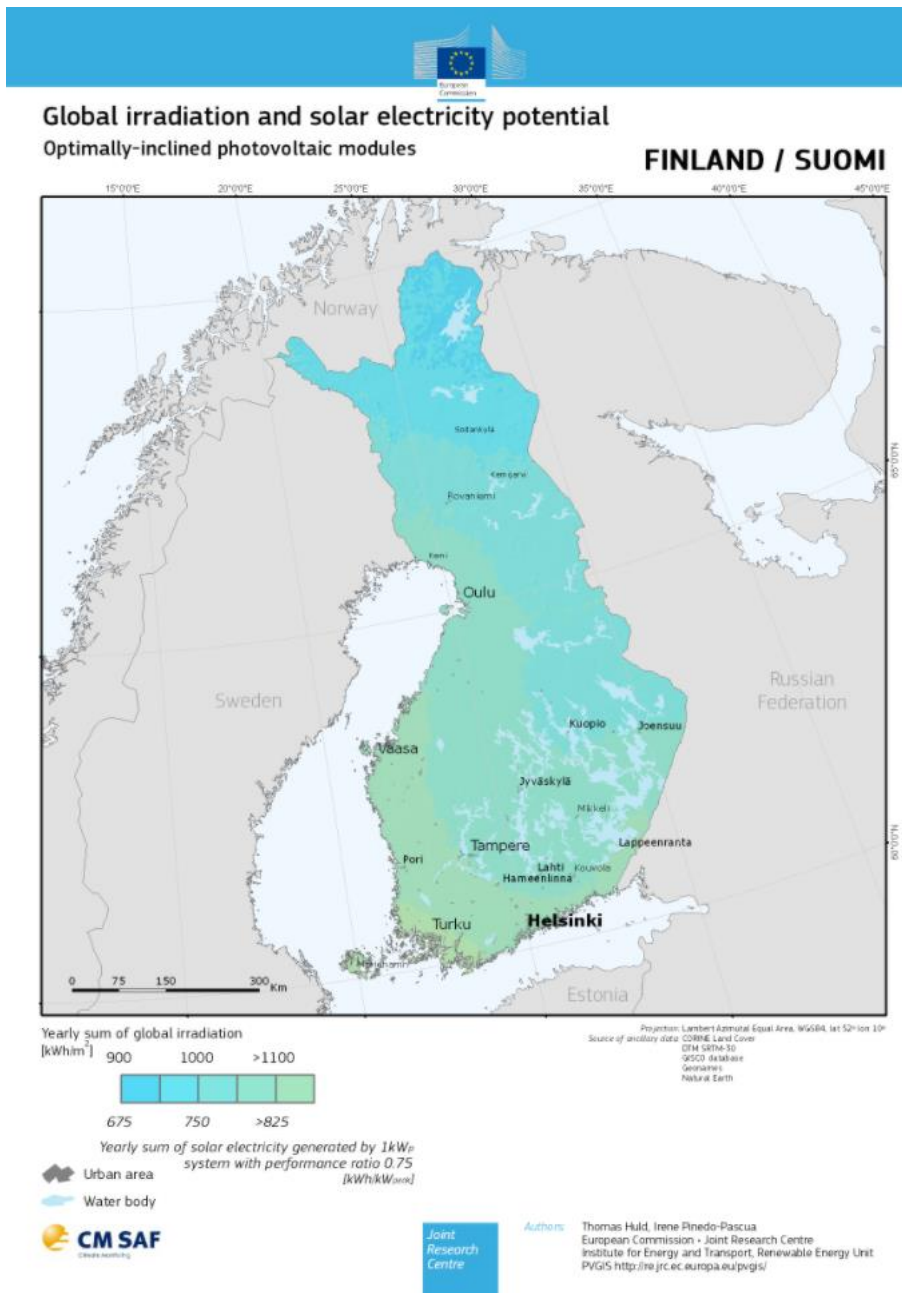
2. Aurinkosähkö

Aurinko tuottaa energiaa jokaisella 1,5 miljoonasosasekunnilla enemmän mitä koko ihmiskunta käyttää kokonaisen vuoden aikana (Kelola 2019). Auringon energiaa voidaan hyödyntää sekä sähkön-, että lämmöntuotantoon. Aurinkosähkö tarkoittaa prosessia, jossa auringonvalosta muunnetaan suoraan sähköä. Aurinkosähköjärjestelmän tärkeimpiä elementtejä ovat aurinkokennot, moduuli ja invertteri. (IEA 2020.)

2.1. Auringon säteily

Maapallolle auringosta tuleva säteily on sähkömagneettista esimerkiksi infrapuna- tai ultraviolettisäteilyä (Kelola 2019). Säteilyn teho maanpinnalla on noin 170 000 TW, mutta siitä saadaan hyödynnettyä vain pieni osa (Energiateollisuus 2021). Auringon kokonaissäteily sisältää sekä suoraan auringosta tulevan säteilyn, että hajasäteilyn. Hajasäteily koostuu ilmakehän ja pilvien säteilyistä sekä maan heijastamasta hajasäteilystä. Hajasäteilyn osuus on noin 50 % koko vuoden säteilymäärästä Etelä-Suomessa. (Motiva 2021a.)

Vuonna 2020 Suomen aurinkosähkön tuotantokapasiteetti kasvoi 45 % ja sen osuus verkkoon yhdistetystä sähkön tuotantokapasiteetista oli 1,6 % vastaamalla sähkön kokonaistuotannosta Suomessa noin 0,4 % (Energiavirasto 2021). Hyödyntämistä Suomessa rajoittavat auringon säteilyn vaihtelut eri vuodenaikoina, mutta kuitenkin Suomen pitkät kesäpäivät mahdollistavat suuret säteilymäärät erityisesti kesäisin (Simola et al. 2018). Kuvassa 1 on esitetty vuotuinen Suomeen saapuva auringonsäteily sekä aurinkosähkön potentiaali optimaalisella paneeleiden kallistuskulmalla (Huld et al. 2019).

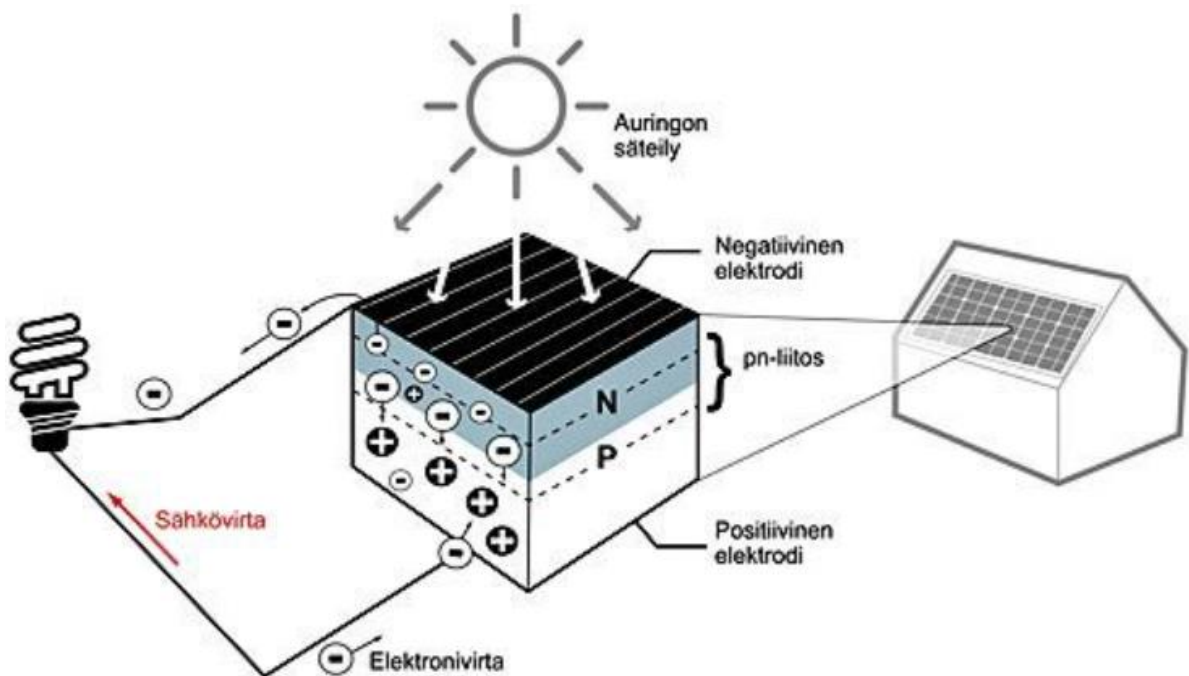


Kuva 1. Vuotuinen säteily määrä ja aurinkosähkön potentiaali Suomessa optimaalisella paneelien kallistuskulmalla (Huld et al. 2019).

Kuvasta 1 voidaan huomata vuotuisen säteily määrän ja aurinkosähkön potentiaalın olevan korkein Suomen eteläisessä sekä läntisessä osassa. Etelä-Suomessa vuotuinen säteily ylittää lähes samaan suuruuteen Pohjois-Saksan kanssa (Motiva 2021a) ja aurinkosähkön vuotuinen tuotantopotentiaali on noin 850 kWh/kW_p (Simola et al. 2018).

2.2. Aurinkopaneelit

Aurinkopaneelit koostuvat aurinkokennoista (Motiva 2021b). Kennojen toimintaperiaate perustuu valosähköiseen ilmiöön, jossa potentiaalieron seurauksena auringonsäteilyn fotonit pystyvät irrottamaan elektroneja puolijohdemateriaalista (Jäger et al. 2014). Tällä hetkellä kaupallisissa aurinkokennoissa eli ohutkalvo- sekä piikennoissa käytetään kahta eri puolijohdemateriaalia, p-, ja n -tyyppiä. Kuvassa 2 on esitetty pn-liitos. (Motiva 2021c.)



Kuva 2. Pn-liitoksen rakenne (Motiva 2021c).

Kuvasta 2 nähdään, että pn-liitos syntyy, kun laitetaan n- ja p-tyyppin puolijohdeet vierekkäin. Tämän seurauksena ylimääräiset elektronit kulkeutuvat n-puolelta p-puolen aukkoihin. Näin saadaan aikaiseksi positiivinen varaus n-tyyppiin ja negatiivinen p-tyyppiin, jolloin vapaiden elektronien ja aukkojen liike aiheuttaa sähkönjohtavuuden. (Motiva 2021c.)

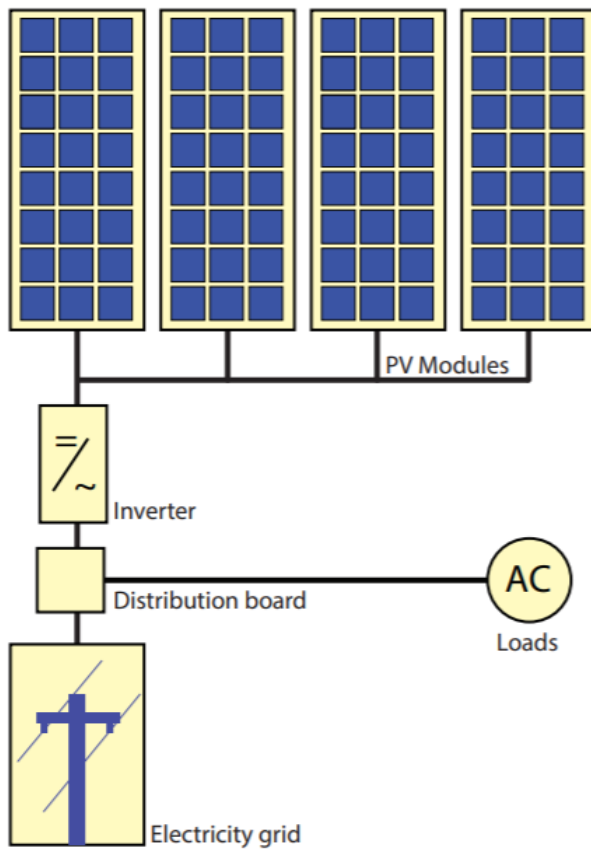
Kennot voidaan kytkeä rinnan ja/tai sarjaan, riippuen käyttötarkoituksesta ja halutusta koosta. Erilaiset kytkennät mahdollistavat eri suuruisia jännitteitä ja virtoja. Sarjaan kytkennässä aurinkopaneelin kokonaisjännite on aurinkokennojen summa, kun puolestaan rinnan kytkennässä virtojen summa on kokonaisvirta. Kohteeseen valitut kennot koteloidaan

paneelikehyksen avulla sijoittamalla kennon eteen suojalasi, joka päästää läpi auringonsäteilyä. (Motiva 2021b.)

Kennot voidaan teknologialtaan jakaa kolmeen sukupolveen. Ensimmäiseen sukupolveen kuuluvat yksi- ja monikiteiset piikennot ja toiseen ohutkalvoaurinkokennot. Näiden kennojen teknologia perustuu valosähköiseen ilmiöön sekä pn-liitoksen sähkönjohtavuuteen. Kolmatta sukupolvea edustaa esimerkiksi nanokidekennot, jotka ovat vielä tutkimusvaiheessa. (Motiva 2021c.) Yleisimmin käytetty materiaali on yksi- tai monikiteinen pii, niiden osuuden ollessa tarjolla olevaista aurinkokennoista on noin 90 % ja hyötysuhteen ollessa yleensä noin 12–17 % (Fraile et al. 2008). Ohutkalvokennot muodostuvat hyvin ohuista kerroksista valoherkkää ainetta, jota lisätään edulliselle pohjamateriaalille, esimerkiksi muoville tai lasille. Ohutkalvokennoista valmistettujen paneelien hyötysuhde on yleensä noin 9–11 %. (Motiva 2021c.)

2.3. Invertteri

On-grid -järjestelmissä eli aurinkosähköjärjestelmissä, jotka ovat kytkettynä valtakunnalliseen sähköverkkoon, käytetään invertteriä tasavirran (DC) muuntamiseen vaihtovirraksi (AC) (IEA 2020). Invertteri toimii aurinkopaneelien ja jakelulevyn välillä, josta tuotettu virta voidaan siirtää talon vaihtovirtalaitteisiin tai sähköverkkoon. Kuvassa 3 on esitetty invertteri liitettynä On-grid -järjestelmään. (Jäger et al. 2014.)



Kuva 3. On-grid -järjestelmä (Jäger et al. 2014).

Kuvasta 3 voidaan huomata, että On-grid -järjestelmät eivät vaadi akkuja, koska järjestelmän tuottama ylijäämä sähkö voidaan myydä verkkoon. Lisäksi verkko syöttää sähköä taloon, mikäli aurinkosähkön tuotanto on riittämätöntä. (Jäger et al. 2014.) Yhtä invertteriä voidaan käyttää koko aurinkosähköjärjestelmälle tai erillisiä inverttereitä jokaiselle moduulille. Invertterien tyypillinen hyötysuhde on 95–99 %. (IEA 2020.)

2.4. Paneelien asettelu

Suomessa parhaimman vuosituoton saamiseksi paneelit suunnataan etelään, mikäli mahdollista. Suuntauksesta 15 asteen poikkeamat eivät vähennä tuottoa merkittävästi, puolestaan länteen tai itään suuntaaminen vaikuttaa pienentämällä vuosituotantoa tuntuvasti. (Motiva 2021d.) Aurinkopaneelien osuvan säteilyn määrää voidaan lisätä kallistamalla moduulia. Suurempi kallistus kasvattaa etelästä saatavaa säteilytehoa, mutta vähentää sitä idästä ja

länneestä. (Väisänen et al. 2019.) Optimimaalinen kallistuskulma paneeleille on Suomessa noin 35–45 astetta, josta 15 asteen poikkeaminen vähentää vuosituotantoa noin 5 %. Kaltevilla katoilla paneelit on yleisesti kannattava asentaa katon lappeen suuntaisesti. Asettelussa pitää huomioida myös lumiasteille jäävä tila, jättämällä tilaa lappeen reunasta yhden paneelin pituuden verran. (Motiva 2021d.)

Paneelien tuotantoon vaikuttavat myös mahdolliset varjostukset. Yleisimmät varjostuksen aiheuttajat ovat puut ja korkeat rakennukset. (Motiva 2021d.) Suomessa talvella varjostusta aiheuttaa erityisesti paneelien päälle satava lumi. Mikäli lunta ei putsaa paneelien päältä, voi tuotanto pudota jopa nolnaan. Kuitenkin Suomessa vähemmän kuin 5 % vuoden säteilystä voidaan hyödyntää talvella, joten lumipeitteen merkitys kokonaistuotannossa on hyvin pieni. (Väisänen et al. 2019.)

2.5. Ylijäämä sähkö

Ylijäämä sähköä syntyy, kun aurinkosähköjärjestelmän tuotanto ylittää oman kulutuksen. Verkkoon syötetyn sähkön määrää mitataan sähkömittareilla tuntikohtaisesti. Paikallinen jakeluverkkoyhtiö on vastuussa verkkoon liittamisestä sekä sähkön mittaamisesta ja -siirrosta, eikä yhtiötä voi kilpailuttaa tai vaihtaa. Aurinkosähköjärjestelmän tuottamasta ylijäämä sähköön myynnistä täytyy sopia sähkön myyjän kanssa, koska sähkölle täytyy olla ostaja. Tuotetun sähkön hinta määräytyy sähköä ostavan yhtiön mukaan, jonka voi vaihtaa sekä kilpailuttaa. (Motiva 2022b.)

Yhtiöiden ostosähkön hinta määräytyy yleensä sähkön markkinahinnan perusteella, johon käytetään spot-hintaa. Spot-hinta on sähköpörssissä noteerattu ja se muuttuu tunneittain. Hinta on usein korkeimmillaan päivällä, jolloin kysyntä on suurinta. Kun ostosähkö hinnoitellaan spot-hinnan mukaan, on tuotetun sähkön hinta suunnilleen sama, kuin sen hetkinen pörssi sähkö. Ylijäämä sähköstä saatavat tuotot eivät sisällä veroja ja sähkönsiirron osuutta, vaikka puolestaan myynnin kuluihin sisältyy veroja sekä sähkömyyjän mukaan myyntimarginaali. Myynnin kulujen lisäksi sähkönjakeluverkkoyhtiö voi periä verkkopalvelumaksun tuottajan verkkoon myymästä sähköstä. (Motiva 2022b.)

3. Lainsäädäntö

Aikaisemmin taloyhtiön aurinkosähköjärjestelmällä tuotettu sähkö piti hyödyntää taloyhtiön kiinteistösähkönkulutukseen, jolloin osakkaat eivät päässeet käyttämään sähköä omien asuntojensa tarpeisiin. Vaihtoehtoisesti osakas on voinut hankkia aurinkosähköjärjestelmän vain omaan käyttöön, jolloin on tarvittu taloyhtiön lupa hankintaan. (Motiva 2022a.) Uusi 1.1.2021 voimaan tullut valtioneuvoston asetus 1133/2020 sekä 15.7.2021 voimaan tullut sähkömarkkinalaki 265/2020 mahdollistaa taloyhtiön aurinkosähköjärjestelmällä tuotetun sähkön myös osakkaiden käyttöön (Tuomi 2020). Uuden lainsäädännön mukaan sähkön pientuottajat voivat muodostaa paikallisen energiayhteisön tai aktiivisten asiakkaiden ryhmän, joilla on oikeus hankkia sähkön pientuotannon laitteisto, esimerkiksi aurinkosähköjärjestelmä (Valtioneuvosto 2020).

Uusi asetus 1133/2020 mahdollistaa myös taseselvityksen avulla tunnin sisäisen netotuksen pientuotannossa (Tuomi 2020) sekä hyvityslaskennan (Juuti 2021). Muutos edellyttää Fingridin Datahub -palvelun käyttöönottoa, joka on sähkömarkkinoiden keskitetty tiedonvaihtojärjestelmä. Palvelu on otettu käyttöön 21.2.2022 ja se tulee mahdollistamaan 1.1.2023 myös paikallisten energiayhteisöiden tai aktiivisten asiakkaiden ryhmien muodostamisen ympäri Suomen. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2022.) Osalla Suomen sähköverkkoyhtiöistä tunti-netotus ja hyvityslaskenta on tullut voimaan ennen vuoden 2023 takarajaa. Tässä työssä tarkasteltava kohde kuuluu Vantaan Energia Sähköverkot Oy:n alueeseen, joka tarjoaa palvelut jo asiakkailleen. (Juuti 2021.)

3.1. Paikallinen energiayhteisö

Valtioneuvoston asetuksen 1133/2020 mukaan paikallinen energiayhteisö on oikeushenkilö, joka tuottaa energiapalveluja osakkailleen tai jäsenilleen. Yhteisön tarkoituksena tulee olla sosiaalisten, ympäristöllisten tai taloudellisten hyötyjen tuottaminen energiayhteisölle. Yhteisöön liittyminen on vapaaehtoista sekä määräysvalta on osakkailla tai jäsenillä. (Valtioneuvosto 2020.) Paikallinen energiayhteisö perustetaan, kun aurinkosähköjärjestelmä halutaan toteuttaa taloyhtiön nimissä (VTT ja Elenia 2021). Osakkaiden tai jäsenten

sähkönkäyttöpaikat tulee asetuksen mukaan sijaita samalla kiinteistöllä tai muulla vastaavalla kiinteistöryhmällä sekä olla liitettynä sähköverkkoon samalla liittymällä. Sähkötoimituksien selvityksiä varten paikallisen energiayhteisön pitää rekisteröityä jakeluverkonhaltijalle, joka vastaa sähkön mittauksista alueella ja ilmoittaa verkonhaltijalle tarvittavat tiedot yhteisöstä. (Valtioneuvosto 2020.)

Koska hanke toteutetaan taloyhtiön nimissä, päätöksentekoon vaikuttaa onko hanke tavanomainen vai ei-tavanomainen uudistus. Tavanomainen uudistus tarkoittaa aurinkosähköjärjestelmän mitoitusta kiinteistösähkön ja asuntojen tarpeisiin, jolloin päätös tehdään enemmistöpäätöksenä yhtiökokouksessa. Tässä tapauksessa hankkeen kustannukset jakautuvat kaikille osakkaille ja osakkailla ei ole mahdollista kieltäytyä kustannuksista. Puolestaan ei-tavanomaisessa uudistuksessa mitoitus on sähkönkulutuksen tarvetta suurempi eli ylijäämätuotannon määrä on suuri tai/ja järjestelmään on mitoitettu akut. Päätös hankkeesta tehdään määräenemmistöpäätöksenä sekä hankkeeseen osallistuvat vain siihen suostuvat osakkaat, joiden kesken myös kustannukset jaetaan. Lisäksi tulee sopia myös rahoitustapa eli tehdäänkö investointi yhtiölainalla, osakkaiden maksuilla vai taloyhtiön säästöillä. (VTT ja Elenia 2021.)

3.2. Aktiiviset asiakkaat

Toinen vaihtoehto eli aktiivisten asiakkaiden ryhmä tarkoittaa valtioneuvoston asetuksen 1133/2020 mukaan loppukäyttäjien sähkötoimitusten selvitystä varten muodostamaa ryhmää, johon liittyminen on vapaaehtoista (Valtioneuvosto 2020). Aktiivisten asiakkaiden ryhmä perustetaan silloin, kun hanketta ei toteuteta taloyhtiön nimissä (VTT ja Elenia 2021). Ryhmän perustamisen vaatimuksena on, että asiakkaat tuottavat tai varastoivat yhdessä sähköä tai muuten osallistuvat erilaisiin energiajärjestelyihin. Aktiivisten asiakkaiden ryhmään pätee samat ehdot koskien sähkönkäyttöpaikkoja ja sähkötoimitusten selvityksiä, kuin paikallista energiayhteisöä. (Valtioneuvosto 2020.) Aktiivisten asiakkaiden ryhmän perustamiseksi tehtävät muutostyöt vaativat hyväksynnän taloyhtiöltä yhtiökokouksen enemmistöpäätöksenä. Kustannus investoinnista jakautuu vain aktiivisten asiakkaiden ryhmään kuuluville jäsenille. (VTT ja Elenia 2021.)

3.3. Taseselvitys ja hyvityslaskenta

Taseselvitys perustuu tuntienergiämääriin ja sen tarkoitus on selvittää sähkömarkkinoiden osapuolten välisiä sähkön toimituksia (Fingrid 2022). Tasejakso on tunnin pituinen ajanjakso, jolta sähkönkulutusta sekä -tuotantoa mitataan. Tasejakso lyhenee tulevaisuudessa 15 minuuttiin, joka mahdollistaa vielä reaaliaikaisemman mittaustiedon. Tunnin tasejakson sisällä lasketaan kulutus ja tuotanto yhteen sähköverkkoyhtiön hyvityslaskennassa sekä netotuksessa. (VTT ja Elenia 2021.) Valtioneuvoston asetuksen 1133/2020 mukaan netotusjakso tulee toteuttaa siten, että siitä selviää verkkoon syötetty sekä sieltä otettu sähkön määrä (Valtioneuvosto 2020.)

Taseselvityksessä ilmoitetaan myös sähköjako-osuuksista, jonka mukaan tuotettu sähkö jaetaan hyvityslaskennalla tasejakson mukaisesti. Hyvityslaskennassa tuotto jaetaan yhteisön päättämällä jakosuhteilla sen jäsenille tai osakkaille. Sähkönjakeluverkkoyhtiön tulee tarjota hyvityslaskentaa asiakkailleen osana palveluitaan. Lisäksi paikallisen energiayhteisön tai aktiivisten asiakkaiden ryhmän tulee päättää ylijäämän myynnin osuuksista. Vaihtoehtona on laskea ylijäämä osakas/asiakas kohtaisesti tai kokonaisuudessaan koko sähkökäyttöpäikälle. (Valtioneuvosto 2020.)

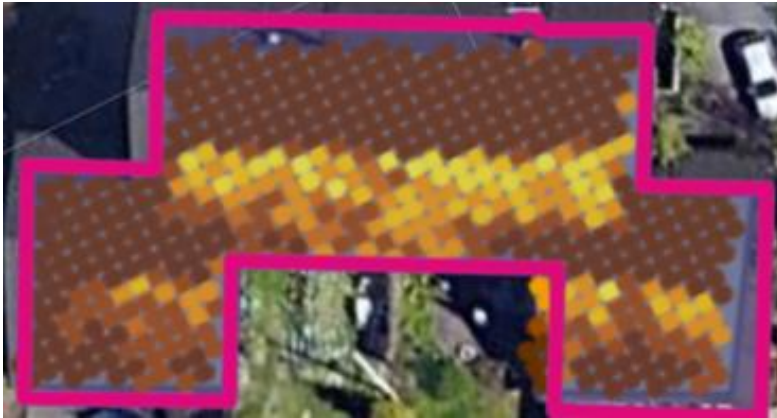
4. Tarkasteltava kohde

Tarkasteltavana kohteena on rivitaloyhtiö Länsi-Vantaalta, jossa on neljä asuntoa. Talo on rakennettu vuonna 1978 ja lämmitysjärjestelmäksi taloon on vaihdettu öljylämmityksen sijaan kaukolämpö vuonna 2016. Kaukolämmöllä lämmitetään myös käyttövesi sekä lattialämmitykset. Lisäksi ilmanlämpöpumppuja on yhteensä kolme kappaletta koko taloyhtiössä, kaksi asunnossa 1 ja yksi asunnossa 2. Ilmanlämpöpumppuja hyödynnetään lisänä viilentämään tai lämmittämään asuntoja. Aurinkosähköjärjestelmän kokoluokan lähtökohtana on, että saadusta tuotosta mahdollisimman suuri osa hyödynnetään taloyhtiössä jakamalla tuotettu sähkö myös osakkaiden käyttöön. Täten sähköverkkoon myytävä osa jäisi mahdollisimman pieneksi.

Asunto-osakeyhtiöt eivät saa kotitalousvähennystä aurinkosähköinvestointiin, toisin kuin yksityishenkilöt. Asunto-osakeyhtiöiden on mahdollista kuitenkin saada taloudellista tukea aurinkosähköinvestointiin Asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskuksen (ARA) myöntämän energia-avustuksen kautta. ARA myöntää avustuksia vuosina 2020–2022 korjaushankkeisiin, jotka parantavat asuinrakennusten energiatehokkuutta. Ehtona tuen saamiselle on, että rakennuksen E-luku paranee verrattuna aikaisempaan E-lukuun määritetyllä kertoimella. (Motiva 2021e.) ARA:n avustuksen osuus on 25 % aurinkoenergian hyödyntämiseen käytettäviin laitteistoihin sekä kaapeli- ja putkivetoihin menevistä kustannuksista. Yhteenlaskettu avustussumma toimenpiteelle voi olla enintään 4000 euroa ja avustussumman voi arvioida kohteen mukaan ARA:n laskurilla. (ARA 2021.)

4.1. Tuottavuus

Talon suunta on etelään, katon pinta-ala on arviolta 470 neliometriä ja katon kallistuskulma on noin 45 astetta. Talon suuntaus sekä kallistuskulma ovat täten optimaalisia parhaalle vuosituotolle Suomessa. Kuvassa 4 on Helenin aurinkolaskurin arvioima aurinkosähköjärjestelmän tuottavuus. (Helen 2022.)



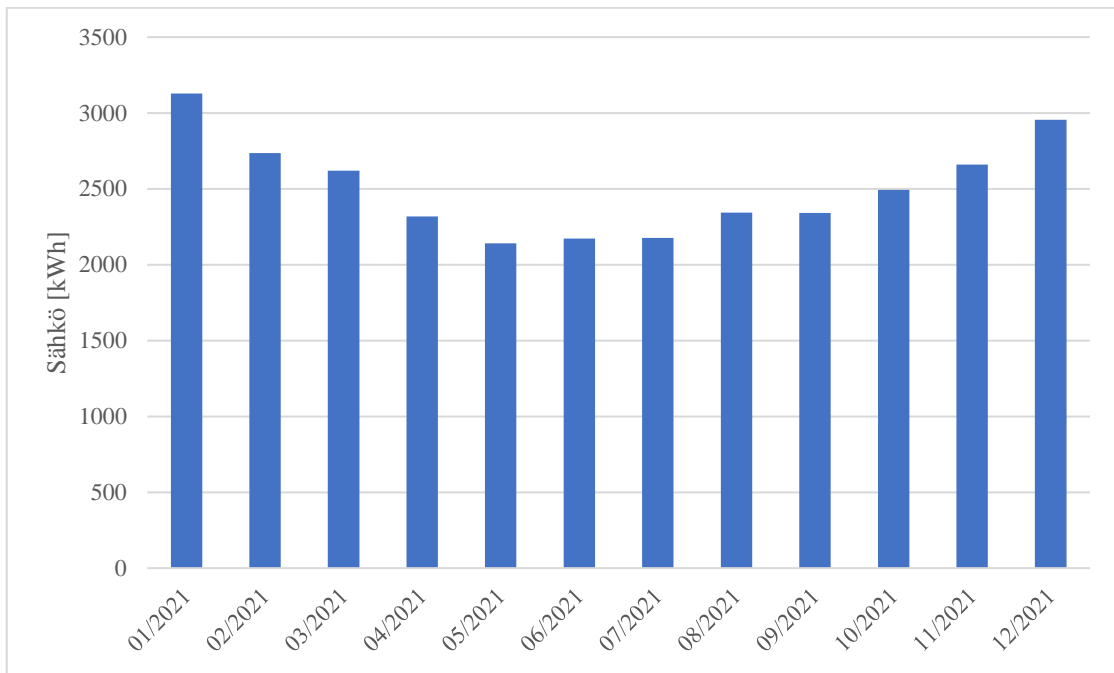
Kuva 4. Kohteen tuottavuus aurinkosähköjärjestelmällä (Helen 2022).

Kuvassa 4 värikkäät pallot tarkoittavat neliömetrejä, mitä kirkkaampi väri, sitä enemmän aurinkosähköä kyseisellä kohdalla pystyy tuottamaan. Aurinkolaskuri huomioi katon suuntauksen, mahdolliset varjostukset sekä lämpötilan. Laskurin mukaan aurinkosähkön tuotantoon soveltuisi 160 neliometriä, jolla pystyttäisiin tuottamaan arviolta 24 694 kWh vuodessa. (Helen 2022.)

4.2. Sähkönkulutustiedot

Vantaan Energia Sähköverkot Oy:n kautta jakeluverkkoon kuuluvat asiakkaat saavat kerättyä omat sähkönkulutustietonsa. Tarkastelua varten kerätään sähkönkulutustiedot aikaväliltä 01/2021–12/2021. Tiedot kerättiin jokaisesta asunnosta, jonka lisäksi tarvittiin myös taloyhtiön sähkönkulutustiedot. Taloyhtiön sähkönkulutus kyseisenä vuonna oli 2917,6 kWh. Asuntojen vuosittainen sähkönkulutus vaihteli 3979,2–10 244,1 kWh välillä. Sähkönkulutuksen eroihin vaikuttavat erilaiset kulutustottumukset sekä osassa asunnoissa olevat ilmanlämpöpumput.

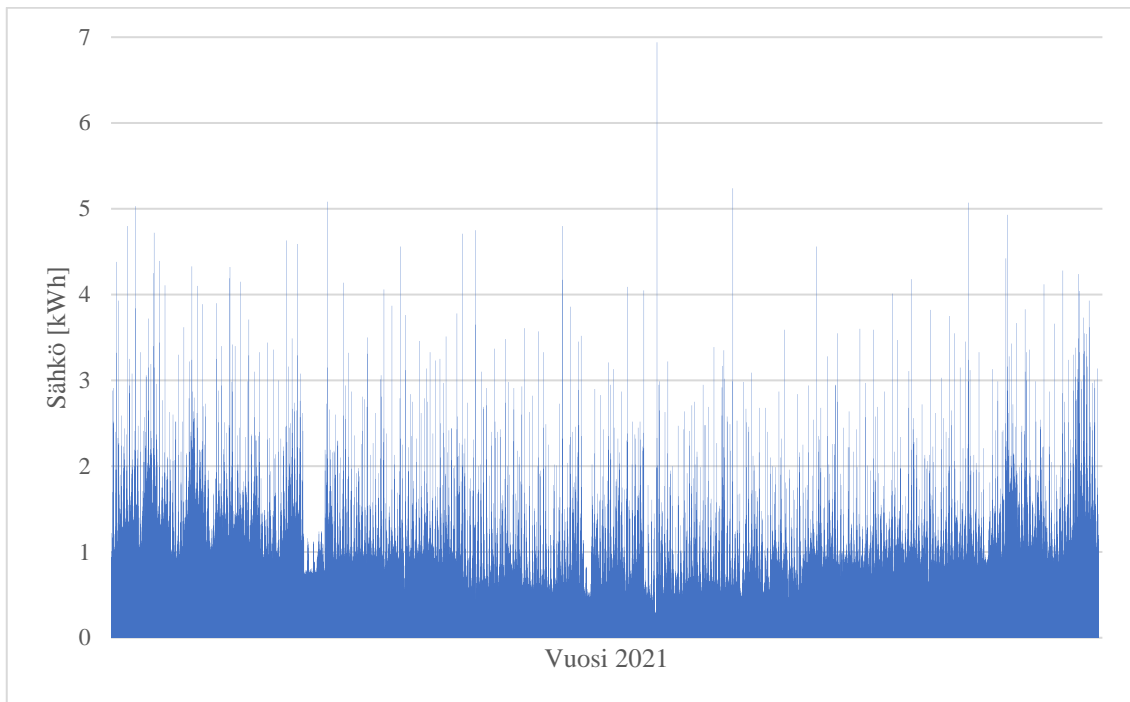
Jotta voidaan tarkastella sopivaa aurinkosähköjärjestelmää koko taloyhtiön käyttöön, yhdistetään neljän asunnon sekä taloyhtiön kulutustiedot. Koko taloyhtiön kuukausittaiset sähkönkulutustiedot vuodelta 2021 on esitetty kuvassa 5.



Kuva 5. Koko taloyhtiön sähkönkulutus kuukausittain vuonna 2021 (Vantaan Energia Sähköverkot Oy 2022).

Kuvasta 5 voidaan huomata sähkönkulutuksen olevan korkeimmillaan talvisin erityisesti tammikuussa sekä matalimmalla kesäisin. Kokonaissähkönkulutukseksi vuonna 2021 saatiin noin 30 084 kWh. Taloyhtiön kiinteistösähkönkulutuksen ollessa pientä suhteessa kokonaiskulutukseen, muodostuu aurinkosähkön jakaminen myös osakkaiden käyttöön uuden lain hyvityslaskennalla tärkeäksi.

Kokonaissähkönkulutuksen pohjalta pyydetään tarjous yritys x:ltä aurinkosähköjärjestelmään. Huomioidaan kuitenkin, että Suomessa kesäkuukausina aurinkosähkö tuottaa suurimman osan sähköstä, vaikka kulutus on vuoden pienintä. Kuukausikohtaisten kokonaiskulutustietojen lisäksi tarkastellaan myös tuntikohtaisia kulutustietoja asunnosta 2 kuvassa 6, jotta voidaan arvioida tarkemmin sähkönkulutuksen ja aurinkosähköjärjestelmän tuotannon yhteensopivuutta.



Kuva 6. Asunto 2:n tuntiokohtainen sähkönkulutus vuodelta 2021 (Vantaan Energia Sähköverkot Oy 2022).

Kuvan 6 tuntiokohtaisista kulutustiedoista huomataan tiheimpien piikkiryhmien keskittyvän alku- ja loppuvuoteen eli talvikuukausiin. Kesällä kulutus on myös tuntiokohtaisesti välillä suurta yksittäisten piikkien ollessa korkeita. Keskimäärin kulutus on yleensä yöllä pienempää kuin päivisin. Talvella sekä kesällä öisin sähkönkulutusta voi lisätä erityisesti asunnossa käytettävä ilmanlämpöpumppu. Koko taloyhtiön tuntiokohtainen sähkönkulutus on arviolta 2,94 kertainen asunto 2:n kulutukseen.

5. Aurinkosähkön kannattavuus kohteeseen

Aurinkosähkölaitteiston kannattavuuteen vaikuttavat esimerkiksi valittu järjestelmä, sähkön hinnat, auringon säteilyn määrä ja rahanarvon vaihtelut (Puranen et al. 2021). Aurinkosähkölaitteisto on investointina suuri ja pitkäaikainen, joten kannattavuutta arvioidaan kahdella investointilaskentamenetelmällä. Tässä osiossa suoritetaan laskelmat investoinnin tuomien säästöjen, takaisinmaksuajan sekä nykyarvon selvittämiseksi. Tarkastellaan kannattavuutta koko taloyhtiön sähkönkulutuksen näkökulmasta tuntinetotuksella. Tuntikohtaisissa kulutustiedoissa esimerkkisarvoina käytetään asunnon 2 tietoja (kuva 6). Asunto 2:n tuntikohtaiset kulutustiedot kerrotaan kolmella, koska asunto 2:n sähkönkulutus oli noin 34 % koko taloyhtiön vuotuisesta kokonaissähkönkulutuksesta. Investoinnin pitoajaksi oletetaan 30 vuotta, laskenta korkokantana tarkastellaan vertailun vuoksi 3, 4 ja 5 % sekä jäännösarvoksi oletetaan nolla. Huomioidaan laskuissa myös ARA:n myöntämä avustus, jotta nähdään miten mahdollinen tuki vaikuttaa investoinnin kannattavuuteen. Vuonna 2022 ARA:n tuki on 25 % investointikustannuksesta.

Yritys x tarjoaa 10,8 kW_p järjestelmää, johon kuuluu 40 kappaletta paneeleita, jolloin paneelien peittämäksi pinta-alaksi muodostuu arviolta 64 neliötä. Kyseessä on On-grid -järjestelmä, johon ei sisälly akkuja. Paneelien arvioitu sijoitus ja asennus on loppuun suuntaisesti katon keskiosaan, jossa myös tuottavuus on arviolta parhain (kuva 4). Järjestelmän arvioitu kokonaisvuosituotto on 9589,7 kWh huomioiden syntyvät häviöt, katon varjostukset ja kallistuskulma (PVGIS 2022). Paneelien hyötysuhteeksi on arvioitu 15,8 %, invertterin hyötysuhteeksi 98 % ja johdinhäviöiksi 1 %. Hinnaksi yritys x tarjoaa 15 000 €, joka sisältää verot ja asennustyöt.

5.1. Kustannukset

Investointikustannus muodostuu saadun tarjouksen hinnasta. Sähkön hinta muodostuu sähköenergian hinnasta, sähkönsiirrosta, arvonlisä- ja sähköverosta (Energiateollisuus 2022). Hintaan vaikuttaa tehty sähkösopimus, joiden hinnat vaihtelevat markkinatilanteen mukaan, mikä voi muuttaa ostosähkön kustannuksia. Tarkastelun yksinkertaistamiseksi tarkastellaan

koko taloyhtiötä samalla sähkön hinnalla. Ei huomioida perusmaksuja tarkastelussa, koska ne maksetaan kulutuksesta riippumatta. Kaikki käytetyt hinnat sisältävät 24 % arvonlisäveron.

Valitaan sähkön hinnaksi keskiarvo vuodelta 2021 kotitalouksille, joissa ei ole sähkölämmitystä. Saadaan sähkön hinnaksi 8,40 snt/kWh (Energiavirasto 2022). Sähkön siirron hinnoissa tarkastellaan paikallista sähköverkkoyhtiötä vuodelta 2021, koska sähkönsiirtoa ei voi kilpailuttaa. Sähkön siirron perusmaksu luokalle 25–63 A on 5 €/kk, johon lisätään siirtomaksu 3,25 snt/kWh. Lisäksi kuluttaja maksaa sähköveroa 2,79372 snt/kWh (sisältää huoltovarmuusmaksun). (Vantaan Energia Sähköverkot Oy 2021.) Sähkön hinnaksi kilowattituntia kohden muodostuu:

$$h_s = (8,40 + 3,25 + 2,79372) \frac{\text{snt}}{\text{kWh}} = 14,44 \frac{\text{snt}}{\text{kWh}} \approx 0,14 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} \quad (1)$$

jossa h_s on sähkön hinta [€/kWh].

Nyt voidaan laskea vuotuinen ostosähkön kustannus jokaiselle asunnolle sekä taloyhtiölle seuraavasti:

$$k_s = E_s * h_s \quad (2)$$

jossa k_s on ostosähkön vuotuinen kustannus [€/a], E_s on vuotuinen sähkönkulutus [kWh/a] ja h_s on sähkön hinta [€/kWh].

5.2. Vuotuinen säästö ja omakäyttöaste

Kun sähkönkulutusta ja tuotantoa tarkastellaan tuntinetotuksella, ei omaa käyttöä tarvitse ajoittaa juuri samalle ajan hetkelle. Kuitenkaan kaikkea tunnin aikana tuotettua sähköä ei saada aina omaa käyttöön, jolloin ylijäämä myydään verkkoon. Tämä vaikuttaa

omakäyttöasteeseen sekä vuoden aikana syntyviin säästöihin. Omakäyttöaste kertoo, kuinka paljon tuotetusta aurinkosähköstä käytetään kohteessa.

Vuosittainen omakäytöllä saavutettava ostosähkön säästö saadaan laskettua kaavalla:

$$S_o = h_s * E_o \quad (3)$$

jossa S_o on omakäytöllä saavutettava säästö [€/a], h_s on sähkön hinta [€/kWh] ja E_o on aurinkosähköjärjestelmän vuosittainen tuotto omaan käyttöön [kWh/a].

Mikäli tuotanto ylittää oman kulutuksen, tarjoaa yritys x aurinkosähkölle myyntisopimuksen ilman välityspalkkioita sekä maksaa sähköstä pohjoismaisen sähköpörssin mukaisen spot-hinnan. Tarkastellaan spot-hinnan vaihtelua kuukausittain eri vuosina taulukossa 1.

Taulukko 1. Spot-hinnan vaihtelut kuukausittain (Nordic Green Energy 2022).

Spot [snt/kWh]	2021	2020	2019	2018	Keskiarvo
Tammikuu	6,35	3,37	6,92	4,60	5,31
Helmikuu	7,08	3,05	5,80	5,38	5,33
Maaliskuu	4,76	2,53	4,96	5,65	4,48
Huhtikuu	4,56	2,46	4,14	4,99	4,04
Toukokuu	5,70	2,41	4,94	4,79	4,46
Kesäkuu	6,96	3,50	3,81	5,85	5,03
Heinäkuu	9,77	2,51	5,69	6,70	6,17
Elokuu	8,45	5,03	6,05	6,88	6,60
Syyskuu	11,07	4,69	6,06	6,32	7,04
Lokakuu	8,04	3,85	5,74	5,75	5,85
Marraskuu	10,65	3,42	5,67	6,12	6,47
Joulukuu	23,98	4,87	4,76	6,49	10,03
keskiarvo	8,95	3,47	5,38	5,79	5,90

Kesäkuukausina tuotanto on suurinta, joten silloin todennäköisimmin sähköä syntyy yli tarpeen. Taulukosta 1 voidaan huomata, että spot-hinta on keskimäärin korkeampi talvikuukausina ja matalampi kesäkuukausina. Käytetään ylijäämäsähkön tuottojen laskennassa kuukausikohtaisia keskiarvoja, koska markkinatilanne vaihtelee jatkuvasti. Tämä kuitenkin aiheuttaa epävarmuutta tuloksiin, koska spot-hinnoissa on eroa myös yön ja päivän välillä.

Ylijäämästä voi saada vuositasolla säästöä seuraavasti:

$$S_y = E_y * h_{spot,kk} \quad (4)$$

jossa S_y on ylijäämästä saatava säästö vuodessa [€/a], E_y on aurinkosähköjärjestelmän vuosittainen ylijäämätuotto [kWh/a] ja $h_{spot,kk}$ on sähkön kuukausikohtainen spot-hinnan keskiarvo [€/kWh].

Vuotuinen säästö eli tuotto saadaan täten laskettua seuraavasti:

$$S_t = S_s + S_y \quad (5)$$

jossa S_t on nettotuotto vuodessa [€/a].

Kohteessa omakäyttöaste halutaan mahdollisimman suureksi, jotta verkkoon myytävä osuus olisi mahdollisimman pieni. Nyt omakäyttöaste voidaan laskea kaavalla:

$$K_o = \frac{E_o}{E_t} \quad (6)$$

jossa K_o on aurinkosähkön omakäyttöaste [%], E_o on aurinkosähköjärjestelmän vuosittainen tuotto omaan käyttöön [kWh/a] ja E_t on järjestelmän tuottama aurinkosähkö vuodessa [kWh/a].

5.3. Takaisinmaksuaika

Investoinnin takaisinmaksuaika (TMA) kertoo, kuinka kauan kestää vuosina, kun investointiin sitoutunut rahamäärä vapautuu. Takaisinmaksuaika sopii käytettäväksi, kun arvioidaan

investoinnin epävarmuutta ja likvidisyyttä. Oletetaan vuosittainen tuotto vakioksi, jolloin koroton takaisinmaksuaika voidaan laskea kaavalla:

$$TMA_k = \frac{I}{S_t} \quad (7)$$

jossa TMA_k on koroton takaisinmaksuaika [a], I on investoinnin hankintameno [€] ja S_t on nettotuotto vuodessa [€/a].

Lasketaan vertailun kannalta takaisinmaksuaika huomioiden myös korkokanta. Tämä kertoo investoinnin takaisinmaksuajan, mikäli investointi hankitaan esimerkiksi lainalla. Korollinen takaisinmaksuaika saadaan yhtälöllä:

$$TMA_i = \frac{-\ln\left(\frac{1}{i} - \frac{I}{S_t}\right) - \ln(i)}{\ln(1+i)} \quad (8)$$

jossa TMA_i on korollinen takaisinmaksuaika [a], i on korkokanta [%], S_t on nettotuotto vuodessa [€/a] ja I on investoinnin hankintameno [€]. (Sinkkonen 2020.)

5.4. Nykyarvo

Tarkastellaan investoinnin kannattavuutta laskemalla investoinnin nykyarvo (NA). Nykyarvomenetelmässä investoinnista saatavat tuotot sekä investoinnin kulut diskontataan nykyhetkeen käyttäen valittua korkokantaa. Investointi on kannattava, mikäli nykyarvo on suurempi kuin nolla eli positiivinen luku. Nykyarvo voidaan laskea kaavalla:

$$NA = \sum_{t=1}^n \frac{S_t}{(1+i)^t} + \frac{JA}{(1+i)^n} - I \quad (9)$$

jossa NA on investoinnin nykyarvo [€], S_t on nettotuotto vuodessa [€/a], i on korkokanta [%], t on tarkasteltava vuosi [-], n on investoinnin pitoaika [a,v], JA on jäännösarvo käyttööän lopussa [€] ja I on investoinnin hankintameno [€].

Kun jäännösarvo on nolla sekä oletetaan vuosittaisten kustannusten pysyvän vakiona, nykyarvon lauseke saadaan muotoon:

$$NA = a_{n/i} * S_t - I \quad (10)$$

jossa $a_{n/i}$ on jaksollisten suoritusten nykyarvotekijä [-].

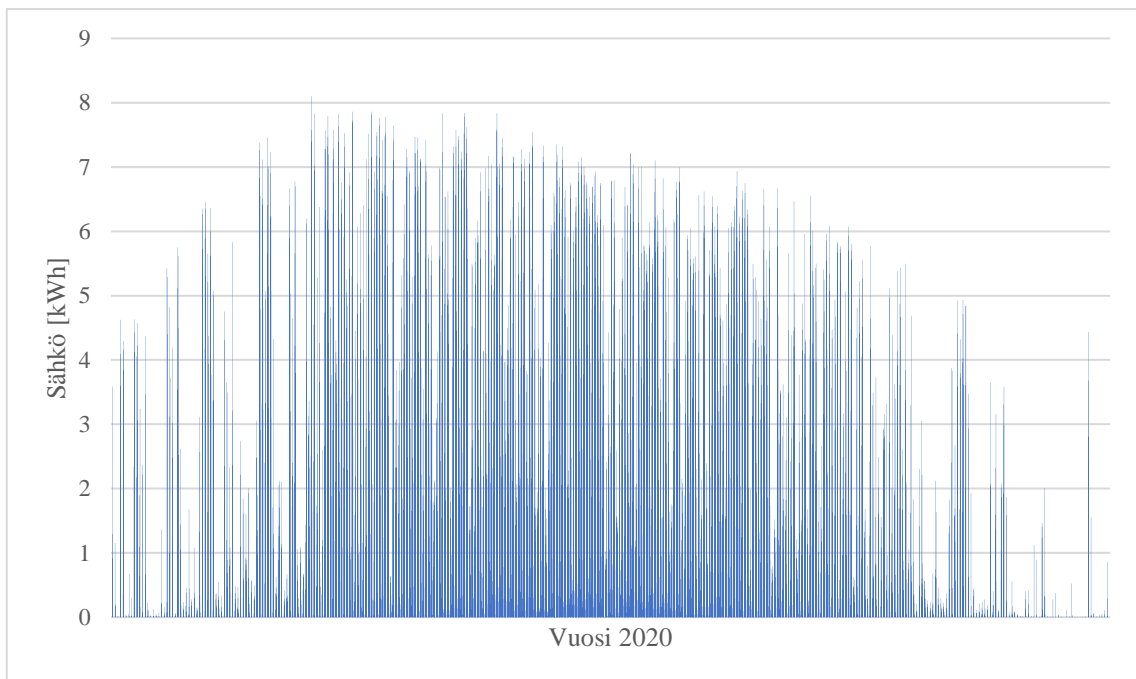
Nykyarvotekijä saadaan laskettua seuraavasti:

$$a_{n/i} = \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \quad (11)$$

jossa i on korkokanta [%] ja n on investoinnin pitoaika [a,v]. (Sinkkonen 2020.)

6. Tulokset

Tuloksissa tarkastellaan kuukausikohtaisia tuloksia yhdelle vuodelle, vuotuisia säästöjä ja kustannuksia sekä investoinnin kannattavuutta. Aurinkosähköjärjestelmän tuotantotiedot on arvioitu EU:n ylläpitämästä Photovoltaic Geographical Information System -järjestelmästä (PVGIS) vuodelta 2020 kohteen sekä saadun tarjouksen tietojen avulla. Kuvassa 7 on esitetty kyseiset tuotantotiedot tuntikohtaisesti koko vuodelle.



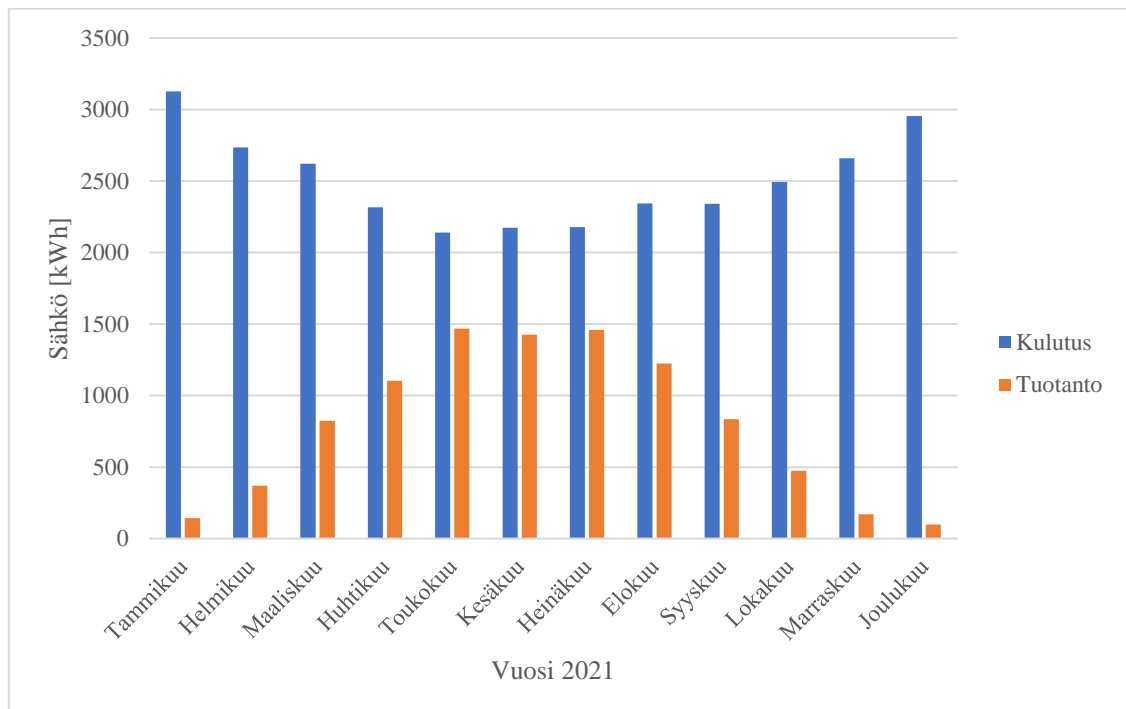
Kuva 7. Aurinkosähköjärjestelmän tuotanto tunneittain vuonna 2020 (PVGIS 2022).

Taulukossa 2 on puolestaan esitetty koko taloyhtiön sähkönkulutus ja yritys x:n tarjoaman aurinkosähköjärjestelmän arvioitu tuotanto kuukausittain.

Taulukko 2. Sähkönkulutustiedot ja aurinkosähköjärjestelmän tuotanto taulukoituna.

Kuukausi	Kulutus [kWh]	Tuotanto [kWh]
Tammikuu	3128	143
Helmikuu	2735	369
Maaliskuu	2620	823
Huhtikuu	2317	1103
Toukokuu	2141	1468
Kesäkuu	2173	1426
Heinäkuu	2177	1459
Elokuu	2344	1224
Syyskuu	2340	834
Lokakuu	2494	474
Marraskuu	2660	170
Joulukuu	2955	97
yhteensä	30084	9590

Kuvassa 8 on esitetty taulukko 2:n mukaiset sähkönkulutustiedot suhteessa yritys x:n tarjoaman aurinkosähköjärjestelmän tuotantoon kuukausittain sähkön tarpeen ja tuotannon suuruuden havainnollistamiseksi.

**Kuva 8.** Sähkönkulutustiedot ja aurinkosähköjärjestelmän tuotanto pylväsdiaagrammina.

Taulukossa 3 on esitetty asuntokohtainen ostosähkönkustannus vuodelle 2021, kun kaikki sähkö ostetaan verkosta. Laskuissa on käytetty asuntokohtaisia kulutustietoja vuodelta 2021 sekä arvioitua sähkön kilowattitunti hintaa.

Taulukko 3. Ostosähkön vuotuinen kustannus.

	k_s [€]
Asunto 1	929,0
Asunto 2	1479,6
Asunto 3	939,0
Asunto 4	574,7
Taloyhtiö	422,9
yhteensä	4345,2

Taulukkoon 4 on koostettu kuukausikohtaisesti aurinkosähkön käytön jakaantuminen ja siitä saatavat säästöt sekä omakäyttöaste. Tulokset on listattu kuukausittain, mutta laskuissa on käytetty tunnikohtaisia kulutus- sekä tuotantotietoja, jotta saadaan tarkempi arvio ylijäämäsähkön määrästä. Omakäyttöasteesta on laskettu suoran keskiarvon lisäksi painotettu keskiarvo realistisemmän arvion saamiseksi.

Taulukko 4. Vuoden ajalta saatavat kuukausikohtaiset säästöt ja omakäyttöaste.

Kuukausi	Omakäyttö [kWh]	Säästö omakäyttö [€]	Ylijäämä [kWh]	Säästö ylijäämä [€]	Säästö yhteensä [€]	Omakäyttöaste [%]
Tammikuu	128,6	18,6	14,7	0,8	19,4	89,7
Helmikuu	271,3	39,2	97,2	5,2	44,4	73,6
Maaliskuu	560,8	81,0	262,3	11,7	92,7	68,1
Huhtikuu	685,1	99,0	418,2	16,9	115,8	62,1
Toukokuu	906,0	130,9	561,6	25,0	155,9	61,7
Kesäkuu	803,5	116,1	622,3	31,3	147,4	56,4
Heinäkuu	1033,6	149,3	425,1	26,2	175,5	70,9
Elokuu	792,0	114,4	431,8	28,5	142,9	64,7
Syyskuu	655,1	94,6	179,3	12,6	107,2	78,5
Lokakuu	422,0	61,0	52,0	3,0	64,0	89,0
Marraskuu	154,3	22,3	15,8	1,0	23,3	90,7
Joulukuu	97,2	14,0	0,0	0,0	14,0	100,0
yhteensä painotettu ka	6509,5	940,2	3080,2	162,3	1102,5	75,5 67,9

Taulukkoon 5 on listattu investoinnin kannattavuuslaskelmat sisältäen korottoman ja korolliset takaisinmaksuajat sekä nykyarvot eri laskentakorkokannoilla. Lisäksi huomioidaan myös ARA:n myöntämä 25 % tuki investointiin.

Taulukko 5. Investoinnin takaisinmaksuaikoja sekä nykyarvoja.

	I [€]	I_{ara} [€]
Tarjous	15000,0	11250,0
TMA_k	13,6	10,2
$TMA_{i=5} \%$	23,4	14,6
$TMA_{i=4} \%$	20,0	13,4
$TMA_{i=3} \%$	17,7	12,4
$NA_{i=5} \%$	1948,9	5698,9
$NA_{i=4} \%$	4065,3	7815,3
$NA_{i=3} \%$	6610,5	10360,5

6.1. Tulosten tarkastelu

Tarkastellessa kohteen sähkönkulutustietoja kuukausittain sekä aurinkosähköjärjestelmän arvioitua tuottoa taulukossa 2 ja kuvassa 8, voidaan huomata, että kuukausitason tarkastelussa aurinkosähköä ei vaikuta syntyvän yli kulutuksen. Kuitenkin, kun kulutustietoja ja aurinkosähkön tuotantoa tarkastellaan tuntikohtaisesti yhden vuoden ajalta taulukossa 4, verkkoon myytävää ylijäämätuotantoa syntyy lähes joka kuukausi. Tähän vaikuttaa merkittävimpänä tekijänä aurinkosähkön tuntinetotus. Verkkoon myytävän sähkön osuus vaikuttaa täten kohteen omakäyttöasteeseen, jota voidaan tarkastella taulukosta 4. Omakäyttöaste pysyy joka kuukausi yli 50 % ja suoran keskiarvon mukaan se on noin 76 %. Painotetulla keskiarvolla omakäyttöaste laskee ja se on vuoden ajalta noin 68 %. Painotettu keskiarvo kuvaa realistisemmin tilannetta, kun suurin osa tuotannosta syntyy kesäisin ja isompi osa menee myyntiin. Näiden lukujen perusteella tuotettu aurinkosähkö saadaan kohtalaisen hyvin käytettyä kohteessa. Mikäli omakäyttöastetta halutaan kasvattaa, aurinkosähköjärjestelmään voi asentaa akkuvaraston, keskitetään sähkönkulutus suurimpiin tuotantopiikkeihin tai investointi tehdään tuotantokapasiteetilta pienempään aurinkosähköjärjestelmään.

Ostosähkön vuotuista kustannusta on arvioitu taulukkoon 3 sekä aurinkosähköllä syntyviä säästöjä taulukossa 4. Säästöä muodostuu, kun ostosähkön sijaan käytetään

aurinkosähköjärjestelmän tuottamaa sähköä. Lisäksi säästöä syntyy hieman verkkoon myytävästä ylijäämästä, mutta huomataan että siitä saatava tuotto on hyvin pientä. Tämän takia on tärkeää mitoittaa järjestelmä siten, että ylijäämää syntyy mahdollisimman vähän. Kokonaisuudessaan säästöistä voidaan huomata, että vuositasolla koko taloyhtiön olisi mahdollista säästää noin 1103 €, joka on noin 25 % koko vuoden ostosähkön kustannuksesta. Säästöä voisi suurentaa investoimalla akkujärjestelmään, jolloin tuotettu sähkö saadaan varastoitua ja käytettyä myöhemmin. Akkujärjestelmään investoiminen kuitenkin kasvattaa investoinnin kustannusta ja voi mahdollisesti vaikuttaa investoinnin takaisinmaksu-aikaan sekä nykyarvoon.

Virhettä tuntikohtaiseen tarkasteluun aiheuttaa se, että kulutustiedoissa käytettiin asunto 2 tuntikohtaisia kulutustietoja esimerkkinä, eikä koko taloyhtiön. Jokaisen kulutustottumukset ovat erilaisia mikä vaikuttaa ylijäämän määrän syntyyn. Tämä kuitenkin antaa suuntaa tuntikohtaisesta kulutuksesta sekä ylijäämään määrästä vuositasolla. Virhettä aiheuttaa myös kulutustietojen tarkastelu vuodelta 2021 ja aurinkosähkön tuotannon vuodelta 2020. Sähkönkulutus vaihtelee vuosittain ja siihen voi vaikuttaa tietyinä vuonna merkittävästi esimerkiksi asukkaan lomat ja muut pidemmät poissaolot kotoa. Lisäksi säteilytietojen ja tuotantotietojen ollessa vuodelta 2020, aurinkopaneeleista saatavaan tuottoon vaikuttavat vuosikohmainen säteily määrä sekä vuoden lämpötilat (Bakhshi et al. 2016). PVGIS arvioi, että vuosittainen tuotannon vaihtelu voi olla noin 449 kWh (PVGIS 2022). Tarkemman tuloksen saamiseksi tarkastelu tulisi tehdä keräämällä jokaisen asunnon tuntikohtaiset kulutustiedot sekä kohteen säteilytiedot useammalta vuodelta ja käyttää näistä saatuja keskiarvoja.

Spot-hinnoissa virhettä aiheuttaa neljän vuoden kuukausikohtaisten keskiarvohintojen käyttö, koska spot-hinta vaihtelee tuntikohtaisesti. Kuitenkin käyttäessä kuukausikohtaisia keskiarvoja saadaan arvio yleisesti vallitsevasta hintatasosta viimeisien vuosien aikana ja tulos on suuntaa antava. Spot- sekä ostosähkön hintaan vaikuttavat suuresti sähkön markkinatilanne, joten markkinatilanteen muuttuessa laskelmista saadut tulokset voivat vaihdella. Mitä korkeampi on sähkön hinta, sitä suuremmaksi voidaan olettaa aurinkosähköjärjestelmästä saadut säästöt.

Investointilaskujen tuloksia tarkasteltaessa taulukosta 5 voidaan huomata, että pienin lähes 10 vuoden takaisinmaksu-aika saadaan korottomalla takaisinmaksuajalla sekä ARA:n tuella. Suurin takaisinmaksu-aika puolestaan on, kun laskentakorkokantana käytetään viittä prosenttia. Tulos kertoo siitä, että mikäli takaisinmaksu-aika halutaan saada mahdollisimman

lyhyeksi, kannattaa investointi ottaa ilman lainarahaa. ARA:n tuella on tulosten perusteella suuri vaikutus takaisinmaksuaikaan, koska tuki lyhentää kyseisessä tapauksessa takaisinmaksuaikaa usealla vuodella. Myös nykyarvon suuruuteen vaikuttaa merkittävästi ARA:n myöntämä tuki, mikä kasvattaa nykyarvon suuruutta tuhansilla. Nykyarvoista kaikki ovat vahvasti positiivisia sekä takaisinmaksuaika on lyhyempi kuin investoinnin pitoaika, joten investointia voidaan pitää kannattava (Bakhshi et al. 2016).

Investointilaskuissa virhettä aiheuttaa, että vuotuinen tuotto oletettiin vakioksi. Saatu tuotto voi vaihdella eri vuosina oman kulutuksen, sähkön hinnan sekä aurinkosähköjärjestelmän tuoton mukaan. Virhettä aiheuttaa myös esimerkkikorkokannat, koska ei voida olla varmoja tulevaisuudessa vallitsevista koroista. Tuloksista huomataan, että laskentakoron kasvaessa, nykyarvo pienenee ja takaisinmaksuaika pitenee. Kannattavuutta tarkastellessa on tärkeää huomioida myös ARA:n tuen vaikutukset tuloksiin. ARA:n tuen vaatimuksena on E-luvun pieneneminen määritetyllä kertoimelle, jolloin tämä on tärkeää huomioida aurinkosähköjärjestelmän mitoituksessa. Saatavat tuet ja niiden ehdot voivat myös vaihdella tulevina vuosina, joten tukien ajankohtaiset tiedot kannattaa tarkistaa ennen investointia.

7. Yhteenveto

Tämän kandidaatintyön tavoitteena oli tarkastella aurinkosähköjärjestelmän investoinnin kannattavuutta Länsi-Vantaalla sijaitsevaan rivitaloyhtiöön sekä perehtyä lainsäädäntöön taloyhtiöiden kohdalla. Aurinkosähköjärjestelmän kokoluokan lähtökohtana oli, että mahdollisimman suuri osa tuotetusta sähköstä menee taloyhtiön sekä asuntojen käyttöön. Tarkastelua varten kerättiin yksilöllisiä sähkönkulutustietoja, joiden pohjalta pyydettiin tarjous aurinkosähköjärjestelmiä tarjoavalta yritykseltä sekä tarkasteltiin järjestelmän yhteensopiavuutta ja kannattavuutta.

Lainsäädännön tarkastelusta selvisi, että uusi asetus mahdollistaa paikallisen energiayhtiön tai aktiivisten asiakkaiden ryhmän muodostamisen. Kohteessa voitaisiin menetellä uuden lain mukaan, jolloin aurinkosähköä pystyttäisiin käyttämään taloyhtiössä myös osakkaiden käyttöön. Laskennan tuloksista huomattiin, että tarjouksen mukainen järjestelmä tuotaisi arviolta säästöä 1103 € vuodessa koko taloyhtiölle. Omakäyttöasteen perusteella suurin osa tuotetusta sähköstä saadaan kulutettua taloyhtiön kesken. Investointilaskelmien mukaan, investoinnin takaisinmaksuaika on yli 10 vuotta. Pienin takaisinmaksuaika saatiin korottomalla takaisinmaksuajalla sekä ARA:n avustuksella. Lasketut nykyarvot ovat kaikki vahvasti positiivisia sekä takaisinmaksuaika on lyhyempi verrattuna investoinnin pitoaikaan, joten investointia voidaan pitää kannattavana.

Työssä saavutettiin sille asetetut tavoitteet. Työn laskennasta saatuja tuloksia ei voi yleistää muille rivitaloyhtiöille, koska tarkastelussa käytettiin monia kohdekohtaisia tietoja. Sähkömarkkinatilanteen vaihdellessa kannattavuuslaskelmista saadut tulokset voivat muuttua. Täten uudet selvitykset kannattaa tehdä ajankohtaisilla tiedoilla. Aurinkosähköjärjestelmää tarkastellessa taloyhtiöön, on osakkaalla myös vaihtoehtona hankkia järjestelmä itse omana hankintana katolle. Tähän tarvitsee taloyhtiön suostumuksen ja mitoitus tehdään tällöin vain omaan kulutukseen. Kuitenkin uuden lain ansiosta tulevaisuudessa selvitykset aurinkosähköjärjestelmistä eri kokoihin taloyhtiöihin kiinnostavat varmasti kuluttajia.

Lähteet

ARA. 2021. Avustettavat korjaukset ja avustuksen laskenta. [Verkkosivu]. [Viitattu 20.3.2022]. Saatavilla: https://www.ara.fi/fi-FI/Lainat_ja_avustukset/Energiaavustus/Avustettavat_toimenpiteet_ja_avustuksen_laskenta

Bakhshi, R. & Sadeh, J. 2016. A comprehensive economic analysis method for selecting the PV array structure in grid-connected photovoltaic systems. *Renewable energy*. Vol.94. p.524–536.

Energiateollisuus. 2022. Sähkön hinta koostuu kolmesta osasta. [Verkkosivu]. [Viitattu 10.3.2022]. Saatavilla: https://energia.fi/energiasta/asiakkaat/sahkoasiakkuus/sahkon_hinta

Energiateollisuus. 2021. Aurinkosähkö. [Verkkosivu]. [Viitattu 8.12.2021]. Saatavilla: <https://energia.fi/energiasta/energiantuotanto/sahkontuotanto/aurinkovoima>

Energiavirasto. 2022. Sähkön hintatilastot. [Verkkojulkaisu]. [Viitattu 16.3.2022]. Saatavilla: <https://energiavirasto.fi/sahkon-hintatilastot>

Energiavirasto. 2021. Aurinkosähkön tuotantokapasiteetti kasvoi 45 prosenttia vuonna 2020 – pientuotantoa lähes 300 megawattia. [Verkkojulkaisu]. [Viitattu 13.1.2022]. Saatavilla: <https://energiavirasto.fi/-/aurinkosahkon-tuotantokapasiteetti-kasvoi-45-prosenttia-vuonna-2020-pientuotantoa-lahes-300-megawattia>

Fingrid. 2022. Taseselvitys. [Verkkojulkaisu]. [Viitattu 11.3.2022]. Saatavilla: <https://www.fingrid.fi/sahkomarkkinat/tasepalvelut/taseselvitys/>

Fraile, D., Latour, M., El Gammal, A. & Annett, M. 2008. Photovoltaic energy, electricity from the sun. [Verkkojulkaisu]. [Viitattu 13.1.2022]. Saatavilla: https://www.motiva.fi/files/9179/Photovoltaic_Energy_Electricity_from_the_Sun_EPIA.pdf

Hakkarainen, T., Tsupari, E., Hakkarainen, E. & Ikäheimo, J. 2015. The role and opportunities for solar energy in Finland and Europe. [Verkkojulkaisu]. [Viitattu 13.1.2022]. Saatavilla: <https://www.vttresearch.com/sites/default/files/pdf/technology/2015/T217.pdf>

Helen Oy. 2022. Aurinkolaskuri. [Verkkosivu]. [Viitattu 15.3.2022]. Saatavilla: <https://www.helen.fi/aurinkopaneelit/aurinkopaneelipaketit/aurinkolaskuri>

Huld, T. & Pinedo-Pascua, I. 2019. Global irradiation and solar electricity potential. [Verkkajulkaisu]. [Viitattu 18.3.2022]. Saatavilla: https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_download/map_index.html

Kelola, K. 2019. Aurinko – kaikki mitä olet halunnut tietää auringosta – ja vähän enemmänkin. [Verkkajulkaisu]. [Viitattu 8.12.2021]. Saatavilla: <https://www.helen.fi/asiakaspalvelu/ajankohtaista/arjessa/aurinkoenergia/aurinko>

IEA. 2020. Trends in photovoltaic applications 2020. [Verkkajulkaisu]. [Viitattu 12.1.2022]. Saatavilla: https://iea-pvps.org/wp-content/uploads/2020/11/IEA_PVPS_Trends_Report_2020-1.pdf

Juuti, P. 2021. Aurinkosähkön kannattavuus paranee omakotitaloissa ja taloyhtiöissä – katso kartalta, milloin säästöt kasvavat omalla paikkakunnallasi. [Verkkajulkaisu]. [Viitattu 10.3.2022]. Saatavilla: <https://yle.fi/uutiset/3-11767604?>

Jäger, K., Olindo I., H.M. Smets, A., A.C.M.M van Swaaij, R. & Zeman, M. 2014. Solar Energy Fundamentals, Technology, and Systems. [Verkkajulkaisu]. [Viitattu 12.1.2022]. Saatavilla: https://courses.edx.org/c4x/DelftX/ET.3034TU/asset/solar_energy_v1.1.pdf

Motiva. 2022a. Aurinkosähkö taloyhtiössä. [Verkkosivu]. [Viitattu 14.4.2022]. Saatavilla: https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/taloyhtiöt_-_yhdessä_energiatehokkaasti/aurinkosähkö_taloyhtiössä

Motiva. 2022b. Ylijäämäsähkön myynti. [Verkkosivu]. [Viitattu 8.3.2022]. Saatavilla: https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosähkö/aurinkosähköjärjestelmän_kaytto/ylijaamasähkön_myynti

Motiva. 2021a. Auringonsäteilyn määrä Suomessa. [Verkkosivu]. [Viitattu 8.12.2021]. Saatavilla: https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosähkö/aurinkosähkön_perusteet/auringonsäteilyn_maara_suomessa

Motiva. 2021b. Auringosta sähköä. [Verkkosivu]. [Viitattu 13.1.2022]. Saatavilla: https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosähkö/aurinkosähkön_perusteet/auringosta_sähköä

Motiva. 2021c. Aurinkosähköteknologiat. [Verkkosivu]. [Viitattu 13.1.2022]. Saatavilla: https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/aurinkosahkojarjestelmat/aurinkosahkoteknologiat

Motiva. 2021d. Aurinkopaneelien asentaminen. [Verkkosivu]. [Viitattu 2.2.2022]. Saatavilla: https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/hankinta_ja_asennus/aurinkopaneelien_asentaminen

Motiva. 2021e. Aurinkosähkötuotannon taloudellinen tukeminen. [Verkkosivu]. [Viitattu 20.3.2022]. Saatavilla: https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/jarjestelman_valinta/aurinkosahkotuotannon_taloudellinen_tukeminen

Puranen, P., Kosonen, A. & Ahola, J. 2021. Techno-economic viability of energy storage concepts combined with a residential solar photovoltaic system: A case study from Finland. *Applied energy*. Vol.298. p.117119.

PVGIS. 2022. [Verkkosivu]. [Viitattu 14.3.2022]. Saatavilla: https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/

Simola, A., Kosonen, A., Ahonen, T., Ahola, J., Korhonen, M. & Hannula, T. 2018. Optimal dimensioning of a solar PV plant with measured electrical load curves in Finland. *Solar energy*. Vol.170. p.113–123.

Sinkkonen, T. 2020. Kustannusjohtamisen peruskurssi, investointilaskenta. [Luentomateriaali]. [Viitattu 15.3.2022].

Tuomi, T. 2020. Vihdoinkin: tunnin sisäinen netotus toteutuu, asunto-osakeyhtiöt pääset nauttimaan aurinkosähkön hedelmistä ja kiinteistön rajan ylittävä energiayhteisö on mahdollinen. [Verkkajulkaisu]. [Viitattu 10.3.2022]. Saatavilla: <https://lahienergia.org/lahienergiailiiton-pitkajanteinen-ja-maaratietoinen-tyo-hajautetun-pientuotannon-edistamiseksi-kantaa-hedelmaa/>

Työ- ja elinkeinoministeriö. 2022. Sähkön vähittäismarkkinoiden tiedonvaihto astui uuteen aikakauteen – Datahub onnistuneesti käyttöön. [Verkkajulkaisu]. [Viitattu 10.3.2022]. Saatavilla: <https://tem.fi/-/sahkon-vahittaismarkkinoiden-tiedonvaihto-astui-uuteen-aikakauteen-datahub-onnistuneesti-kayttoon>

Valtioneuvosto. 2020. Valtioneuvoston asetus sähkötoimitusten selvityksestä ja mittauksesta annetun valtioneuvoston asetuksen muuttamisesta. [Verkkajulkaisu]. [Viitattu 10.3.2022]. Saatavilla: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2020/20201133>

Vantaan Energia Sähköverkot Oy. 2022. [Verkkosivu]. [Viitattu 18.3.2022]. Saatavilla: www.vantaanenergia.fi/online

Vantaan Energia Sähköverkot Oy. 2021. Sähkönsiirtohinnoista ja -tuotteet. [Verkkajulkaisu]. [Viitattu 16.3.2022]. Saatavilla: <https://www.vantaanenergiasahkoverkot.fi/hinnat-ja-tuotteet/hinnat-ja-ehdot/>

Vasara, P. 2020. Energian tarve 2035 – ja kuinka paljon sähköä? [Verkkajulkaisu]. [Viitattu 18.3.2020]. Saatavilla: <https://tem.fi/documents/1410877/17156670/P%C3%B6yry%2BVesa%2BVasara%2B050520.pdf/1d32f9a7-7722-e0cd-cfc0-800a68722bd3/P%C3%B6yry%2BVesa%2BVasara%2B050520.pdf>

VTT ja Elenia. 2021. Energiayhteisökäsikirja. [Verkkajulkaisu]. [Viitattu 17.3.2022]. Saatavilla: <https://lahienergia.org/wp-content/uploads/elenia-energiayhteisokasikirja.pdf>

Vuorela, J. 2019. Totta vai tarua: aurinkoenergian tuotanto Suomessa kannattaa, vaikka täällä on pimeää, pilvistä ja talvella lunta. [Verkkajulkaisu]. [Viitattu 18.3.2022]. Saatavilla: <https://www.helen.fi/asiakaspalvelu/ajankohtaista/arjessa/aurinkoenergia/totta-vai-tarua>

Väisänen, J., Kosonen, A., Ahola, J., Sallinen, T. & Hannula, T. 2019. Optimal sizing ratio of a solar PV inverter for minimizing the levelized cost of electricity in Finnish irradiation conditions. Solar energy. Vol.185. p.350–362