

LAPPEENRANNAN TEKNILLINEN YLIOPISTO
LUT School of Energy Systems
Ympäristötekniikan koulutusohjelma
Kandidaatintyö

AURINKOSÄHKÖN OPTIMAALINEN KÄYTTÖ
KERROSTALOKOHOITESSA
Optimal use of photovoltaic power in an apartment building

Työn tarkastaja: Professori Risto Soukka
Työn ohjaaja: Laboratorioinsinööri Simo Hammo

Lappeenrannassa 19.12.2018
Mikko Palander

TIIVISTELMÄ

Lappeenrannan teknillinen yliopisto
LUT School of Energy Systems
Ympäristötekniikan koulutusohjelma

Mikko Palander

Kerrostalo-kohteen aurinkovoiman optimointi

Kandidaatintyö

2018

29 sivua, 2 liitettä

Työn tarkastaja: Professori Risto Soukka
Työn ohjaaja: Laboratorioinsinööri Simo Hammo

Hakusanat: kandidaatintyö, aurinkosähkö

Tässä työssä tarkastellaan aurinkosähköjärjestelmiä niiden optimaalisen asentamisen ja käytön kannalta erityisen huomion kohteena tapauskohteena. Työn tavoitteena on selvittää tapauskohteen, eli Asunto Oy Lappeenrannan Luminan Koulukatu 22 kerrostalo-kohteen aurinkosähköjärjestelmän mitoituksen sopivuutta, ja eri käyttötapoja ylijäämäsähkölle.

Ongelmana tapauskohteen osalta on ollut tiedon puute jo olemassa olevan aurinkosähköjärjestelmän toiminnasta. Tavoitteisiin vastamaan lähdetään yleisen aurinkosähköjärjestelmistä ja niiden suunnittelusta olevan tiedon, kohteesta saatujen lähtötietojen, mittaustiedon ja Euroopan komission PVGIS järjestelmän avulla.

Yleisessä osiossa kerätyn tiedon pohjalta tiedetään, että aurinkosähköjärjestelmä on pääsääntöisesti sitä kannattavampi, mitä suurempi osa tuotetusta sähköstä saadaan käytettyä itse. Tapauskohteen osalta saadaan, että omakäyttösuhde kiinteistösähköä korvaavasta tuotannosta on noin 64%, ja että järjestelmän laajentaminen ei kannata, sillä järjestelmä on jo hieman ylimitoitettu kiinteistösähkön suhteen. Ylijäämäsähkön osalta tulokseksi saadaan, että nykyisellään ylijäämäsähkön myyminen yleiseen jakeluverkkoon on kannattavin vaihtoehto verrattuna esimerkiksi akkujärjestelmään tai veden lämmittämiseen kaukolämpökohteessa. Lisäksi voidaan todeta, että tuotannon jakaminen taloyhtiön sisäisesti siirtokuluitta ja veroitta tulevaisuudessa hyvityslaskentamallin mukaisesti, voisi mahdollistaa yhä suuremman aurinkosähkön käytön kasvun.

Sisällysluettelo

Lyhenteet ja merkinnät.....	4
1. Johdanto.....	5
2. Aurinkosähköjärjestelmät.....	6
2.1 Tietoa aurinkosähköstä.....	6
2.2 Aurinkosähkö käytännössä.....	7
2.2.1 Aurinkosähköjärjestelmän mitoitus.....	8
2.2.2 Aurinkopaneelien suuntaus.....	9
2.2.3 Aurinkosähköjärjestelmän verkkoon kytkentä.....	10
2.2.4 Ylijäämä sähkö ja varastointi.....	11
2.2.5 Mittarointi taloyhtiössä.....	11
2.3 Aurinkosähköjärjestelmien hintataso.....	13
2.4 Yleiset lupa-asiat ja vaatimukset.....	14
3. Tapauskohteen tarkastelu.....	16
3.1 Nykytilanne.....	16
3.1.1 Kulutus ja tuotanto.....	17
3.1.2 Mitoitus ja ylijäämä sähkö.....	18
3.2 Toimenpide mahdollisuuksia aurinkosähköjärjestelmän suhteen.....	20
3.2.1 Järjestelmän säilyttäminen nykyisellään.....	20
3.2.2 Kaukolämmön korvaaminen ylijäämä sähköllä.....	21
3.2.3 Akkujärjestelmä.....	22
3.2.4 Takamittaroinnin tai hyvityslaskentamallin tuoma potentiaali.....	23
4. Yhteenveto ja johtopäätelmät.....	25
Lähteet.....	26

Liite 1. PVGIS järjestelmässä käytetyt ja sieltä saadut tarkat tiedot

Liite 2. Finsolar kannattavuuslaskurissa käytetyt tiedot.

Lyhenteet ja merkinnät

Lyhenteet

PVGIS ”Photovoltaic Geographical Information System”. Euroopan komission yhdistetyn tutkimuskeskuksen maantieteellinen auringonsäteilyn ja aurinkosähkötekniikan tietojärjestelmä

Alaindeksit

p ”peak”. Viittaa aurinkosähköjärjestelmän huippu- eli nimellistehoon.

Yksiköt

kVa ”kilo-voltti-ampeeri”. Volttiampeeri on tehon yksikkö. Fysiikaalisesti sama kuin normaali watti [W]. Sähkötekniikassa tätä käytetään kuitenkin nimenomaan näennäistehon yksikkönä, joka on sähkötekniikassa oma suurensa.

1. Johdanto

Aurinkosähköjärjestelmien hintojen merkittävä halventuminen viimeisen vuosikymmenen aikana ja Euroopan unionin kasvihuonekaasupäästöjen vähennystavoitteet ovat lisänneet merkittävästi aurinkosähkön kiinnostavuutta myös Suomessa (Paavola 2013, 2). Etelä-Suomen auringonsäteilyn määrän ollessa samaa luokkaa kuin Pohjois-Saksassa, jossa aurinkosähkö hyödynnetään laajasti, ei perinteisesti ajateltua maantieteellistä estettä aurinkosähkön hyödyntämiselle Suomessakaan ole (Motiva 2018a). Lisäksi aurinkosähköjärjestelmien ollessa lähes huoltovapaita ja päästöttömiä, sopii ne erinomaisesti hajautettuun mikrotuotantoon mm. asuinkiinteistö tasolla. Näin ollen ne ovat kansallisesti erittäin merkityksellinen uusiutuvan energian lähde. (Paavola 2013, 2) Käytännön esteitä ja ongelmia, kuten sopiva mitoitus, kuitenkin aurinkosähköjärjestelmien käytössä on. Näin on myös tapauskohteessa, josta aihe on kandidaatin työksi tullut.

Tapauskohteena toimii Asunto Oy Lappeenrannan Luminan Koulukatu 22 kerrostalokohde. Kohteessa on ollut jo muutamia vuosia teknisesti toimiva aurinkosähköjärjestelmä, jonka tuotannolla on korvattu kiinteistösähköä. Asuntoyhtiöllä on kuitenkin halu edelleen maksimoida hyöty omasta aurinkosähkön tuotannosta. Tässä vaiheessa on hyvä huomata, että omakotitalojen lisäksi kerrostalot ovat erinomaisia aurinkosähköjärjestelmien sovelluskohteita. Kerrostalojen kiinteistösähkö sopii erinomaisesti aurinkosähköllä korvattavaksi. Kuitenkin kerrostaloissa sijaitsevat aurinkosähköjärjestelmät ovat melko harvinaisia, esimerkiksi Lappeenrannassa tämä kyseinen kohde on ainut laatuaan tällä hetkellä.

Tässä kandidaatintyössä ensiksi tarkastellaan aurinkosähköjärjestelmiä yleisesti, jotta seuraavaksi voidaan ymmärtää tapauskohteen tilannetta. Tapauskohteen kannalta on kaksi keskeistä tutkimuskysymystä. Ensimmäinen on kysymys mitoituksesta, eli onko jo olemassa oleva aurinkosähköjärjestelmä sopivan kokoinen ja kannattaako sitä laajentaa. Toinen kysymys on tuotetun sähkön optimaalisesta käytöstä, eli käytännössä mitä ylijäämänsähkölle kannattaisi tehdä, mikäli sitä syntyy. Tämän työn tavoite on vastata näihin kysymyksiin. Näin ollen on myös järkevää rajata työn aurinkosähköjärjestelmien tarkasteleminen asuinkiinteistöjen mikrotuotannon tasolle tapauskohteeseen perustuen.

Työn yleiseen teoriaan pohjautuvan osan on tarkoitus koskea aurinkosähköjärjestelmiä yleensä erityisesti asuinkiinteistöjen näkökannasta, sekä antaa tukea ja tietoa tapauskohteen tarkasteluun. Näin tapauskohteen osalle jää nykytilan selvittäminen ja vastauksien löytäminen

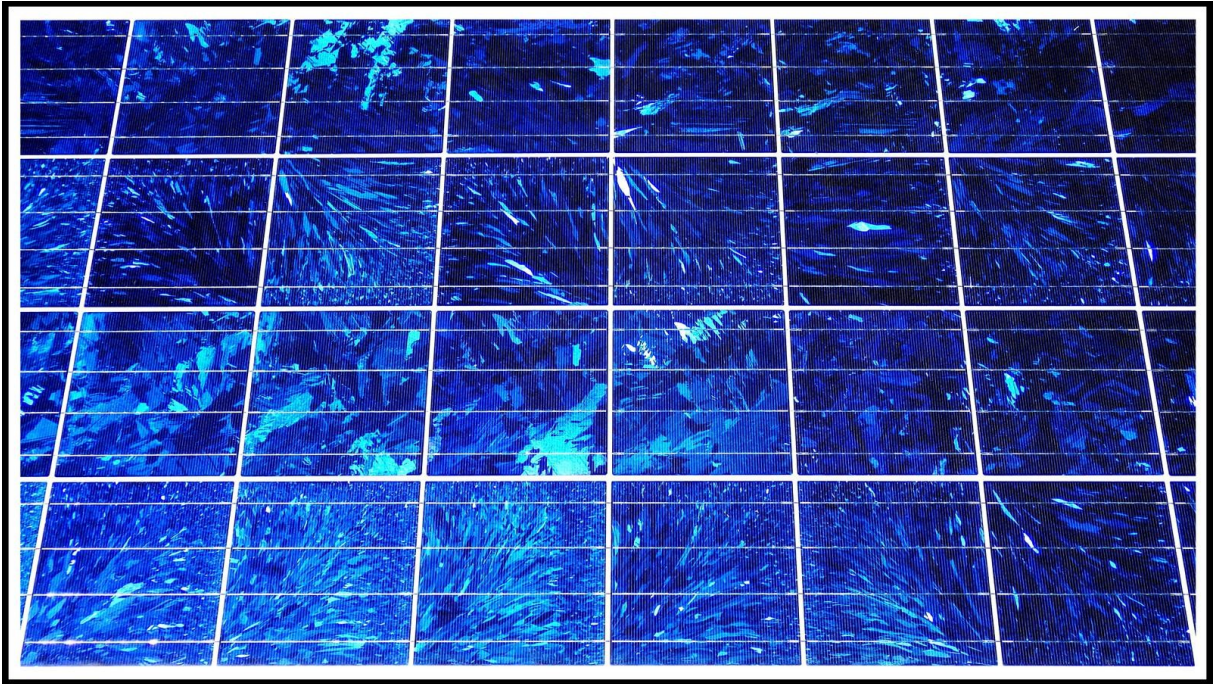
teorian ja mittaustiedon avulla. Lopulta esitellään työn johtopäätelmät ja yhteenveto saaduista työn tuloksista. Samalla pyritään ottamaan huomioon myös laajempaa ympäristöllistä ja sosiaalista näkökantaa.

2. Aurinkosähköjärjestelmät

Tässä luvussa tarkastelemme aluksi yleistä tietoa aurinkosähköstä, jotta voimme paremmin ymmärtää aurinkosähkön käyttöä ja sen merkitystä. Tämän jälkeen tarkastellaan aurinkosähkön käytäntöä, markkinoita ja yleisiä lupa-asioita.

2.1 Tietoa aurinkosähköstä

Aurinkosähköllä tarkoitetaan sähköenergiaa, joka on muunnettu maanpinnalle tulevasta auringon säteilyenergiasta sähköenergiaksi aurinkopaneelien avulla. (Paavola 2013, 4) Aurinkopaneelit koostuvat useista sähköisesti sarjaan kytketyistä aurinkokennoista, joiden sähkön tuotanto pääasiassa perustuu puolijohdemateriaaliin ja valosähköiseen ilmiöön. (Paavola 2013, 25) Nykypäivän aurinkokennot on tehty puolijohteeksi valmistetusta piistä pääasiassa yksi- ja monikiteisinä versiona. Pii on maan kuoressa toiseksi yleisin alkuaine, joka edesauttaa kennojen ympäristöllistä ja taloudellista edullisuutta. (Heinonen 2017, 7). Nykypäivän kiderakenteisista kennoista teknisesti heikompiakin monikidekenno tarjoaa moderneilta aurinkopaneeleilta odotettavan tehon noin 15% hyötysuhteella. On myös olemassa ohuista piikalvoista valmistettuja aurinkopaneeleja, joiden etuna on ohuempi rakenne ja kyky tulla valmistetuksi useisiin eri muotoihin. Ohutkalvopaneeleja voisi esimerkiksi hyödyntää rakennusten julkisivuilla niiden monimuotoisuuden ansiosta. Niiden hyötysuhde on kuitenkin huonompi, vain noin 10%. (Isojunno 2014, 9-13) Lisäksi aurinkopaneelien käyttöikä on pitkä tehontuottotakuiden ollessa yleensä ainakin 25 vuotta (Motiva).



kuva 1: Kuva tyypillisen monikide pii aurinkopaneelin pinnasta. (Okinawa Soba 2013). Kuvaa ei ole muokattu.

Aurinkosähkön tuotanto on aurinkosähköjärjestelmän käyttöön oton jälkeen huoletonta ja helppoa kiinteästi paikoilleen asennettujen aurinkopaneelien ansiosta. Ainoastaan aurinkosähköjärjestelmän invertteri, eli verkkokytkentälaitte tulee tyypillisesti vaihtaa kerran aurinkosähköjärjestelmän eliniän aikana (Motiva 2016a). Lukuun ottamatta invertteriä, voi olla, että järjestelmälle ei tarvitse tehdä elinikensä aikana mitään huoltotoimenpiteitä. Puhtaudestakin liukas kallistettu pinta ja sade pitää yleensä riittävällä tasolla huolta. Näin ollen ottaen lisäksi huomioon lähes ehtymättömän maanpinnalle saapuvan auringon säteilyenergian, voidaan aurinkosähköä pitää helposti yhtenä merkittävimpänä uusiutuvan energian lähteenä. Mahdollinen kysymys siitä, että miksi käyttää aurinkosähköä, pitäisikin kuulua enemmän, että miksi ei käyttää sitä.

2.2 Aurinkosähkö käytännössä

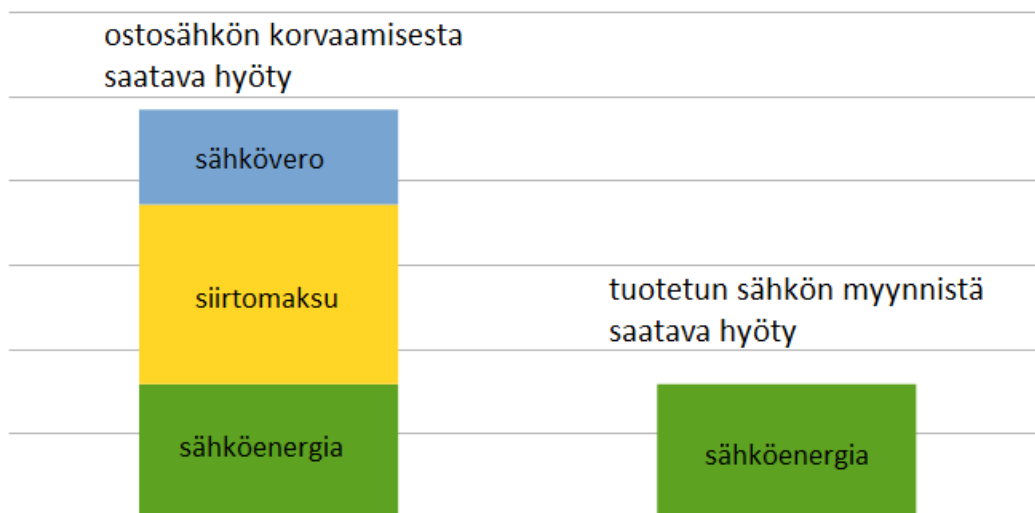
Aurinkopaneelit toimivat keskeisenä osana aurinkosähköjärjestelmää ja ovat luonnollisesti sen perusteellisin osa. Tavallisissa verkkoon kytketyissä järjestelmissä tarvitaan myös muita huomattavia komponentteja, joista keskeisin on invertteri. Invertteri, eli vaihtomuuntaja, vastaa aurinkosähkön verkkoon kytkennästä muuntajineen ja suojauksineen. Muita oleellisia osia ovat kaapelit, mittauslaitteet ja turvakytkin. (Paavola 2013, 23) Keskitytään tässä työssä kuitenkin lähinnä aurinkopaneelisiin ja niiden tuottamaan sähkөөn, jättäen järjestelmän muut

komponentit vähemmälle tarkastelulle niiden ollessa vähemmän oleellisia työn tavoitteiden kannalta.

2.2.1 Aurinkosähköjärjestelmän mitoitus

Asuinkiinteistöissä, joissa aurinkosähköllä on tarkoitus lähtökohtaisesti korvata ostettua verkkosähköä, on aurinkosähköjärjestelmää hankittaessa ensimmäisiä oleellisia asioita järjestelmän oikein mitoittaminen. Kohteessa kuin kohteessa olisi parhaiten mitoitettu järjestelmä sellainen, että tuotetulla sähköllä saadaan korvattua mahdollisimman suuri osa ostetusta sähköstä niin, että mahdollisimman pieni osa tuotannosta myydään (Motiva 2018b). Yksinkertaisimmillaan ajateltuna, mitä suurempi osa tuotetusta aurinkosähköstä saadaan käytettyä itse, ja mitä pienempi osa menee myyntiin, sitä parempi. Sopivasti mitoitetussa tapauksessakaan kuitenkaan ylijäämäsähköltä on parhaimmillaankin lähes mahdotonta täysin välttyä. Tämä johtuu auringonpaisteen ja sään ajallisesta ja satunnaisesta vaihtelusta.

Ylimoitettu järjestelmä taas tarkoittaa sitä, että iso osa tuotetusta sähköstä on ylijäämäsähköä. Iso ylijäämäsähkön osa puolestaan tarkoittaa ylimääräisiä investointikustannuksia. Ylijäämäsähkön myynnistä saa pienemmän rahallisen edun kuin ostetun sähkön korvaamisesta, jolloin myös ylimääräisen investoinnin takaisin maksuaika on sitä heikompi mitä isompi investoinnin ja ylijäämäsähkön ylimääräinen osa on. Pahimmassa tapauksessa liiaksi ylimitoitettu aurinkosähköjärjestelmä ei maksa itseään takaisin ollenkaan. Myydyin sähkön pienempi rahallinen etu johtuu siitä, että sähkökauppiat maksavat tuotetusta sähköstä vain sähköenergian hinnasta, mutta kuluttajan ostama sähkö sisältää lisäksi vero- ja siirto kustannukset, joiden osa sähkön kokonaishinnasta on noin kaksi kolmas osaa (Motiva 2016b). Lisäksi sähkön myynnistä saatavaa hyötyä saattaa pienentää hieman jakeluverkkoyhtiön sähkön siirrosta mahdollisest perimä palvelumaksu, joka on kuitenkin maksimissaan vain 0.07 snt/kWh, eli lähes olematon (Motiva 2016b). Havainnollistetaan asiaa karkeasti seuraavassa kuvassa, joka perustuu tapauskohteen ostosähkön tietoihin.



Kuva 2: Ostosähkön korvaamisen hyöty verrattuna tuotannon myynnin hyötyyn. Pystakseli kuvastaa rahallista arvoa yleisessä mielessä.

Alimitoitettu järjestelmä taas, jossa tuotanto jää huomattavasti kulutuksen alle valoisimpinakin kuukausina, ei ole myöskään ideaalisin vaikka ylijäämäsähkö ei syntyisi yhtään. Tämä johtuu paitsi siitä, että aurinkosähköllä halutaan nimenomaan korvata mahdollisimman paljon verkosta ostettua sähköä, myös siitä, että järjestelmien kokonaishinta suhteessa järjestelmän tehoon yleensä laskee järjestelmän tehon kasvaessa (Motiva 2017a).

Hyvänä lähtökohtana sopivassa mitoituksessa on yleensä kiinteistön pohjakuorman mukainen mitoitus. Pohjakuorma on se määrä sähköä, jonka kiinteistö vähintään kuluttaa jollakin ajanjaksolla. Vuodenaikojen suhteen kannattaa useimmiten keskittyä kesäajan pohjakuorman, milloin kulutus on pienintä ja tuotanto suurinta. Tämän takia aurinkosähköjärjestelmän sopiva koko kannattaakin valita niin, että ylijäämäsähkö syntyy maltillisesti kesän valoisimpina aikoina. Tällöin tuotantoa riittää myös paremmin vuoden muina aikoina, ja vuosituotanto on lähempänä vuosikulutusta ylijäämäsähkön osuuden jäädessä kokonaisuudessaan pieneksi. Mitoitus on aina tapauskohtaista, ja vaatii tietoa kulutuksesta ja aurinkopaneelien toiminnasta. Lisäksi järjestelmän koon valinnassa voi olla myös käytännön rajoittavia tekijöitä, kuten soveltuva asennuspinta-ala. (Motiva 2018b)

2.2.2 Aurinkopaneelien suuntaus

Viimeistään toteuttamisvaiheessa tulee lisäksi myös huomioida aurinkopaneelien suuntaus. Suuntaaminen on sinänsä yksinkertainen asia, mutta siinä on muutamia asioita, jotka on tärkeä tiedostaa. Yksinkertaisimmillaan paneelit kannattaa asentaa etelän suuntaan vinokaton kanssa samaan tasoon. Aurinkopaneelien optimaalinen kulma suhteessa vaakatasoon vaihtelee vuodenajan mukaan, mutta koko vuoden kannalta optimaalinen vaakakulma on noin 42

astetta. Kuitenkin jopa 20 asteen poikkeama tästä kulmasta ei pienennä tuotantoa kuin noin 5 %. Lisäksi ilman suunnan muuttamisella etelästä lounaaseen ei ole suurta vaikutusta. Näin ollen, mikäli paneeleille ei kohdistu varjostusta, voidaan aurinkopaneeleita asentaa monipuolisesti eri kohteisiin. Tasakatoille asennettaessa tarvitaan vain kallistavat telineet.

Tavalliselle kattoasennukselle vaihtoehtoinen tapa on myös seinäasennus. Pystysuorassa seinäasennuksessa vuoden kokonaistuotanto jää noin 20% alhaisemmaksi kuin optimaalisessa kattoasennuksessa, olettaen että paneelit pidetään puhtaan lumesta, mutta tuotanto jakautuu tasaisemmin eri vuodenajoille. Tuotannon jakaantuessa tasaisemmin eri vuodenajoille, on helpompi välttyä ylijäämästä kesäaikaan, ja voida paremmin kompensoida syys-, talvi-, kevätajan sähkön kulutusta. Kun otetaan huomioon ylijäämästä vähemmyys, ja se että paneelit pysyvät puhtaina lumesta ja lehdistä, tuottaen sähköä myös talvella ilman puhdistamista, voi seinäasennus olla varteenotettava vaihtoehto kattoasennuksen rinnalla. On lisäksi olemassa kallistuskulmaa muuttavia järjestelmiä, mutta niiden tuoman lisähinnan ja vikaantumisriskin vuoksi ne eivät todennäköisesti ole kannattavia talokohteissa. (Paavola 2013, 28)

2.2.3 Aurinkosähköjärjestelmän verkkoon kytkentä

Aurinkosähköjärjestelmän tuotannossa itse tuottajankin on hyvä tietää mihin ja miten sähkö siirtyy. Aurinkopaneelit voidaan kytkeä sähköverkkoon yksi tai kolmivaiheisilla inverttereillä, jossa ne syöttävät ensisijaisesti kiinteistön omaa verkkoa. Yksivaiheiset invertterit ovat tavallisia hyvin pienissä omakotitalo luokan aurinkosähköjärjestelmissä, sillä ne ovat halvempia kuin kolmivaiheinvertterit. Niiden avulla kytketyn järjestelmän teho saa olla kuitenkin maksimissaan noin 3.7 kVA. Tätä isommissa järjestelmissä kytketään paneelit verkkoon kolmivaiheisella invertterillä. Yksivaiheisesti kytketyissä järjestelmissä tulee tuotanto kytkeä siihen sähköverkon kolmesta vaiheesta, johon kulutus, kuten pohjakuorma sijoittuu. Kolmivaiheisesti kytketyssä järjestelmässä tuotanto luonnollisesti jakaantuu kaikille sähköverkon kolmelle vaiheelle. Yksivaiheisessa järjestelmässä mahdollinen kuorman järjesteleminen oikealle vaiheelle, kuten muutkin sähkötyöt, ovat pätevyyden omaavan sähköasentajan töitä. (Paavola 2013, 35-36) Tästä olisi kuitenkin tavallisenkin kuluttajan hyvä tietää, että yksivaiheisessa kytkennässä on mahdollista, mikäli kulutusta mitataan vaiheittain, että kiinteistö sekä ostaa ja myy sähköä saman aikaisesti. Näin käy, jos yhteen vaiheeseen kytketyssä järjestelmässä aurinkopaneelit tuottavat ylijäämästä sähköä, mutta muissa vaiheissa on kulutusta. (Paavola 2013, 37, 49)

2.2.4 Ylijäämä sähkö ja varastointi

Ylijäämä sähkö tapauksessa esimerkiksi virtakytkimen avulla voi luoda järjestelmään mahdollisuuden ohjata ylijäämä sähkö tiettyyn haluttuun paikkaan mikäli sille on jokin järkevä käyttökohde. Yksivaihtoehto voisi olla esimerkiksi syöttää ylijäämä sähkö lämminvesivaraajaan ja korvata mm. yö sähköä, mikäli järjestelmä sen sallii. Tällaisissa vaihtoehtoissa kuitenkin kannattaa tarkastella onko myyminen kuitenkin kannattavampaa. (Paavola 2013, 37)

Sähkön varastoiminen myöhempää käyttöä varten asuinkiinteistössä on mahdollista aurinkosähköjärjestelmään liitettävillä akkujärjestelmillä. Akkujärjestelmät mahdollistavat yhä suuremman aurinkosähkön osan sähköverkossa. Akkujärjestelmän lisäämisessä olemassa oleviin järjestelmiin ei luonnollisestikaan ole järkeä, mikäli ylijäämä sähköä ei tuotannosta juuri synny. Rakennuksissa, joissa aurinkosähköjärjestelmä on ylimitoitettu mm. energia luokan parantamiseksi, voi akkusähköjärjestelmässä olla järkeä omakäyttöasteen parantamiseksi (Paavola 2013, 34). Kuitenkin akkujärjestelmän korvatussa vain sähkön siirto- ja verokuluja, voi olla vaikea saada akkujärjestelmästä vielä itseään takaisin maksavaa. Tilanne kuitenkin voi olla muuttumassa jo lähitulevaisuudessa akkuteknologian parantuessa ja halventuessa. Tälläkin hetkellä esimerkiksi ekologiset arvot voivat tehdä akkujärjestelmästä varteenotettavan. (yle 2018; Paavola 2013, 49; Motiva 2016c)

2.2.5 Mittarointi taloyhtiössä

Taloyhtiöissä mittarointi toimii tavallisesti aivan kuin missä tahansa muussa asuntokohteessa, jokaisella asukkaalla tai asukaskunnalla, sekä kiinteistösähköllä on oma mittari. Tämä kuitenkin aiheuttaa tietynlaisen ongelman mikrotuotannon kannalta taloyhtiöissä. Koska taloyhtiön sisällä on yleisen jakeluverkon kannalta useita erillisiä käyttöpaikkoja, joilla jokaisella on oma mittari, on myös aurinkosähköjärjestelmä kytkettävä yksittäisen mittarin taakse. Tämä taas estää aurinkosähkön jakamisen koko taloyhtiön käyttöön. (Vuorinen 2018, 11)

Tällä hetkellä ainoa laillinen tapa toteuttaa aurinkosähkön jakaminen taloyhtiön sisäisesti ilman siirto ja vero kustannuksia on takamittarointi malli. Takamittaroinnissa kaikki järjestelyyn liittyvät käyttöpaikat yhdistetään yhden summamittarin taakse, eli ns. takamittarin taakse. Tällöin taloyhtiö tai sen osa on jakeluverkkoyhtiön ja sähköntoimittajan näkökannasta yksi asiakas. Taloyhtiö siis hoitaa sähkön hankinnan yhteisesti summamittarin kautta, ja jokaisen käyttöpaikan kulutusta mitataan erikseen taloyhtiön sisäisesti. Tämä järjestely

luonnollisesti mahdollistaa myös aurinkosähköjärjestelmän liittämisen summamittarin rinnalle, ja siten tuotetun sähkön jakamisen taloyhtiön sisällä. Takamittaroinnin etuina mm. voidaan hyödyntää aurinkosähköjärjestelmien skaalaetua, eli isompi on suhteessa halvempi, osakkaat voivat säästää sähkösopimuksen perusmaksuissa ja isolle kuluttajaryhmälle voi mahdollisesti saada suhteessa halvemmän sähkösopimuksen. (Auvinen 2018)

Takamittaroinnissa on kuitenkin paljon ongelmia. Nimittäin olemassa olevassa kohteessa on jokainen mittari päivitettävä ja summamittari lisättävä. Käytännössä siis summamittarin lisäksi jokaisen taloyhtiön sisäisen käyttöpaikan mittari on joko täysin uusittava tai ostettava olemassa olevat mittarit jakeluverkkoyhtiöltä. (Auvinen 2018) Kustannukset mittareiden muutoksien ja asennustöiden osalta vaihtelevat suuresti kohteen tarvitsemien mittari hankintojen ja kytkentöjen muutosten määrästä ja laadusta riippuen. Arviolta kustannukset kuitenkin ovat luokka 300-800€ osakasta kohden (Vuorinen 2018, 12). Takamittarointi järjestely myös sitouttaa osakkaan tiukasti järjestelyyn, estäen sähköntoimittajan vapaan kilpailuttamisen. Tämän vuoksi kaikkien järjestelyyn liittyvien osakkaiden kesken on asiasta oltava yksimielinen päätös, ja mikäli osakas haluaa erota järjestelystä jälkeen päin, tulee sen myös olla mahdollista. Vaatimus osakkaan suostumuksesta ja eroamismahdollisuuksista perustuu sähkömarkkinalakiin, jonka mukaan jokaisella sähkön loppukäyttäjällä on oikeus valita sähköntoimittajansa. Lisäksi tulee ottaa huomioon, että takamittaroinnissa taloyhtiön tulee myös järjestää sisäinen laskutus, mikä tuo myös lisäkustannuksia. (Auvinen 2018)

Nämä asiat huomioon ottaen, voidaan sanoa, että takamittaroinnin toteuttaminen jo olemassa olevassa kohteessa voi olla todella monimutkaista, vaikeaa ja kannattamatonta. Kuitenkin esimerkiksi uudisrakennuksessa takamittarointi voi olla erinomainen vaihtoehto, koska mittareista ja kytkennöistä ei synny ylimääräisiä kustannuksia (Auvinen 2018).

Takamittaroinnin lisäksi on olemassa myös toinen teoriassa mahdollinen vaihtoehto aurinkosähkötuotannon jakamiseksi taloyhtiön sisällä. Tämä virtuaalimittaroinniksi kutsuttu, eli hyvityslaskentamalli ei ole kuitenkaan järkevässä muodossa vielä laillisesti mahdollinen. Virtuaalimittaroinnissa yhdessä käyttöpaikassa ylituotettu sähkö ikään kuin kiertää yleisen jakeluverkon puolelta muihin käyttöpaikkoihin. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että esimerkiksi kiinteistösähkön puolella tuotettu ylijäämä sähkö hyvitetään muille osakkaille laskennallisesti verkkoyhtiön puolesta käyttäen jo olemassa olevien älymittareiden mittaustietoa. Ongelmana tässä on siis, että nykyisen lain tulkinnan mukaan verkkoyhtiön puolelta siirretty sähkö katsotaan olevan siirtomaksun ja sähköveron alaisia, tehden tästä ratkaisusta nykyisellään kannattamattoman. Kuitenkin suomessa on jo myönnetty

poikkeuslupia mallin kokeilemiseen. Mikäli kokeilut onnistuvat ja tulevaisuudessa sähkön ns. 'virtuaalinen' siirtäminen kiinteistössä sallitaan ilmaiseksi, avaisi se uusia mahdollisuuksia aurinkosähkön käytön kasvuun, tehden siitä entistä kannattavampaa. (Auvinen 2017)

2.3 Aurinkosähköjärjestelmien hintataso

Aurinkosähköjärjestelmien hankintaa on pitkään pidetty kalliina ja vaikeana. Kuitenkin, kuten nyt jo tiedetään, voi aurinkosähköjärjestelmä olla monella tapaa kannattava oikein mitoitettuna, mukaan lukien taloudellisesti ja ympäristöllisesti. Vaikeakaan hankinta ei välttämättä ole, sillä aurinkosähköjärjestelmiä on jo pitkään ollut tarjolla lukuisilta myyjiltä avaimet käteen periaatteella. Avaimet käteen kaupoissa toimittaja hoitaa useimmiten kaiken tarvittavan, kuten mitoitus, tarvittavien laitteiden hankinnat, asennukset ja lupa asiat kuntoon yhdellä hinnalla, ja ostaja saa käyttöönsä valmiin ja toimivan aurinkovoimalan. (Motiva 2017a)

Suomalaisen asunnon sähkönkulutus vaihtelee merkittävästi riippuen mm. asunnon koosta, tyyppistä ja varustelutasosta. Kuitenkin mm. Vattenfall:n verkkosivuilta löytyy esimerkkejä erityyppisten talouksien sähkön kulutuksesta suunnan antoa varten. Yhden hengen tavallisen kerrostalo talouden kulutus on 1400 kWh/a luokkaa ja kolmen hengen 2400 kWh/a luokkaa. Tavallisen kolmen hengen rivitalon kulutus on 4000 kWh/a luokkaa, sähkölämmityksettömän neljän hengen 120 m² omakotitalon 7300 kWh/ luokkaa ja sähkölämmitteisessä tapauksessa kulutus on 18 500 kWh/a luokkaa. (Vattenfall) Valitettavasti mm. kerrostalojen kiinteistösähkön kulutuksesta ei ole löydetty yleistä tietoa. Tämä kuitenkin antaa hieman kuvaa siitä, millaisessa luokassa suomalaisten yksityistalouksien sähkönkulutus liikkuu ja minkälaista kulutusta aurinkosähköjärjestelmillä saatetaan olla kattamassa.

Suomessa on myös olemassa aurinkosähköä koskevia investointitukia, kuten investointituki maatalouksille ja energiatuki yrityksille, kunnille ja yhteisöille (Lumme Energia). Energiatukikään ei koske kuitenkaan asunto-osakeyhtiöitä ja asuinkiinteistöjä, mitkä ovat tämän työn aihe (Business Finland). Lisäksi on olemassa myös yksityisille henkilöille merkittävä verotukseen liittyvä tukimuoto, kotitalousvähennys. Tämän tuen puitteissa aurinkosähköjärjestelmien hankinnasta voi saada kotitalousvähennyistä asennustyön osuudesta. Kotitalousvähennyksen osuus on 50% arvonlisäverollisen työn osuudesta, mutta maksimi määrä on 2400 euroa vuodessa ja omavastuu 100 euroa (Verohallinto). Yksityisille tämä on huomattava etu, ja nostattaa kotitalouksien aurinkosähköjärjestelmien avaimet käteen

pakettien kannattavuutta huomattavasti.

Aurinkosähköjärjestelmien hinta riippuu monista asioista, kuten mm. käytetyistä aurinkopaneeleista, invertteristä, muista komponenteista ja toimittajasta. Luonnollisesti eri toimittajia kannattaa myös perinteisesti kilpailuttaa, jotta saa parhaimman tarjouksen. Kuitenkin esimerkiksi Motivan verkkosivusto aurinkosahkoakotiin.fi tarjoaa mahdollisuuden vertailla valmiita viime aikojen avaimet käteen tarjouksia 3 kW_p-6 kW_p ja 10 kW_p-20 kW_p järjestelmien luokassa. Alaindeksi 'p' viittaa huippu- (peak) eli nimellistehoon. Sivustolla näkee kokonaishinnan lisäksi ainakin 3 kW_p-6 kW_p luokassa myös kotitalousvähennykseen oikeutetun hinnan osuuden, eli käytännössä asennuskustannusten osuuden. Lisäksi tietoja löytyy toimittajasta, paneeleista, invertteristä ja kiinnitysjärjestelmästä.(Motiva) Tämä onkin oiva sivusto nykyisen aurinkosähköjärjestelmien hintatason selvittämiseen.

Vertailemalla aurinkosahkoakotiin.fi sivustolta löytyviä tarjouksia edellä mainitussa kahdessa luokassa, voidaan saada melko hyvä kuva Suomen nykyisestä aurinkosähköjärjestelmien arvonlisäverollisesta avaimet käteen hintatasosta. Jakamalla hinta nimellisteholla saadaan 3-6 kW_p luokassa keskimääräiseksi hintatasoksi 1857 €/kW_p ja vaihteluväliksi 1367-2409 €/kW_p. 10-20 kW_p luokassa keskimääräiseksi hintatasoksi saadaan 1539 €/kW_p ja vaihteluväliksi 1222-1892 €/kW_p. Vertailunvuoksi mm. vuoden 2013 lopulla aurinkosähköjärjestelmien yleinen arvonlisäverollinen hintataso oli 1800-4000 €/kW_p luokkaa (Motiva 2017a).

Tällä perusteella tyypillisen omakotitaloon sopivan mm. 2 kW_p:n järjestelmän hinta voisi olla luokkaa $2 \cdot 1857 = 3714 \text{€}$, tai hieman enemmän ottaen huomioon, että järjestelmien suhteellinen hinta halventuu, mitä isompi järjestelmä on. Hinnan suhteellinen halventuminen johtuu ainakin esimerkiksi asennuskustannusten osuuden pienenemisestä, jonka voi esim. todeta tarkastelemalla tämän aurinkosahkoakotiin.fi sivuston tarjouksia. Tällaisen 2 kW_p:n järjestelmän vuosituotanto arvio voi olla luokkaa 1812 kWh vuodessa katolle asennettuna Etelä-Suomessa (Areva Solar). Tämä on aika vähän verrattuna sähkölämmityksettömänkin omakotitalon vuosikulutukseen. Tämä taas johtuu siitä, kuten aiemminkin mainittu, että aurinkosähkön tuotanto painottuu pääasiassa kesäaikaan, jolloin sähkönkulutus on juuri vähäisintä asuinkiinteistöissä.

2.4 Yleiset lupa-asiat ja vaatimukset

Aurinkosähköjärjestelmiin liittyy tiettyjä lainsäädäntöön johtavia vaatimuksia, joista

järjestelmää hankittaessa ja asennettaessa on oltava tietoinen. Vaikka järjestelmä hankittaisiinkin yhdeltä toimittajalta avaimet käteen pakettina, jolloin toimittaja hoitaa yleensä ulkoisetkin lupa- ja ilmoitusasiat kuntoon, on silloinkin asioita, jotka on hyvä huomioida aurinkosähköjärjestelmän hankkijana ja omistajana.

Lupa-asioiden läpi käyminen täytyy jo aloittaa aurinkosähköjärjestelmän suunnittelun vaiheessa ennen varsinaista komponenttien hankintaa. Rakentamiseen ja sähköverkkoon liittyvät lupa-asiat on oltava selvillä jo etukäteen. Kuitenkin rakentamiseen liittyvä lupakäytäntö on helpottunut merkittävästi 1.5.2017 voimaan tulleen Maankäyttö- ja rakennuslain muutoksen myötä. Tämän muutoksen myötä Maankäyttö- ja rakennuslain 126 a §:n mukaan aurinkopaneelien tai keräimien asentamiseen ei tarvita lähtökohtaisesti toimenpidelupaa, ellei niillä ole merkittävää vaikutusta kaupunkikuvaan tai ympäristöön. (MRL 1999/132) Kuitenkin siis mikäli luvanvaraisuudesta on epäselvää, tulee järjestelmän hankinnasta olla yhteydessä kunnan rakennusviranomaiseen etukäteen.

Yleiseen sähköjakeluverkkoon liittymisen osalta paikallisella sähköverkkoyhtiöllä on velvollisuus liittää myös mikrotuotantolaitos verkkoon sähkömarkkinalain mukaan. Jakeluverkkoon liittyminen on kuitenkin kiellettyä ilman verkkoyhtiön lupaa, koska verkkoyhtiön on varmistuttava laitteiston sopivuudesta jakeluverkkoon verkon toimivuuden ja turvallisuuden vuoksi. (Motiva 2018c) Tässä tapauksessa myös helpointa on olla suoraan yhteydessä paikalliseen jakeluverkkoyhtiöön tai käyttää esimerkiksi yhtiön omia nettisivuja hyväkseen. Lisäksi ennen tuotannon aloittamista on huomioitava etukäteen, että mahdolliselle ylijäämäsähkölle on oltava jokin käyttötapa tai ostaja, sillä tuotetun sähkön verkkoon syöttäminen on kiellettyä ilman ostajaa (Motiva 2016b).

Aurinkosähköjärjestelmän asennusvaiheessa on huomioitava, että sähkötyöt kuten jakeluverkkoon kytkennän saa tehdä ainoastaan sähköasennusoikeudet omaava sähköasentaja (Motiva 2018c). Lisäksi asentajan on tehtävä käyttöönottotarkastus, jotta voidaan varmistua turvallisuudesta ja laadullisista seikoista. Suomessa sähköalan turvallisuutta määrittelee sähköturvallisuuslaki ja sähkölaitteita tarkemmin määrittelevät standardit kuten SFS-EN 50438, saksan VDE-AR-N 4105 ja Energiateollisuus ry:n suositukset. Käyttöönottotarkastuksen osalta tilaajan kannattaa ehdottomasti vaatia tästä raportti asentajalta myös avaimet käteen pakettien tapauksessa, mikäli asentaja sitä ei automaattisesti anna. (Motiva 2017b)

3. Tapauskohteen tarkastelu

Tässä luvussa paneudutaan tapauskohteen aurinkosähköjärjestelmän tarkasteluun mittaustiedon ja jo aiemmin läpikäydyn teorian pohjalta. Pyrkimys on erityisesti löytää vastaukset työn tavoitteen kysymyksiin.

3.1 Nykytilanne

Tällä hetkellä Asunto Oy Lappeenrannan Luminan Koulukatu 22 kerrostalossa olevien aurinkopaneelien yhteinen nimellisteho on 5.2 kW ja invertterin maksimiteho on 5.8 kW. Aurinkopaneelit ovat GreenEnergy Finlandin AS-6P30 260W paneeleita ja niitä on järjestelmässä 20kpl. Invertteri on kolmivaiheinen ABB TRIO-5.8 TL-OUTD. Aurinkopaneelit on asennettu kerrostalon suurin piirtein etelän suuntaan olevalla vinokatolle samaan kallistuskulmaan katon kanssa. Kallistuskulmasta ei ole tietoa, mutta oletusarvona pidetään 35°:tta. Varjostuksia ei paneeleihin kohdistu olleenkaan, joten paneelit ovatkin käytännössä ideaalisella paikalla. Näin voi myös todeta seuraavasta kuvasta.



Kuva 3: Kuva tapauskohteesta, jossa aurinkopaneelit ovat katolla oikealla.

Järjestelmä on otettu käyttöön vuoden 2016 loppupuolella ja itsetuotetulla sähköllä on korvattu kerrostalon kiinteistösähköä. Ylijäämäsähkölle asuntoyhtiöllä on ostaja. Tarkkaa tietoa kuitenkin aurinkosähkötuotannon omaan käyttöön ja myyntiin menneen sähkön suhteesta ei ole, joten sen selvittäminen onkin ensimmäinen tehtävä tämän tapauskohteen

tarkastelun osalta.

Mittaustieto on saatu Lappeenrannan Energian MinunEnergia palvelusta taloyhtiön tililtä. Lappeenrannan energian asiakaspalvelusta varmistettuna, tiedoista ilmenee kiinteistön kannalta valitettavasti ainoastaan laskutuksen kannalta oleelliset tiedot, eli myös kulutuksen ja tuotannon osalta vain verkosta ostettu sähkö ja sinne myyty sähkö. Tulee lisäksi huomioida, että järjestelmä on ollut olemassa nyt vain muutaman vuoden, joten mittaustuloksista on vaikea saada täysin yleispätevää tietoa, ottaen huomioon vuosittaiset vaihtelut. Kuitenkin käytetään tarkastelussa tämän ja viime vuoden tietoja mahdollisimman yleispätevien tuloksien saamiseksi. Laskut ja kuvaajat toteutetaan taulukkolaskenta ohjelmassa tietokoneella.

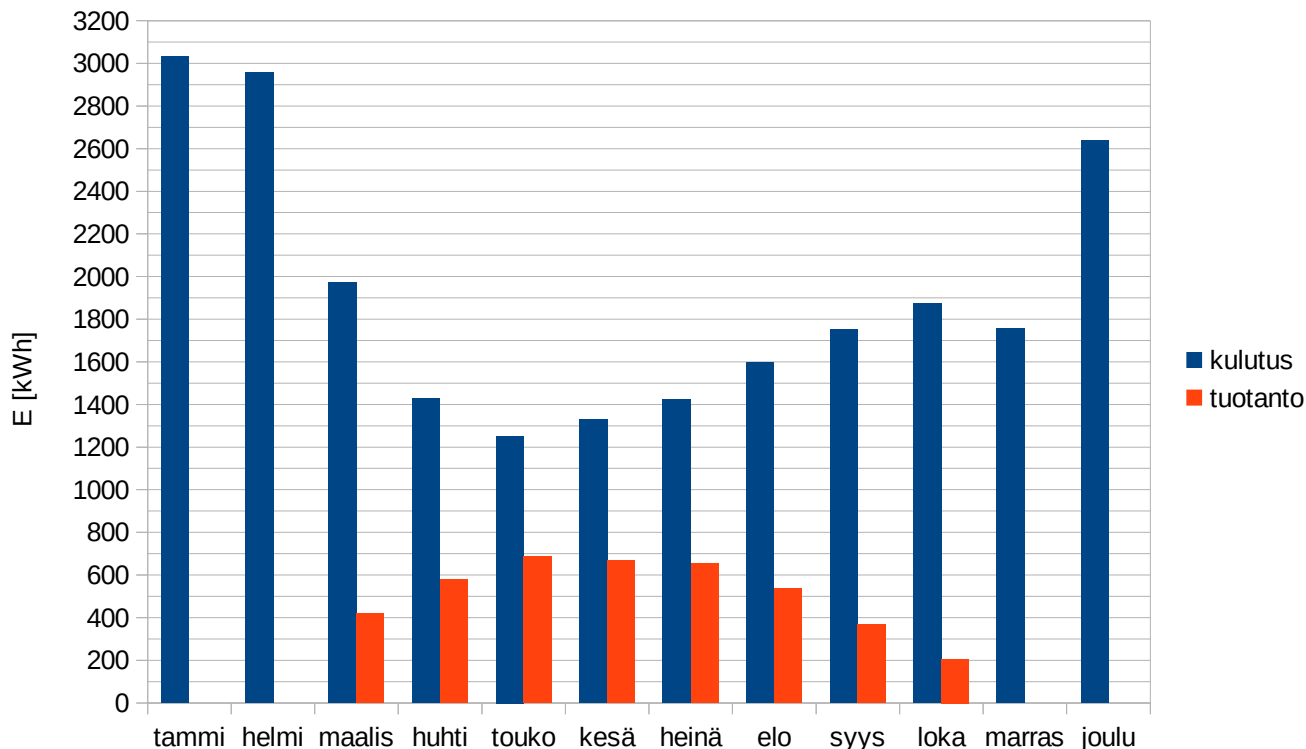
3.1.1 Kulutus ja tuotanto

Koska mittaustiedot ilmoittavat ainoastaan verkosta ostetun sähkön määrän ja sinne aurinkosähköjärjestelmän syöttämän sähkön määrän, tiedetään ylijäämänsähkön määrä, mutta ei tiedetä oman kokonaiskulutuksen suuruutta ja itsekäytetyn aurinkosähkön osuutta. Nämä ovat oleellisia tietoja mitoituksen tarkastelussa, joten vaikka niitä ei voida tarkkaan tapauskohteen osalta tietää, voidaan käyttää hyväksi Euroopan komission PVGIS (PHOTOVOLTAIC GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM) järjestelmää. PVGIS järjestelmän avulla saadaan keskimääräiset kuukausikohtaiset tuotanto ennusteet vastaavalle järjestelmälle sijainnin mukaan. (Euroopan komissio, 2017) Näiden ennusteiden pitäisi pitää ainakin suurin piirtein paikkansa, joten niitä käytetään kuvaamaan järjestelmän tuotantoa, jolloin voidaan laskea mm. kiinteistön kokonaiskulutus ja ylijäämänsähkön osuus kokonaistuotannosta. Tarkat PVGIS järjestelmässä käytetyt tiedot, ja sen antamat tiedot näkyvät liitteestä 1.

Lisäksi koska tältä vuodelta ei ole mittaustietoja koko ajalta, ja voidaan olettaa, että tuotanto on lähes olematonta ja vaikeasti ennustettavaa marras-helmikuussa lumipeitteen ja pimeyden vuoksi, jätetään nämä kuukaudet tuotannon tarkastelusta lähtökohtaisesti pois. Täten siis tuotannon osalta tarkastellaan vain maaliskokuuta, ja mittaustietojen osalta käytetään tämän ajanjakson keskiarvoja vuosilta 2017 ja 2018.

Kokonaiskulutuksen ja tuotannon suhdetta havainnollistamaan seuraavaksi on laskettu kuukausitasolla vuoden 2017 kokonaiskulutus lisäämällä kiinteistössä itse käytetty aurinkosähkön tuotanto mittaustiedon kulutuslukemiin. Kiinteistössä itsekäytetty aurinkosähkön tuotanto on saatu vähentämällä mittaustietojen 2017-2018 kuukausikohtainen myyntiin mennyt tuotannon osuus PVGIS järjestelmän ennusteista. Seuraavaksi nähdään näin

lasketun arvion tulokset.

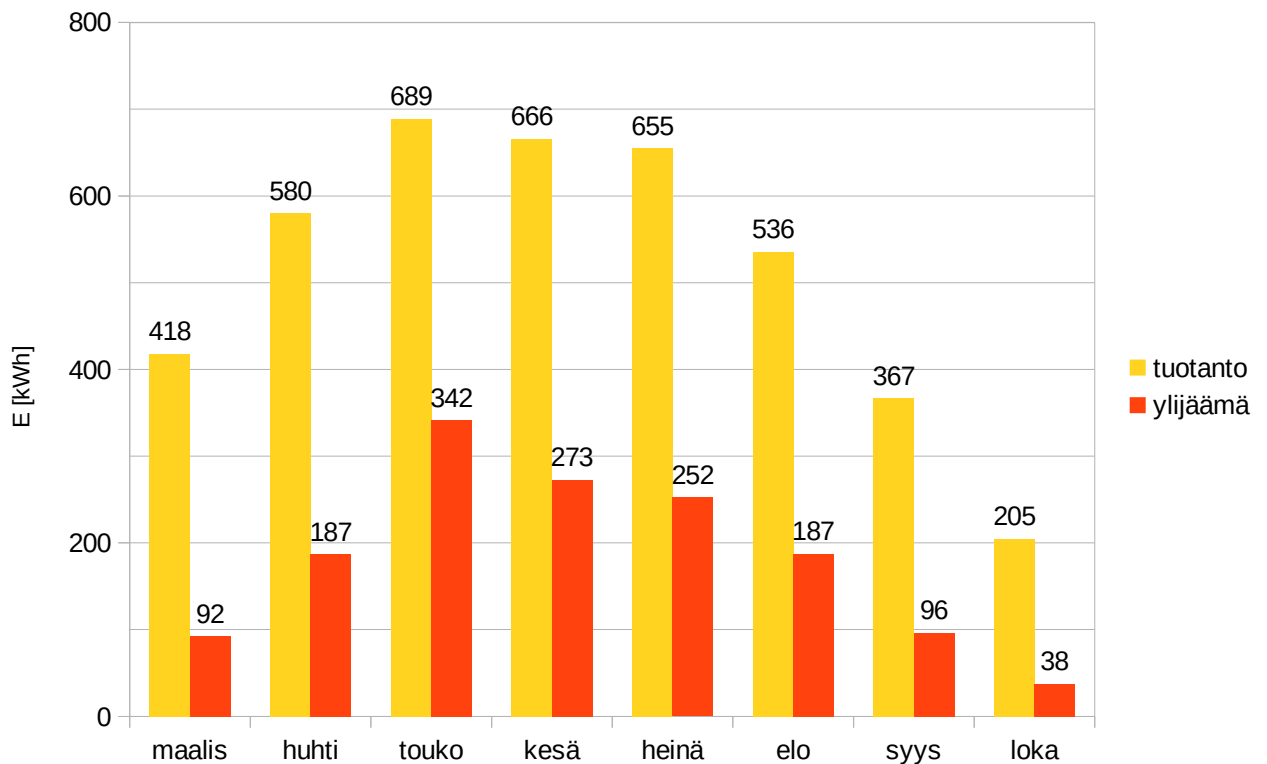


Kuva 4: Kuvaaja arvioidun kulutuksen ja tuotannon suhteesta.

Kuten kuvaajasta nähdään, parhaimmillaan aurinkosähköjärjestelmän tuotannon pitäisi vastata noin puolta kuukauden kulutuksesta, kuten touko-heinäkuussa, mikä on melko iso osa. Laskemalla yhteen kuukausien tulokset, kiinteistön vuosikulutus on noin 23007 kWh, ja tuotanto 4116 kWh luokkaa. Eli tuotanto vastaa noin 18% vuoden kulutuksesta. Lisähuomiona on muistettava, että tuotannosta on jätetty 4 kuukautta kokonaan pois kuten edellä on perusteltu. Mikäli aurinkosähkö näinä kuukausinakin syntyy, edellinen arvio voi olla hieman pessimistinen.

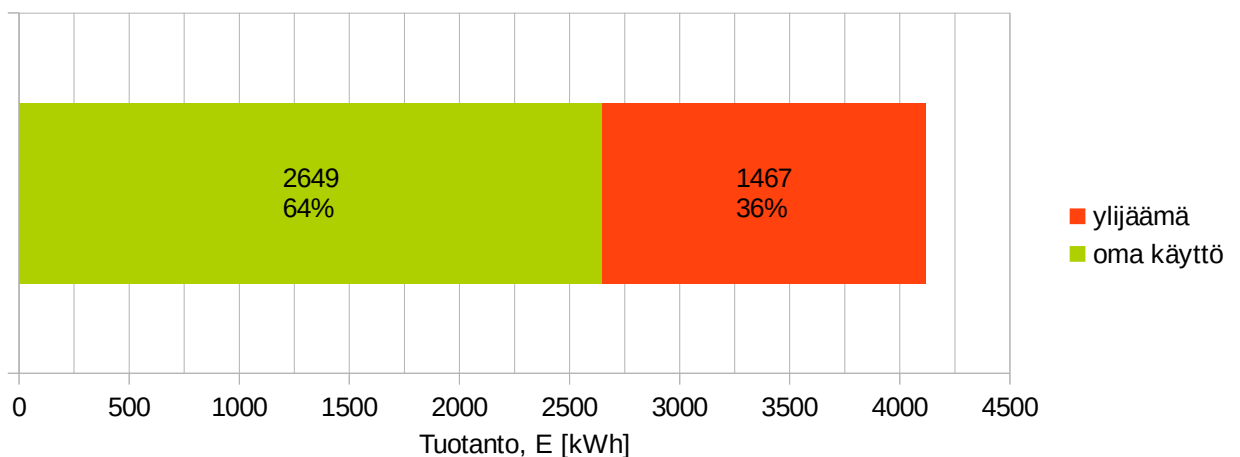
3.1.2 Mitoitus ja ylijäämä sähkö

Edellä havainnollistettiin vain kokonaiskulutuksen ja tuotannon suhdetta, joka ei kuitenkaan kerro paljoa aurinkosähköön omakäyttösuhdesta, koska tuotantoa on vain päivän valoisina tunteina. Seuraavaksi tarkastellaan siis omakäyttösuhdetta ja sitä kautta kohteen nykyisen aurinkosähköjärjestelmän mitoituksen sopivuutta. Laskenta ja tulokset perustuvat samaan malliin kuin edellisessä luvussa. Eli PVGIS järjestelmän ennusteet edustavat kokonaistuotantoa, ja myyntiin menevä ylijäämä sähkö saadaan mittaustuloksista 2017-2018 keskiarvoina. Tällöin edellisten erotuksesta saadaan itse käytetty tuotannon osuus. Näin olleen tilanne näyttää seuraavalta kuukausitasolla.



Kuva 5: Kokonaistuotannon arviot ja ylijäämäsähkö kuukausitasolla.

Kuvasta huomataan, että ylijäämäsähkön ja arvioidun tuotannon suhde mukailee melko hyvin kulutuksen ja tuotannon suhdetta. Tämä on loogista, sillä esimerkiksi toukokuussa, jolloin tuotanto on suurinta ja kulutus pienintä, on myös ylijäämäsähkön osuus suurin. Kuitenkin huomataan myös, että parhaillaan toukokuussa lähes puolet on ylijäämäsähköä, joka syötetään yleiseen sähköverkkoon. Seuraavaksi lasketaan edelleen tuloksia yhteen, ja selvitetään omakäyttösuhde kokonaisuudessaan. Tulos näkyy seuraavassa kuvassa.



Kuva 6: Vuosituotanto jaettuna itse käytettyyn ja ylijäämän osuuteen.

Kuten kuvasta nähdään, jopa noin hieman yli kolmasosa tuotannosta jää yleiseen verkkoon

syötetyksi ylijäämäsähköksi. Jälleen pitää kuitenkin muistaa, että kyseessä on supistettu tarkastelujakso, ja että tilanne saattaa olla todellisuudessa hieman parempi, mikäli järjestelmä tuottaa energiaa myös talvikaudella. Mikäli otetaan huomioon PVGIS järjestelmän koko vuoden ennuste, ja oletettaisiin, että edellä laskettu ylijäämäsähkön määrä on 99% koko vuoden ylijäämäsähköstä, kuten vuonna 2017, saadaan uusi arvio omakäyttö suhteesta. Tässä tapauksessa vuoden kokonaistuotanto on noin 4386 kWh ja ylijäämä 1482 kWh. Tällöin itse käytetty osuus on $(4386-1482)=2904$ kWh ja omakäyttösuhde $(2904/4386)*100\approx 66\%$. Ylijäämäsähkön osuus on tällöin noin 34%.

Omakäyttösuhteen ollessa siis luokkaa 64-66%, on selvää, että järjestelmä ei ole taloudelliselta kannalta paras mahdollinen takaisinmaksuajan ollessa yleisesti aina parempi, mitä lähempänä omakäyttö suhde on 100%. Voidaan siis todeta, että järjestelmän laajentaminen ei olisi ainakaan taloudelliselta kannalta järkevää nykytilanteessa, koska laajennettu osa tuottaisi pääasiassa ylijäämä sähköä.

3.2 Toimenpide mahdollisuuksia aurinkosähköjärjestelmän suhteen.

Edellä esitettiin nykytilanne sellaisenaan kuin se on saatujen tietojen valossa. Tässä osassa esitellessä työn tavoitteiden puitteissa jotakin eri toimenpidemahdollisuuksia siitä, miten aurinkosähköjärjestelmän suhteen voisi menetellä jatkossa, ja tarkastellaan niiden kannattavuutta. Toimenpidemahdollisuuksissa pyritään ottamaan erityisesti huomioon ylijäämäsähkön hyödyntäminen omaan käyttöön, sekä omakäyttösuhteen parantaminen.

3.2.1 Järjestelmän säilyttäminen nykyisellään

Luonnollisesti helpoin toimintamahdollisuus on yksinkertaisesti olla tekemättä mitään nykyiselle järjestelmälle ja sähkön käytölle. Tämän vaihtoehdon osalta tarkastellaan nykyisen järjestelmän mahdollista takaisinmaksuaikaa.

Takaisinmaksuaikaa lasketaan FinSolar aurinkosähkön kannattavuuslaskurilla, joka on saatavilla FinSolarin nettisivujen ja Google Sheets:n kautta laskentataulukkona (Finsolar 2015). Laskenta perustuu mm. investoinnin, sähkön hinnan, kulutuksen, tuotannon ja omakäyttösuhteen tietoihin. Tarkat kannattavuuslaskurissa käytetyt tiedot on nähtävillä liitteestä 2. Käytetyt sähkön hintatiedot on saatu tapauskohteen nykyisten sähkösopimusten tiedoista. Myydystä aurinkosähköstä maksetusta hinnasta ei ollut tarkkaa tietoa saatavilla, joten sen osalta on käytetty energiaviraston tilastoista laskettua 2017 spot-hinnan

arvonlisäverotonta keskiarvoa (energiavirasto 2017). Sähkön hinnan vuotuiseksi kasvuksi on oletettu tavallisen inflaation mukainen kasvu, eli noin 2%. Tuotannon osalta on käytetty aiempaa pessimistisempää arvioita, jossa kokonaistuotanto oli 4116 kWh vuodessa ja omakäyttösuhde 64%. Investoinnin suuruuden taloyhtiö ilmoitti olleen noin 9000 € arvonlisäveroinen ostoaikana. Vertailun vuoksi luvussa 2.3 lasketulla nykyisellä keskimääräisellä hintatasolla olisi vastaavan järjestelmän arvonlisäverollinen hinta 9656 €. Nykyisellä halvimmalla hintatasolla hinta olisi vastaavasti noin 7108 €.

Näillä tiedoilla laskettuna on taloyhtiön ilmoittamalla investoinnin suuruudella järjestelmän takaisinmaksuaika noin 22 vuotta, josta on jäljellä noin 20 vuotta huomioon ottaen järjestelmän ikä. Kuitenkin tulee muistaa, että käytetyissä tiedoissa on selvää epävarmuutta. Näin erityisesti tuotannon osalta, josta ei ollut valitettavasti tietoa todellisuudessa toteutuneesta tuotannosta. Lisäksi myös aurinkosähkön myynnistä saatava hinta voi olla todellisuudessa parempi, sillä sähkön spot-hinta on yleensä korkeampi päiväsaikaan. Näitä tuloksia lukiessa on siis hyvä muistaa, että kyse on karkeasti suuntaa antavista arvioista.

3.2.2 Kaukolämmön korvaaminen ylijäämäsähköllä

Kuten jo aikaisemmin mainittiin, voi veden lämmitys olla sopiva kohde ylijäämäsähkön käyttöön. Erityisesti kiinteistössä, joissa lämmin vesi lämpiää suoraan sähköllä, voi aurinkosähköllä saada suuria hyötyjä, sillä lämminvesivaraajaan ja aurinkosähkön ohjauksen muutokset eivät välttämättä vaadi edes ylimääräisiä investointikustannuksia. Kuitenkin tapauskohteessa tilojen lämmitys ja lämmin käyttövesi hoituu kaukolämmöllä, kuten kerrostaloissa monesti tapahtuu. Tällöin tilanne on aivan toinen lähtökohtaisesti, jossa toteuttamiseen vaaditaan todennäköisesti huomattavia investointeja.

Aloitetaan tarkastelemalla mahdollista hyötyä, jonka kaukolämmön korvaamisesta voisi saada. Eli tarkastellaan kaukolämmön korvaamisesta saatavaa hintaa verrattuna ylijäämäsähkön myynnistä saatavaan hintaan. Ylijäämäsähkön myynnistä saatavana hintana käytetään jo aiemmin käytettyä vuoden 2017 keskiarvo spot-hintaa, joka oli noin 3.3 snt/kWh. Kaukolämmöstä tapauskohde maksaa noin 57 €/MWh, eli 5.7 snt/kWh. Tällöin kaukolämmön korvaamisesta saatava hyöty verrattuna sähkön myymiseen olisi noin 2.4 snt/kWh. Mikäli kaikella ylijäämäsähköllä lämmitettäisiin vettä, saataisiin vuosittaiseksi hyödyksi $1467 \text{ kWh} \cdot (2.4/100) \text{ €/kWh} = 35.2 \text{ €}$. Tällöin 30 vuoden takaisinmaksuajalla investoinnin suuruus saisi olla noin hieman yli 1000 €, ottamatta huomioon mahdollisia huoltokustannuksia ja rahan arvon muutoksia.

Vaadittavia toimenpiteitä tällaisen järjestelmän toteuttamiseksi ja investoinnin suuruutta on mahdotonta arvioida, koska vastaavasta tilanteesta ei ole löytynyt jo olemassa olevaa tietoa. Kuitenkin voidaan todeta, että vuosittainen hyöty on niin pieni, että järjestelystä todennäköisesti olisi mahdotonta saada kannattavaa pelkästään asennus ja huoltokustannusten vuoksi. Lisäksi kun otetaan huomioon, että sähkön hinta on yleensä päiväsaikaan korkeampi, voi todellisuudessa aurinkosähkön myynnistä saada suoraan paremman hinnan, jolloin tällainen järjestely olisi välittömästi tappiollinen.

3.2.3 Akkujärjestelmä

Akkujärjestelmän osalta taloudellinen hyöty tulisi varastoidun sähköenergian käytöstä ostosähkön korvaajana, eli hyöty olisi sama kuin suoraan itse käytetty aurinkosähkö. Akkuvarastointi mahdollistaa siis tuotannon joustavan käytön. Ylijäämänsähkön myyntiin verrattuna akkujärjestelmän taloudellinen hyöty perustuu lähinnä sähköveron ja siirtomaksun korvaamiseen. Sopivan akkujärjestelmän kokoa arvioidaan tässä käyttämällä PVGIS järjestelmän päivittäistä keskiarvoa toukokuulle ja toukokuun omakäytösuhdetta, jonka saa aiemmin tehdystä nykytilan selvityksestä.

Toukokuussa päivän keskimääräinen tuotanto on näin 22.2 kWh, josta noin 50% menee myyntiin. Tällöin akkujärjestelmän tulisi kyetä parhaillaan varamaan noin 11.1 kWh energiaa päivittäin, ja purkamaan se riittävän tehokkaasti. Tähän tarkoitukseen sopisi ainakin teoriassa erinomaisesti Tesla Powerwall, jonka kapasiteetti on 14 kWh ja käytettävä kapasiteetti 13.5 kWh, ja joka kokonsa ja seinälle asennettavuuden ansiosta sopii myös fyysisesti kohteeseen kuin kohteeseen sisätiloihin. Powerwall:n yhden syklin hyötysuhde on 90% ja takuu 10 vuotta rajattomilla sykleillä. Jatkuva teho akustossa on 5 kW ja hetkellinen huipputeho 7 kW. Powerwall laitteiston arvonlisäverollinen hinta on tällä hetkellä noin 7910 € ja asennuskustannukset 1150-3400 €. (Tesla 2018; Tesla 2017)

Tarkastellaan taas tällaisesta järjestelystä saatavaa hyötyä ja sen kannattavuutta. Akusto korvaa ostosähköä, kuten suoraan itsekäytetty aurinkosähkö. Ostosähkön hintana käytetään 12 snt/kWh kuten liitteessä 2.. Myytävän aurinkosähkön keskimääräisenä hintana pidetään edelleen vuoden 2017 keskimääräistä spot-hintaa, joka oli 3.3 snt/kWh. Tällöin akustosta saatava hyöty on noin 8.7 snt/kWh. Oletetaan myös, että sähkön hintojen ero pysyy suurin piirtein samana pitkälle tulevaisuuteen. Näin ollen, mikäli 90 %:n hyötysuhteella Powerwall:n kautta käytettäisiin kaikki vuosittain syntyvä ylijäämänsähkö, saataisiin sähkö energiana hyödyksi $1467 \cdot 0.9 = 1320.3$ kWh, joka olisi rahana $(1320.3 \text{ kWh} \cdot 6.4 \text{ snt/kWh}) / 100 \approx 114.87 \text{ €}$

vuodessa. Oletetaan investoinnin suuruudeksi pahin tapaus, eli laitteisto suurimpien asennuskusta kanssa $(7910+3400)\text{€}=11\,310\text{€}$.

Käytetään laskentaan nykyarvomenetelmää, koska on oletettu, että rahallinen säästö pysyy määrällisesti samana. Käytännössä rahan arvo laskee inflaation vuoksi. Vuotuinen säästö ja investointi laskettiin edellä, laskentakoron oletetaan olevan tavallisen inflaation suuruinen, eli 2%, ja pitoaikana pidetään takuu aikaa eli 10 vuotta.

$$NA = \frac{(1+i)^n - 1}{i * (1+i)^n} * s - I = NA = \frac{(1+0.02)^{10} - 1}{0.02 * (1+0.02)^{10}} * 114.87 \text{€} - 11310 \text{€} = -10278 \dots \text{€} \quad (1)$$

NA = nykyarvo [€]

i = laskentakorko

n = pitoaika vuosina

s = vuotuinen säästö [€]

I = investointi [€]

Kuten huomataan tuloksesta, ei edes tämän kokoisella vuosittaisella säästöllä päästäisi edes lähelle taloudellista voittoa. Vaikka todellisuudessa akkujärjestelmä kestäisi 20 vuotta, tulos olisi silti noin -9432 € tappiota. Esimerkiksi tuotanto kapasiteettia lisäämällä ja siten akun käytösuhdetta parantamalla, saisi kannattavuutta parannettua hieman. Tästä huolimatta voidaan helposti todeta, että akkujärjestelmä ei voi olla mitenkään edes lähes kannattava taloudellisessa mielessä.

3.2.4 Takamittaroinnin tai hyvityslaskentamallin tuoma potentiaali

Kuten aiemmin mittarointimallien osiossa käsiteltiin, ei takamittarointimalli ole todennäköisesti varteenotettava vaihtoehto olemassa olevassa kohteessa. Mikäli kuitenkin esimerkiksi hyvityslaskentamallin mukainen malli tulee tulevaisuudessa sallituksi ilman siirto- ja verokustannuksia, tarjoaisi se helpon ja kustannustehokkaan tavan asukkaille osallistua taloyhtiön aurinkosähkön tuotantoon. Tarkastellaan tässä osiossa sitä aurinkosähkijärjestelmän laajentumisen potentiaalia, minkä asukkaiden liittyminen aurinkosähkijärjestelmän käyttöön kokonaisuudessaan toisi.

Kerrostalossa on 24 asuntoa ja 2 liikehuoneistoa. Kulutustietoja on saatu mittaustiedon muodossa yhdestä asunnosta ja yhdestä liiketilasta lokakuusta lokakuuhun viimeisen vuoden ajalta. Oletetaan enemmän mittaustiedon puutteessa, että kaikissa asunnoissa on suurin piirtein saman suuruinen kulutus vuositasolla, kuten myös kahdella liiketilalla keskenään.

Tuotantokapasiteetin laajentumisen suhteen, pyritään siihen, että kaikki tuotettu sähkö saataisiin käytettyä kiinteistössä itse. Tätä arvioidaan niin, että otetaan aiemmassa luvussa 2.1.3 laskettu vuoden kokonaistuotannon itsekäytetty osuus, ja verrataan sitä osuutta kiinteistösähkön vuosikulutukseen. Näin saadaan arvio siitä tuotannon ja kulutuksen suhteesta, millä kaikki sähkö saadaan käytettyä itse. Tätä suhdetta käytetään hyväksi tuotantokapasiteetin arvioimiseen PVGIS järjestelmässä, kun kiinteistön kokonaistuotanto on laskettu asunnon ja liiketilan mittaustietojen avulla.

Asunnon kulutukseksi saatiin noin 4860 kWh vuodessa ja yhden liiketilan kulutukseksi saatiin noin 1535 kWh. Näin olleen kerrotaan asunnon kulutus asuntojen määrällä ja liiketilan kulutus liiketilojen määrällä, ja summataan tulokset yhteen kiinteistösähkön kulutuksen kanssa, mikä oli 23 007 kWh. Tulokseksi saadaan: $(4860*24+1535*2+23007)$ kWh = 142 717 kWh. Kun luvussa 2.1.2 laskettu itsekäytetyn tuotannon osuus oli 2649 kWh vuodessa, on sen suhde kiinteistösähkön kulukseen $(2649/23007)*100\approx 11.5\%$. Näin ollen aurinkosähköjärjestelmä saisi tuottaa arviolta noin 11.5% kiinteistön kokonaiskulutuksesta, jotta suurin piirtein kaikki tuotettu sähkö saataisiin käytettyä itse. Näin ollen, mikäli kaikki asukkaat ja liiketilat osallistuisivat aurinkosähkön tuotantoon, saisi järjestelmä tuottaa noin $142\ 717\text{ kWh}*0.115\approx 16412$ kWh vuodessa. Näin ollen käyttäen muuten samoja tietoja suoraan PVGIS järjestelmässä kuin liitteessä 1., ja kokeilemalla eri nimellistehon arvoja, saadaan arvio sallitusta järjestelmän nimellistehosta. Järjestelmän nimellisteholla 20.6 kWh saadaan vuosituotannoksi noin 17 600 kWh. Tästä vähentämällä marras-helmi talvikuukaudet, kuten edellisestä itsekäytetyn tuotannon lukemasta on alun perin tehty, olisi 20.6 kWh järjestelmän tuotanto noin 16 479 kWh vuodessa.

Näin ollen, mikäli kaikki taloyhtiön osakkaat osallistuisivat aurinkosähkön tuotantoon mm. ostamalla osuuden järjestelmästä, tai jollain muulla taloudellisesti järkevällä tavalla, voisi tuotanto kapasiteetin noin nelinkertaistaa nykytilanteeseen nähden. Todellisuudessa tässä tapauksessa tulisi aurinkopaneelien asennuspinta-ala todennäköisesti vastaan rajoitteena. Lisäksi todellisuudessa kaikki asukkaat eivät todennäköisesti kuitenkaan haluaisi ostaa osaa tuotannosta, jolloin tilanne täytyisi tarkastella joka tapauksessa uudelleen.

4. Yhteenveto ja johtopäätelmät

Työssä edettiin suunnitelman mukaan, eli käsiteltiin ensin aurinkosähköjärjestelmiä yleisesti, jonka jälkeen käsiteltiin tapauskohdetta saadun tiedon valossa. Yleisessä osiossa pyrittiin käsittelemään kaikkia aurinkosähköjärjestelmiä koskevia seikkoja mm. suunnittelu, verkkoon kytkentä, lupa ja hintataso asioiden osalta. Lisäksi otettiin huomioon erityisesti taloyhtiötä koskevat poikkeukselliset mittarointi mahdollisuudet. Näin yleisessä osiossa saatiin kartoitettua tietoa ja ymmärrystä, jota voitiin hyödyntää tapauskohteen tarkastelussa. Työn tavoitteina oli selvittää tapauskohteen osalta, että oliko nykyinen järjestelmä sopivan kokoinen ja kannattaako sitä laajentaa, sekä selvittää mitä ylijäämäsihkölle voisi tehdä.

Käytännön osiossa, eli tapauskohteen tarkastelussa alettiin etsimään vastauksia työn tavoitteiden kysymyksiin. Mittaustietojen ja Euroopan komission PVGIS järjestelmän avulla laskennallisesti arvioitiin omakäyttösuhde, mikä oli noin 64%. Tämän avulla päästiin ensimmäiseen tavoitteeseen toteamalla, että järjestelmä on jo hieman suuri, ja sen laajentaminen ei ainakaan nykytilanteessa ole kannattavaa.

Nykytilan selvityksen jälkeen tarkasteltiin eri toimintamahdollisuuksia nykytilan suhteen ja niiden kannattavuutta erityisesti ylijäämäsihkon kannalta. Näistä ensiksi käsiteltiin vertailun vuoksi vaihtoehtoa, jossa tilanne yksikertaisesti säilytettäisiin ennallaan ja ylijäämäsihko myytäisiin sitä ostavalle taholle. Tämän jälkeen käsiteltiin ylijäämäsihkon käyttöä muutamalla lisäjärjestelmällä. Näin tehtiin akkujärjestelmän ja veden lämmittämisen osalta. Lisäksi käsiteltiin aurinkosähköjärjestelmän laajentumismahdollisuutta, mikäli taloyhtiön kaikki osakkaat voisivat osallistua aurinkosihkon tuotantoon kannattavalla tavalla mm. hyvityslaskentamallin kautta. Yleisenä johtopäätöksenä tästä osiosta voitiin todeta, että tällä hetkellä järjestelmän muuttaminen ei ole kannattavaa taloudellisesti, ennen kuin mahdolliset muutokset lakiin tai sen tulkintaan saadaan voimaan hyvityslaskentamallin suhteen.

Yleisesti ottaen voidaan todeta, että aurinkosihkon mikrotuotanto on nykyään hyvinkin kannattavaa, myös taloyhtiöissä kiinteistösihkon osalta. Lisäksi ottaen huomioon, että suomessa yli 2. miljoonaa ihmistä asuu taloyhtiöissä, tarjoaisi hyvityslaskentamallin järkevä toteutuminen merkittävät kasvu mahdollisuudet aurinkosihkon yhteistuotannolle (Finsolar). Pelkästään jo yksityisten, taloyhtiöiden ja päättäjien mukaan saaminen toisikin merkittävän lisäpotentiaalin uusiutuvan energian tuotannon kasvuun. Näin ollen myös kansainvälisten ilmastotavoitteiden saavuttaminen, ja kestävä energian tuotanto voisi olla askelta lähempänä.

Lähteet

- Areva Solar Oy. Aurinkolaskuri. [verkkosivu]. [viitattu: 12.11.2018]. Saatavissa: <http://www.arevasolar.fi/fi/aurinkolaskuri>

- Auvinen Karoliina. 2018. Aurinkosähkön takamittarointimalli. [artikkeli]. Päivitetty: 20.7.2018. [viitattu: 21.11.2018]. Saatavissa: <http://www.finsolar.net/taloyhtiot/aurinkosahkon-takamittarointimalli/>

- Auvinen Karoliina. 2017. Aurinkosähkön hyvityslaskentamalli. Päivitetty: 12.4.2017. [viitattu: 21.11.2018]. Saatavissa: <http://www.finsolar.net/taloyhtiot/hyvityslaskentamalli/>

- Business Finland. Energiatuki. [artikkeli]. [viitattu: 21.11.2018]. Saatavissa: <https://www.businessfinland.fi/suomalaisille-asiakkaille/palvelut/rahoitus/pk-ja-midcap-yritys/energiatuki/>

- Euroopan komissio. 2017. PHOTOVOLTAIC GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM . [verkkosivu]. Päivitetty: 21.9.2017. [viitattu: 21.11.2018]. Saatavissa: http://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html

- Energiavirasto. 2017. Hintatilastot. [verkkosivu]. [viitattu: 21.11.2018]. Saatavissa: <http://www.sahkonhintu.fi/summariesandgraphs>

- Finsolar. 2015. Kannattavuuslaskurit. [verkkosivu]. [viitattu: 21.11.2018]. Saatavissa: <http://www.finsolar.net/aurinkoenergian-hankintaohjeita/kannattavuuslaskurit/>

- Finsolar. FinSolar taloyhtiökokeilu [artikkeli]. [viitattu: 21.11.2018]. Saatavissa: <http://www.finsolar.net/finsolar-taloyhtiokokeilu/>

- Heinonen Samu. 2017. Aurinkosähkölaitteet ja aurinkosähkön mitoitus. Insinööriyö. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Insinööri (AMK), Talotekniikka. 30 sivua.

- Isojunno Veijo. 2014. Aurinkosähkölaitteiden suunnittelu. Insinööriyö. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Insinööri (AMK), Sähkötekniikan koulutusohjelma. 41 sivua.

- Lumme Energia. Tuet ja avustukset aurinkosähkөө. [artikkeli]. [viitattu: 21.11.2018]. Saatavissa: <https://www.lumme-energia.fi/aurinkosahko/tuet-ja-avustukset/>

- Motiva. 2016a. Huolto ja kunnossapito. [artikkeli]. Päivitetty: 15.11.2016. [viitattu: 21.11.2018]. Saatavissa:
https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/aurinkosahkojarjestelman_ka_ytto/huolto_ja_kunnossapito

- Motiva. 2016b. Ylijäämäsihtin myynti. [artikkeli]. Päivitetty: 15.11.2016. [viitattu: 21.11.2018]. Saatavissa:
https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/aurinkosahkojarjestelman_ka_ytto/ylijaamasahkon_myynti

- Motiva. 2016c. Sähkön varastointi. [artikkeli]. Päivitetty: 15.11.2016. [viitattu: 21.11.2018]. Saatavissa:
https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/aurinkosahkojarjestelman_ka_ytto/sahkon_varastointi

- Motiva. 2017a. Aurinkosähkijärjestelmien hinta. [artikkeli]. Päivitetty: 2.8.2017. [viitattu: 21.11.2018]. Saatavissa:
https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/jarjestelman_valinta/aurinko_sahkojarjestelmien_hinta

- Motiva. 2017b. Turvallisuus. [artikkeli]. Päivitetty: 29.11.2017. [viitattu: 21.11.2018]. Saatavissa:
https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/ennen_jarjestelman_hankinta_a/lainsaadanto_ja_muu_ohjaus/turvallisuus

- Motiva. 2018a. Auringonsäteilyn määrä Suomessa. [artikkeli]. Päivitetty: 17.8.2018. [viitattu: 21.11.2018]. Saatavissa:
https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/aurinkosahkon_perusteet/auringonsateilyn_maara_suomessa

- Motiva. 2018b. Aurinkosähkijärjestelmän mitoitus. [artikkeli]. Päivitetty: 5.1.2018. [viitattu: 21.11.2018]. Saatavissa:
https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/hankinta_ja_asennus/aurinko_sahkojarjestelman_mitoitus

- Motiva. 2018c. Lupa-asiat. [artikkeli]. Päivitetty: 1.8.2018. [viitattu: 21.11.2018].
Saatavissa:
https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/ennen_jarjestelman_hankinta_a/lupa-asiat

- Motiva. Aurinkosähköä kotiin – tarjoukset sinun alueellasi. [verkkosivu]. [viitattu: 21.11.2018]. Saatavissa: <https://aurinkosahkoakotiin.fi/tarjoukset/>

- MRL 1999/132. Maankäyttö- ja rakennuslaki 5.2.1999/132. Saatavilla:
<https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990132>

- Okinawa Soba. 2013. POLYCRYSTALLINE SILICON SOLAR CELLS on a ROOF IN OKINAWA. [kuva]. [viitattu: 21.11.2018]. Saatavissa:
<https://www.flickr.com/photos/okinawa-soba/9070715878/in/photostream/>

- Paavola Minna. 2013. VERKKOON KYTKETTYJEN AURINKOSÄHKÖJÄRJESTELMIEN POTENTIAALI TAMPEREELLA. Diplomityö. Tampereen teknillinen yliopisto. Sähkö tekniikan koulutusohjelma. 94 sivua.

- Tesla. 2018. Powerwall. [verkkosivu]. [viitattu: 21.11.2018]. Saatavissa:
https://www.tesla.com/fi_FI/powerwall#design

- Tesla. 2017. TESLA POWERWALL WARRANTY (EU ROPEAN WARRANTY REGION). [asiakirja]. Tesla Motors Netherlands B.V.. 10 sivua. Saatavissa:
https://www.tesla.com/sites/default/files/pdfs/powerwall/powerwall_2_ac_warranty_europe_1-5_english.pdf

- Vatternfall. Kodin sähkönkulutus. [verkkosivu]. [viitattu: 21.11.2018]. Saatavissa:
<https://www.vatternfall.fi/energianeuvonta/sahkonkulutus/>

- Vuorinen Toni Allan. 2018. AURINKOSÄHKÖN KANNATTAVUUS TALOYHTIÖLLE. Kandidaatintyö. Lappeenrannan teknillinen yliopisto, LUT School of Energy Systems, Sähkötekniikka. 30 sivua.

- Verohallinto. 2018. Kotitalousvähennys. [verkkosivu]. Päivitetty: 15.3.2018. [viitattu: 21.11.2018]. Saatavissa: <https://www.vero.fi/henkiloasiakkaat/verokortti-ja->

[veroilmoitus/tulot-ja-vahennykset/kotitalousvahennys/](#)

- Yle. 2018. Sähkön varastointi tulee pientaloihin. [artikkeli]. Päivitetty: 23.3.2018. [viitattu: 21.11.2018]. Saatavissa: <https://yle.fi/uutiset/3-10123130>

Liite 1. PVGIS järjestelmässä käytetyt ja sieltä saadut tarkat tiedot

Latitude (decimal degrees): 61.037
 Longitude (decimal degrees): 28.188
 Radiation database: PVGIS-COSMO
 Nominal power of the PV system (crystalline silicon) (kwp): 5.2
 System losses(%): 14
 Fixed slope of modules (deg.): 35
 Orientation (azimuth) of modules: 0

Month	Fixed angle				
	Ed	Em	Hd	Hm	SDm
1	1.60	49.6	0.38	11.9	21.9
2	5.54	155	1.24	34.6	49.9
3	13.50	418	3.02	93.8	70.1
4	19.30	580	4.49	135	45.2
5	22.20	689	5.36	166	83.1
6	22.20	666	5.47	164	49.4
7	21.10	655	5.28	164	91.2
8	17.30	536	4.29	133	78.9
9	12.20	367	2.95	88.4	63.6
10	6.62	205	1.56	48.4	53.5
11	1.64	49.2	0.42	12.5	11.3
12	0.53	16.4	0.15	4.74	4.29
Year	12.00	366	2.89	88.0	14.0
	AOI loss (%)	Spectral effects (%)	Temperature and low irradiance loss (%)		
	Combined losses (%)				
Fixed system:	3.1	?(0) 4.1	20.1		

Ed: Average daily energy production from the given system (kWh)

Em: Average monthly energy production from the given system (kWh)

Hd: Average daily sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m²)

Hm: Average monthly sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m²)

SDm: Standard deviation of the monthly energy production due to year-to-year variation (kWh)

Liite 2: Finsolar kannattavuuslaskurissa käytetyt tiedot

Tiedot aurinkosähköjärjestelmän asennuskohteesta ja vertailukustannuksista:

Sähköenergian ostohinta	3.19	snt/kWh
Energiaperusteinen sähkön siirtohint	4.3	snt/kWh
Sähkövero ja huoltovarmuusmaksu	2.253	snt/kWh
Ostosähkön arvonlisävero	24%	%
Välitulos: aurinkosähkön vertailuhinta eli aurinkosähkön	12.0	snt/kWh
Arvio vertailuhinnan noususta	2.0%	%/vuosi
Aurinkosähkön asennuskohteen (kiinteistö/ kiinteistöryhmä) sähkönkulutus	23000	kWh/v

Tiedot hankittavasta aurinkosähköjärjestelmästä ja sen investointikustannuksista:

Aurinkosähköjärjestelmän koko tehona Wp	5.2	kWp
Välitulos: järjestelmän koko paneelien pinta-alana noin m ²	35.36	neliometriä
Aurinkosähköjärjestelmän avaimet käteen -investointikustannus € (laitteet ja asennus, myös mahdollinen ALV)	€9,000	euroa
Välitulos: Järjestelmän vertailuhinta ilman tukia	1,731	€ euroa/kWp
Mahdollinen investointituki, kotitalousvähennys tms. alkuinvestoinnista, %	0%	
Oma mainos-, brändi- tai ympäristötuki investoinnille €	€0	euroa
Välitulos: Järjestelmän investointikustannus sisältäen mahdolliset tuet €	9,000	€ euroa
Rahoituksen korko	0.0%	
Investoinnin tuottovaatimus	0.0%	
Välitulos: Investoinnin laskentakorko	0.0%	
Aurinkosähkön oman käytön osuus, %	64%	
Aurinkosähkön myyntihinta verkkoon snt/kWh	3.3	snt/kWh
Invertterin vaihdon kustannus, osuus alkuinvestoinnista. Oletettu tapahtuvan	10%	
Vuotuiset ylläpitokulut (vakuutukset, huolto tms. kulut) % alkuinvestoinnista	0.0	%
Aurinkosähkön vuosituotto järjestelmän sijainnin mukaan	792	kWh/kWp
Välitulos: aurinkosähköjärjestelmän vuosituotto alussa	4116	kWh
Aurinkovoimalan vuosittainen sähköntuotannon vähenemä %/v	-0.5%	%