

Energiayhteisö Kankaalle

Valtteri Tommiska

Opinnäytetyö

Toukokuu 2020

Tekniikan ala

Insinööri (AMK), Energia- ja ympäristötekniikka

Tekijä(t) Tommiska Valteri	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä Toukokuu 2020
	Sivumäärä 64	Julkaisun kieli Suomi
		Verkojulkaisulupa myönnetty: x
Työn nimi Energiayhteisö Kankaalle		
Tutkinto-ohjelma Insinööri (AMK), Energia- ja ympäristötekniikka		
Työn ohjaaja(t) Siistonen Matti, Nuutinen Marjukka		
Toimeksiantaja(t) Jyväskylän kaupunki		
<p>Tiivistelmä</p> <p>Aurinkoenergian hyödyntäminen Suomessa viime vuosien aikana on lisääntynyt merkittävästi. Nykyisin aurinkoenergiaa hyödynnetään yleensä vain omakotitaloissa, mökeillä tai suuremmissa liiketiloissa. Aurinkosähkön hyödyntäminen asuinkeuhkotaloissa ei ole yleistynyt Suomen nykyisten lainsäädäntöjen takia. Kerrostaloissa asukkaat joutuvat nykyisin maksamaan sähköveron sekä siirtomaksun kiinteistössään tuotetusta sähköstä. Näihin sähkömarkkinalakeihin on kuitenkin tulossa muutoksia tulevien vuosien aikana.</p> <p>Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää millainen aurinkovoimala Jyväskylän Kankaalla sijaitsevaan kohteeseen sopisi sekä millainen energiayhteisömalli sopisi kohdekiinteistöön. Työn tehtävänä oli luoda ohjeistusta siihen mitä energiayhteisön perustamisessa tulee huomioida ja millaisia riskejä ja mahdollisuuksia asiaan liittyy.</p> <p>Opinnäytetyö tehtiin toimeksiantona Jyväskylän kaupungille ja työ oli tutkimusmuodoltaan kehittämistutkimus. Työssä hyödynnettiin valmiina olevaa tutkimusaineistoa, jota sovellettiin tutkittavaan alueeseen sekä kohdekiinteistöön.</p> <p>Opinnäytetyön tuloksena on aurinkovoimalan sekä energiayhteisön investoinnin kannattavuuden laskelmat ja pohdinnat. Työn tuloksena saatiin myös ohjeistusta millaisia asioita energiayhteisön suunnittelussa ja toteutuksessa tulee huomioida.</p> <p>Opinnäytetyön johtopäätöksenä voidaan sanoa, että energiayhteisöissä on paljon potentiaalia tulevaisuuden hajautetussa pientuotannossa. Suomessa kuitenkin lainsäädännöt eivät ole vielä muuttuneet energiayhteisöitä salliviksi, joten taloyhtiöissä joudutaan odottamaan vielä hetki ennen kuin itsetuotetusta aurinkoenergiasta saadaan kaikki potentiaali irti.</p>		
Avainsanat (asiasanat) Aurinkoenergia, aurinkosähkö, energiayhteisö		
Muut tiedot (Salassa pidettävät liitteet)		

Author(s) Tommiska Valtteri	Type of publication Bachelor's thesis	Date May 2020 Language of publication: Finnish
	Number of pages 64	Permission for web publication: x
Title of publication Energy community in Kangas		
Degree programme Degree Programme in Energy- and Environmental Technology		
Supervisor(s) Siistonen Matti, Nuutinen Marjukka		
Assigned by City of Jyväskylä		
Abstract <p>The utilization of solar energy in Finland has increased significantly in the recent years. Today, solar energy is usually only used in houses, cottages or larger commercial premises. Utilizing solar electricity in apartment buildings has not become more common due to current Finnish legislation. Currently, the residents in apartment buildings must pay an electricity tax and a transfer fee for the electricity produced in their property. Changes in these electricity market laws are expected in the coming years.</p> <p>The aim of the thesis was to determine what kind of a solar power plant would be suitable for the site located in Kangas, Jyväskylä, and what kind of an energy community model would be suitable for the site property. The task of the work was to create guidelines on what should be considered when establishing an energy community and what risks and opportunities would be associated with it.</p> <p>The thesis was assigned by the City of Jyväskylä and the study was a development study. The work utilized the existing research material and applied it to fit the study area and the target property.</p> <p>The results of the thesis include calculations on the profitability of a solar power plant and energy community investment. The work also resulted in guidelines on what kind of issues should be considered in the planning and implementation of the energy community.</p> <p>In conclusion, it can be said that there is a lot of potential in energy communities in the future. In Finland, the legislation has not yet changed to allow energy communities, and so housing companies must wait a while before solar energy can be utilized in the energy consumption of residences.</p>		
Keywords/tags (subjects) Solar energy, solar power, energy community		
Miscellaneous (Confidential information)		

Sisältö

1	Johdanto	4
1.1	Opinnäytetyön aihe	4
1.2	Jyväskylän Kangas.....	5
2	Opinnäytetyön tavoitteet ja toteutus.....	5
2.1	Tavoitteet ja työn rajaus.....	5
2.2	Toteutus ja tutkimusmenetelmät	6
3	Aurinkoenergia.....	7
3.1	Aurinkoenergian perusteet	7
3.2	Aurinkopaneelit	9
3.3	Aurinkoenergia Suomessa	10
3.4	Tuotantoon vaikuttavat tekijät	12
4	Energiayhteisö.....	15
4.1	Energiayhteisön määritelmä	15
4.2	Energiayhteisöjen lainsäädäntö Suomessa	17
4.2.1	Nykyinen lainsäädäntö	17
4.2.2	Lainsäädäntö uudistukset.....	20
5	Energiayhteisön toteutusmallit.....	21
5.1	Kiinteistön sisäinen energiayhteisö.....	21
5.1.1	Takamittarointi	21
5.1.2	Hyvityslaskentamalli	23
5.1.3	Mikroinvertterit	25
5.2	Hajautettu ja kiinteistörajat ylittävä energiayhteisö	25
5.3	Energiayhteisöjä Suomessa ja maailmalla.....	26
5.3.1	Energiayhteisö hankkeita Suomessa	27
5.3.2	Energiayhteisö hankkeita ulkomailla.....	29
6	Energiayhteisö Jyväskylän Kankaalle	30
6.1	Kohteen kuvaus	30
6.2	Aurinkoenergia järjestelmä Kankaan kohteessa	30

	2
6.3 Aurinkosähköjärjestelmän mitoitus	32
6.3.1 Kiinteistön kattopinta-alan riittävyys	32
6.3.2 Kiinteistön sähkönkulutus	34
6.3.3 Aurinkopaneelien tuotanto	37
6.3.4 Aurinkojärjestelmän taloudellinen tarkastelu.....	40
6.4 Energiayhteisön Kankaan kohteessa	42
6.4.1 Toteutusmallien vertailu	42
6.4.2 Toteutusmallin valinta	45
6.4.3 Energiayhteisön taloudellinen tarkastelu.....	46
7 Tulokset ja johtopäätökset	47
7.1 Suunnittelussa huomioitavat asiat	47
7.2 Energiayhteisöjen mahdollisuudet.....	49
7.3 Energiayhteisöjen riskit	49
7.4 Tulosten luotettavuuden pohdinta	51
8 Pohdinta.....	52
Lähteet	54
Liitteet	59
Liite 1. Kohdekiinteistön asemapiirustus.....	59
Liite 2. Kohdekiinteistön julkisivu	60
Liite 3. Kohdekiinteistön vesikatto	61
Liite 4. Kuukausittainen tuotanto	62
Liite 5. Aurinkojärjestelmän takaisinmaksuaika	63

Kuviot

Kuvio 1. Aurinkoenergian määrän kehitys maailmalla	8
Kuvio 2. Yleisimmät aurinkopaneeli mallit	10
Kuvio 3. Aurinkoenergian tuotanto Suomessa vuosittain	11
Kuvio 4. Auringonsäteilyn määrä euroopassa	13
Kuvio 5. Säteilyn kohtaamiskulman vaikutus paneelin tehoon.....	14
Kuvio 6. Nykyinen sähkön mittauksen kytkentä asuinkerrostaloissa.....	19
Kuvio 7. Vuonna 2018 tehty aikataulu lakiuudistusten toteuttamisesta.....	20
Kuvio 8. Takamittaroinnin kytkentä asuinkerrostalossa	22
Kuvio 9. Hyvityslaskentamallin kytkentä asuinkerrostaloon.....	24
Kuvio 10. Kuva kohteen asemapiiroksesta	31
Kuvio 11. Asuinkerrostalon huoneiston sähkönkulutus vuodessa	34
Kuvio 12. Kuormitusprofiili kerrostalokolmiosta, jonka vuosikulutus on 2500kWh	35
Kuvio 13. Arvioitu sähkönkulutus täydessä kiinteistössä	36
Kuvio 14. Kuukausittainen kiinteistösähkönkulutuksen ja tuotannon tarkastelu	38
Kuvio 15. Kiinteistön kulutuksen ja tuotannon vertailu Heinäkuun yhden viikon aikana.....	39
Kuvio 16. Investoinnin kannattavuus tarkasteltuna NPV menetelmällä.....	41

Taulukot

Taulukko 1. Kiinteistöön mahtuvien paneelien laskenta taulukko	33
Taulukko 2. Takamittaroinnin sekä hyvityslaskennan vertailua.....	43
Taulukko 3. Yhteenveto energiayhteisön suunnittelussa huomioitavista asioista	48
Taulukko 4. Energiayhteisöiden riskit ja mahdollisuudet.....	51

1 Johdanto

Nyky-yhteiskunnassa ilmastopolitiikka ja ilmastonmuutos ovat suuria puheen aiheita. EU:n sekä kansallisen ilmastopolitiikan avulla Suomi pyrkii vähentämään kasvihuonekaasujen määrää ja hidastamaan ilmastonmuutosta omalta osaltaan (Euroopan unionin ilmastopolitiikka. 2018.). Suuret voimalaitokset ja yritykset pystyvät tekemään suuria muutoksia hiilidioksidipäästöjen määriin, mutta myös yksittäisen kansalaisen valinalla on merkitystä. Viime aikoina myös kansalaisten kiinnostus puhtaampaan sekä uusiutuvaan energiaan on kasvanut. Tätä myötä myös halu osallistua energiantuotantoon on noussut. Nykypäivä onkin jo monenlaisia energiaratkaisuja, joita voidaan asentaa omiin asuinkiinteistöihin.

Omakotitaloihin on jo pitkään ollut helppo asentaa omia energiaratkaisuja, kuten aurinkopaneeleja ja tätä myötä vähentää omaa hiilijalanjälkeään. Kerrostaloasunnoissa tämä kuitenkin ei ole yleistynyt, sillä Suomessa lainsäädäntö tai sen puute ei ole sallinut aurinkosähköjärjestelmien asennusta kerrostaloihin siten, että asukkaat suoraan hyötyisivät kiinteistön tuottamasta sähköstä. Lainsäädäntöön on kuitenkin tulossa muutoksia kuluvan ja tulevien vuosien aikana. Nämä tulevat muutokset mahdollistavat energiayhteisömallin toteutuksen taloyhtiöissä.

1.1 Opinnäytetyön aihe

Opinnäytetyön aiheena oli Energiayhteisö Kankaalle. Työssä tutkittiin, millaisia toimenpiteitä energiayhteisön toteuttaminen vaatii uudessa kerrostalokiinteistössä. Työssä tutkittiin myös millainen aurinkoenergiajärjestelmä sopisi Jyväskylässä sijaitsevaan kohdekiinteistöön sekä millaisia järjestelmiä energiayhteisö vaatii aurinkosähköjärjestelmän ohella. Opinnäytetyö tehtiin toimeksiantona Jyväskylän kaupungille ja työn kohdekiinteistö sijaitsi Kankaan kaupunginosassa.

1.2 Jyväskylän Kangas

Kangas on Jyväskylässä sijaitseva rakenteilla oleva kaupunginosa. Kangasta rakennetaan vanhan paperitehtaan alueelle Tourujoen rannalle. Sen kaavoituksessa ja rakentamisessa huomioidaan ekologisuus ja kestäväkehitys. Näiden asioiden lisäksi Kankaalla pyritään toteuttamaan nykyaikaista jätehuoltoa, digitaalisia palveluja sekä yhteisjärjestelyjä esimerkiksi pysäköinnin, piha-alueiden sekä energiaratkaisuiden osalta. Kankaasta pyritään luomaan näiden asioiden avulla tulevaisuuden kaupunginosa, jossa yhdistyy uusin teknologia sekä ympäristöystävällisyys. (Kehittämishankkeet. n.d.)

Kankaan alueella on tehty monia kehittämishankkeita sen teemoihin liittyen. Yksi niistä on aurinkokaavaselvitys, jossa selvitettiin aurinkoenergian potentiaalia Kankaan alueella. Alueelle tehdyn aurinkokaavaselvityksen perusteella alueen asemakaavaan on laitettu joitakin kohtia, joilla pyritään tehostamaan alueelle tulevaa aurinkoenergiaa. Tämä rakentamismalli nimenoman edesauttaa mahdollisten aurinkoenergiayhteisöjen luomista alueelle, sillä rakennusten katot ovat suunniteltu ja rakennettu siten, että niihin on helppoa ja optimaalista asentaa aurinkopaneeleja. (Pesola, Vehviläinen, Lahdenperä, & Olaste 2013, 24-25)

2 Opinnäytetyön tavoitteet ja toteutus

2.1 Tavoitteet ja työn rajaus

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää ja luoda ohjeistus, siitä millaisia asioita aurinkoenergiayhteisön suunnittelussa ja toteutuksessa uudessa asuinkerrostalossa tulee huomioida. Työn tavoitteena oli myös selvittää millainen aurinkosähköjärjestelmä kohdekiinteistöön ja valittuun energiayhteisömalliin sopisi sekä millaista taloudellista hyötyä siitä mahdollisesti tulisi kiinteistön asukkaille. Työn tavoitteena oli löytää vastauksia seuraaviin kysymyksiin:

- Millainen aurinkoenergiajärjestelmä sekä energiayhteisömalli sopisi kohdekiinteistöön?
- Millaisia hyötyjä, haittoja tai riskejä energiayhteisön muodostamisessa on?

Opinnäytetyön tarkastelu rajattiin kohdekiinteistöön ja sen kaltaisiin asuinkerrostaloihin sekä aurinkosähköön soveltuviin energiayhteisömalleihin. Kohdekiinteistö sijaitsee Keski-Suomessa, Jyväskylässä. Aurinkosähköjärjestelmän mitoitukset tehtiin kyseisen alueen aurinkosäteilyiden perusteella, joten tuotantomäärät saattavat poiketa vastaavista muualla sijaitsevista kohteista. Työnrajaus nimenomaan Jyväskylän Kankaan alueelle, mahdollistaa tulosten hyödyntämisen alueen kehittämisessä ja markkinoinnissa. Aikataulullisesti opinnäytetyö rajattiin toteutettavaksi kevään 2020 aikana.

Opinnäytetyön tuloksena saatiin ohjeistus, jossa selviää mitä aurinkoenergiayhteisön suunnittelussa ja toteutuksessa tulee huomioida ja millaisia riskejä sen toteutukseen saattaa liittyä. Tuloksissa selvisi myös, millainen vaikutus taloudellisesti energiayhteisöllä on kiinteistölle ja sen asukkaille. Työn tuloksia voidaan myös käyttää Jyväskylän Kankaan kehittämisessä ja alueen markkinoinnissa.

2.2 Toteutus ja tutkimusmenetelmät

Opinnäytetyö toteutettiin kehittämistutkimuksena, jonka avulla haetaan vastauksia millaisilla malleilla taloyhtiöiden aurinkoenergian tuotanto, voidaan kehittää. Työssä tutkittiin millainen aurinkosähköjärjestelmä kohdekiinteistön kulutukseen sopisi sekä muutaman potentiaalisen energiayhteisömallin hyötyjä ja haittoja.

Työn toteutuksessa hyödynnettiin kohdekiinteistöistä saatavilla olevia sähkönkulutustietoja sekä asemapiirrosta ja muita rakennuksen teknisiä piirustuksia. Kiinteistön kulutukseen ja rakenteisiin liittyvä tieto saatiin haastattelemalla taloyhtiön isännöitsijää sekä kiinteistön rakentajan edustajaa. Työssä käytetty tietoperusta kerättiin pääosin aikaisemmista tutkimuksista sekä lainsäädännöistä.

Työssä käytetty tutkimusmuoto oli kehittämistutkimus. Kehittämistutkimus voidaan määritellä olevan teoreettista ja kokeellista tutkimusta. Kehittämistutkimus poikkeaa kehittämistyöstä siten, että siinä hyödynnetään tieteellisiä menetelmiä, joiden avulla pystytään lopulta luomaan uutta luotettavaa tietoa. Kehittämistutkimuksen tuloksia ei voida suoraan käyttää muissa kohteissa, sillä kehittämistutkimus suunnataan aina johonkin tiettyyn kohteeseen. Tutkimuksen tuloksia kuitenkin voidaan hyödyntää muissa vastaavissa kohteissa ja tutkimuksen prosessi voidaan toistaa. (Hyöky & Kyllönen 2013, 10-11)

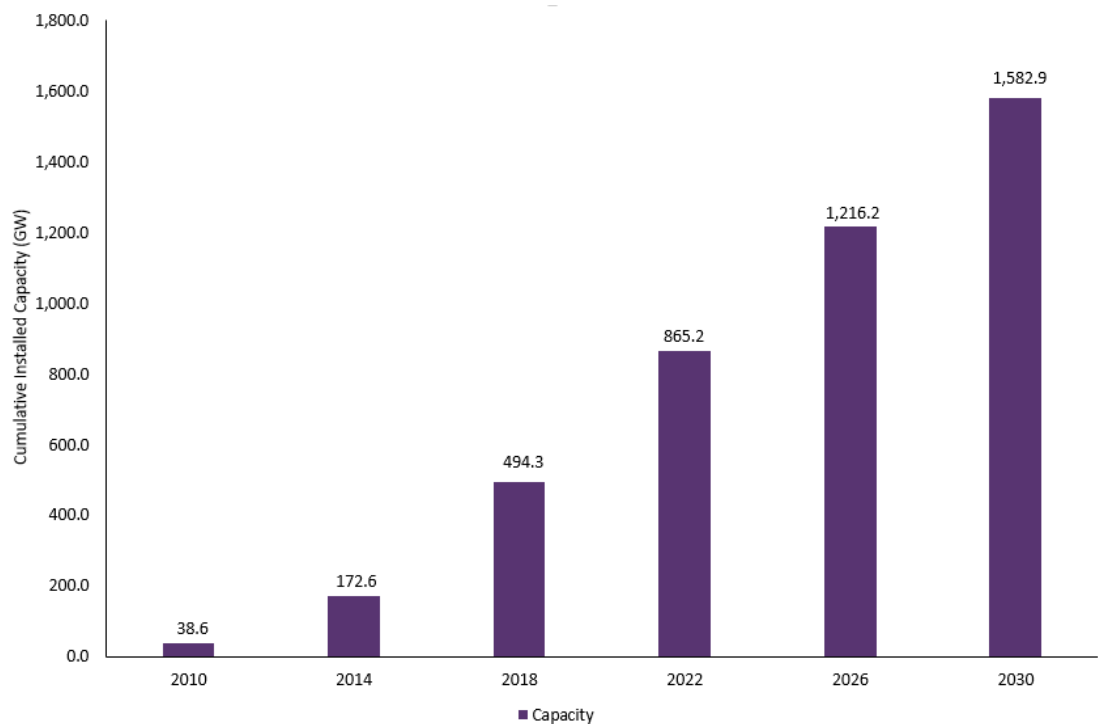
3 Aurinkoenergia

3.1 Aurinkoenergian perusteet

Aurinko on suuri kaasupallo, jonka halkaisija on 1 390 000 km. Auringossa tapahtuvan fuusioreaktion myötä aurinko säteilee ympärilleen sähkömagneettista säteilyä, jota pystytään hyödyntämään aurinkoenergiana maassa sekä avaruudessa. Suurin osa auringon säteilystä on peräisin sen ulkokuoresta eli fotosfääristä. Auringon maahan säteilevän energian määrä eli aurinkovakio on 1367 W/m². Tästä kuitenkin vain osa pääsee maanilmakehän lävitse maahan hyödynnettäväksi. (Duffie & Beckman 2013, 3-6)

Aurinkoenergiassa on suuri potentiaali maan energiantuotannossa. Jos auringosta maahan tulevasta säteilystä pystyttäisiin hyödyntämään 0,01 prosenttia, sillä pystyttäisiin tuottamaan koko maapallon vuotuinen energiantarve. Tämä kuitenkin ei ole käytännössä mahdollista. Auringon säteilystä noin 30 prosenttia heijastuu ilmakehästä takaisin avaruuteen sekä meret ja maaperä absorboivat sitä itseensä. Tästä kaikesta huolimatta maassa on vielä hyvin paljon tilaa aurinkoenergian hyödyntämiseen. (Chen 2011, 1-2)

Koko maapallolla uusiutuvan energian tuotannossa aurinkoenergia on nopeimmin kasvava tuotantomuoto. Aurinkoenergian kasvua nopeuttaa se, että sen kokoluokkaan pystytään helposti vaikuttamaan. Aurinkoenergia soveltuu tämän avulla niin suurempiin kaupallisiin järjestelmiin sekä pieniin muutaman paneelin yksittäisen henkilön tarpeet tuottaviin järjestelmiin. Aurinkoenergian määrän kasvuun on myös vaikuttanut teknologian kehittyminen alalla. Paneelien tehokkuus on kasvanut sekä niiden tuotanto kustannukset laskeneet, joten aurinkopaneelien markkinahinta onkin nykyisin yksi halvimmista energian tuotantomuodoista. (Solar energy 2020)



Kuvio 1. Aurinkoenergian määrän kehitys maailmalla (Solar PV cumulative installed capacity 2019)

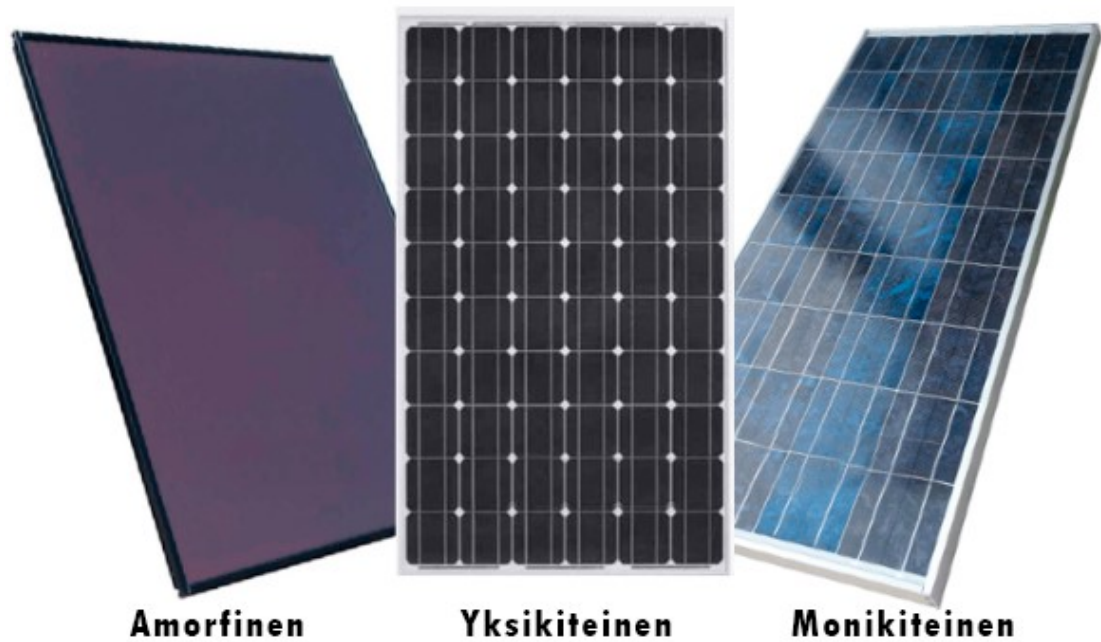
Tällä hetkellä maapallolle asennettujen aurinkojärjestelmien tuotanto on noin 580 GW (Solar energy 2020). Se on kasvanut merkittävästi 2010-luvun aikana. Vuonna 2010 aurinkoenergiaa maailmalla oli ainoastaan noin 39 GW. 2020-luvun aikana au-

rinkoenergian hyödyntämisen on ennustettu kasvavan entisestään. Ennusteen mukaan 2020-luvun lopussa aurinkoenergiaa maailmalla olisi jo 1583 GW. Se on lähes kolminkertainen määrä mitä tällä hetkellä on asennettuna. (Ks. Kuvio 1.)

Ympäristöystävällisyyden ja uusiutuvien energianmuotojen ollessa trendissä aurinkoenergia on hyvä vaihtoehto energian tuotantoon. Jos tarkastellaan aurinkojärjestelmän energian takaisinmaksuaikaa eli aikaa, jonka järjestelmä vaatii, että sen valmistukseen ja ylläpitoon kulunut energia on tuotettu takaisin. Aurinkosähköjärjestelmissä tämä aika on 0,75 – 5 vuotta. Energian takaisinmaksuaika kuitenkin vaihtelee paljon voimalan sijainnin ja sääolosuhteiden takia. Joka tapauksessa aurinkosähköjärjestelmien takaisinmaksuaika on hyvä, sillä aurinkosähköjärjestelmän käyttö ikä on noin 30 vuotta. Vuoden 2011 tutkimuksen mukaan Pohjois-Euroopassa sijaitsevat aurinkosähköjärjestelmät maksoivat itsensä takaisin viisinkertaisesti elinkaarensa aikana. Aurinkoenergia on päästötöntä energiaa, mutta osa aurinkopaneelisiin tarvittavista mineraaleista on melko harvinaisia ja niiden riittävyys tulevaisuudessa on aiheuttanut puheenaihetta. Tämän takia Euroopan unioni on asettanut direktiivin, jonka avulla pyritään ehkäisemään elektroniikkaromun syntymistä ja edistämään sen uudelleen käyttöä. (Müller 2015)

3.2 Aurinkopaneelit

Aurinkopaneelien avulla pystytään hyödyntämään auringonsäteilyä ja muuttamaan se sähkövirraksi. Auringon säteilyn valohiukkasten osuessa paneeliin paneelien sisällä olevan johtavan materiaalin molemmille puolille syntyy vastakkaismerkkiset varaukset. Varauksesta syntyvä sähkövirta voidaan johtaa tämän jälkeen akkuihin tai muuhun käyttötarkoitukseen. Aurinkokennojen materiaalina käytetään useasti piitä. Pii on yleensä kennoissa yksi- tai monikiteisenä. Ysikäiteisissä kennoissa käytetään yhdestä piihiosta leikattuja pyöreitä pii kiekkoja. Ne voidaan tunnistaakin kennojen kulmien pyöreystä ja kennojen väliin jäävistä tyhjistä aukoista. Monikiteisetkennot tehdään nelikulmaisista piihiioista. Näiden avulla pii saadaan hyödynnettyä tarkemmin. (Aurinkopaneelien toimintaperiaate n.d., 1)



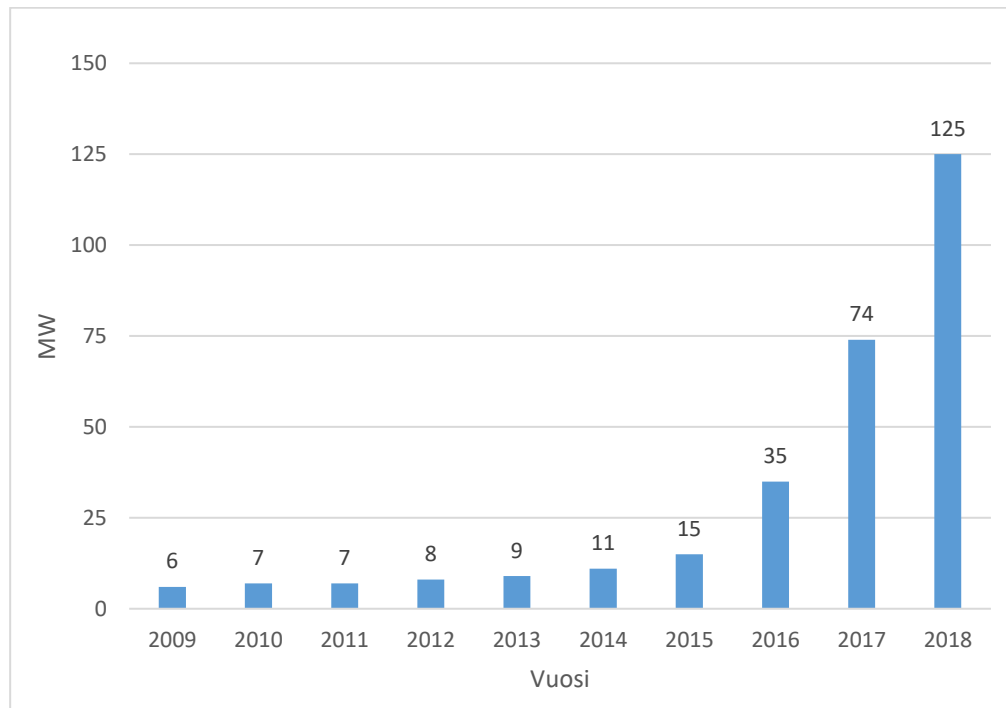
Kuvio 2. Yleisimmät aurinkopaneeli tyypit (Newkirk 2014, muokattu)

Piitä voidaan käyttää myös sen amorfisessa muodossa, jolloin voidaan valmistaa taipuisia kennoja. Näiden taipuisien kennojen huonona puolena on kuitenkin niiden heikko hyötysuhde. Yksi- tai monikiteisillä kennoilla teoreettinen hyötysuhde on 31%, mutta tällä hetkellä valmistettujen ja markkinoilla olevien paneelien hyötysuhde on noin 18%. Amorfisilla paneeleilla ei päästä samoihin hyötysuhteisiin. Niiden hyötysuhde vaihtelee 9-13% välillä. Aurinkopaneelien teknologia kuitenkin kehittyy jatkuvasti ja hyötysuhde paranee koko ajan. (Aurinkopaneelien toimintaperiaate n.d. 2-3)

3.3 Aurinkoenergia Suomessa

Uusiutuvat energianlähteet kattavat noin 40 prosenttia Suomen energiantuotannosta. Kansallisen energia- ja ilmastostrategian mukaan uusiutuvan energiantuotannon tulisi olla yli 50 prosenttia 2020-luvun aikana. Uusiutuvista energianmuodoista tärkeimpiä Suomessa ovat puupohjaiset polttoaineet, joita syntyy varsinkin metsäteollisuuden sivuvirroista. Muita tärkeitä uusiutuvia energianlähteitä ovat vesi- sekä tuulivoima. Viime vuosien aikana myös aurinkoenergia on alkanut kivuta merkittäviin lukemiin energian tuotannossa. Viimeisen neljän vuoden aikana aurinkoenergian

määrä on aina kaksinkertaistunut edellisvuoteen verrattuna. Vuonna 2018 aurinkoenergian kapasiteetti oli noin 125MW, joka oli 0,2 prosenttia Suomen sähköntuotannosta. (Aurinkoenergia ja aurinkosähkö Suomessa 2019; Uusiutuva energia Suomessa n.d.)



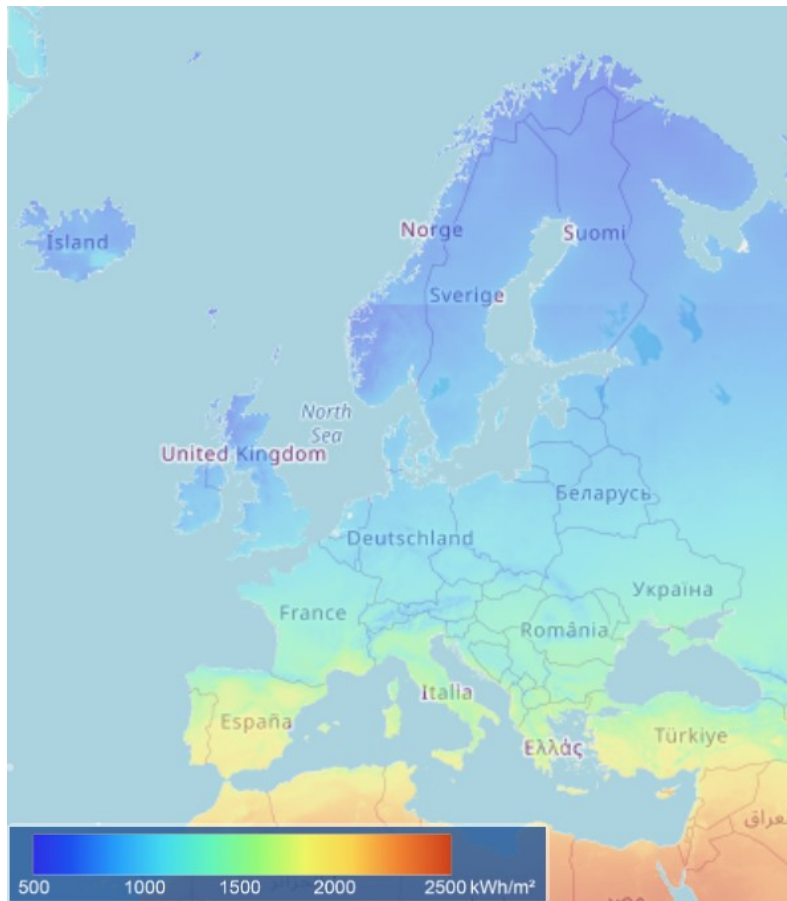
Kuvio 3. Aurinkoenergian tuotanto Suomessa vuosittain (Renewable Energy Statistics, 2019)

Mikäli aurinkoenergian kasvutahti pysyy samana vuonna 2022 aurinkovoimalla tuotetaan 1 prosentti Suomen sähkönkulutuksesta. Suomi on hieman jäljessä aurinkosähkön suhteen muusta Euroopasta. Saksassa ja Tanskassa aurinkoenergian määrä asukasta kohden on moninertainen Suomeen nähden. Saksassa se on noin 300 kertainen ja Tanskassa 15 kertainen Suomeen nähden. Suomessa on kuitenkin potentiaalia aurinkoenergian suhteen. Vuotuinen auringonsäteilyn määrä Suomessa on lähes yhtä suuri kuin Saksassa. LUTissa tehdyn mallinnuksen mukaan Suomen aurinkoenergian määrä sähköntuotannossa saattaa nousta jopa 10 prosenttiin vuoteen 2050 mennessä. (Aurinkoenergia ja aurinkosähkö Suomessa 2019)

3.4 Tuotantoon vaikuttavat tekijät

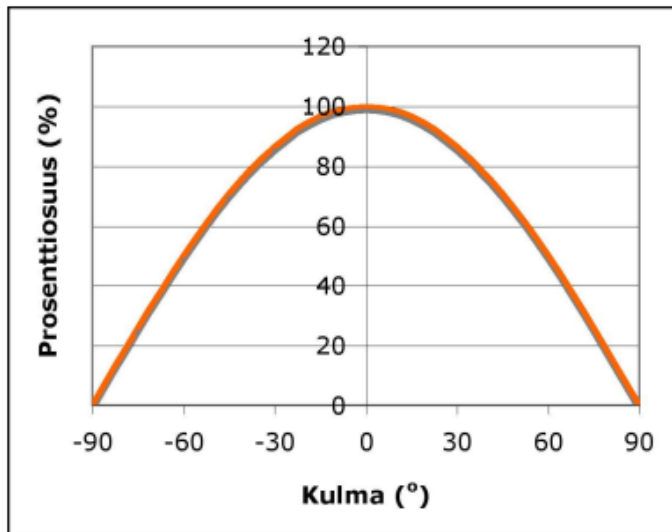
Aurinkoenergian tuotantoon vaikuttavat hyvin monet asiat, niiden kaikkien saaminen optimaaliseksi on mahdotonta, sillä niiden joukossa on tekijöitä joihin ihminen ei voi vaikuttaa. Aurinkopaneelin toimintaan vaikuttaa mm. niiden asennustapa, sijainti, ympäristön aiheuttamat varjot sekä sääolosuhteet, kuten pilvisuus, lumi sekä lämpötila. (Gevorkian 2012, 32-34)

Aurinkovoimalan maantieteellinen sijainti vaikuttaa paljon sen tuotantoon. Auringon aiheuttama säteily ei ole samansuuruista joka puolella maapalloa. Esimerkiksi Pohjois-Suomeen tuleva säteily eroaa melko paljon Etelä-Euroopan säteily määrästä. Pohjois-Suomessa vuotuinen säteily määrä on noin 790 kWh/m² kun taas Etelä-Euroopassa säteilyn määrä voi olla jopa tuplasti enemmän noin 1500-2000 kWh/m². Etelä-Suomessa kuitenkin päästään lähes samoihin lukemiin kuin Pohjois-Euroopassa, kuten Saksassa, joissa vuotuinen säteily määrä on noin 1000 kWh/m². (Auringonsäteilyn määrä Suomessa n.d.)



Kuvio 4. Auringonsäteilyn määrä euroopassa (PVGIS 2019)

Aurinkopaneelien asennuksessa tulee myös huomioida sen kulma aurinkoon nähden. Kun auringon säteily kohtaa paneelin pinnan kohtisuorasti paneeli toimii tehokkaimmin. Auringon korkeus ja sitä myötä sen säteilyn kulma vaihtelee vuorokauden- sekä vuodenajan mukaan. Keski-Suomessa keskikesällä aurinko on päivisin noin 50 astetta horisontin yläpuolella. Talvisin tuo kulma on matalimmillaan 5 astetta. Näiden kulmien keskiarvo on noin 30 astetta ja siksi Suomessa pidetäänkin aurinkopaneelien optimikulmana noin 30-40 asteen kulmaa. Tätä suurta kulman vaihtelua voidaan kuitenkin kompensoida asentamalla paneelit liikkuviin aurinkoa seuraaviin telineisiin. Niiden avulla voidaan saada auringonsäteily optimaalisessa kulmassa paneelin pintaan ajankohdasta riippumatta. Nämä aurinkoa seuraavat paneelit eivät kuitenkaan sovellu kaikkiin kohteisiin. (Aurinkopaneelien toimintaperiaate n.d. 7-8)



Kuvio 5. Säteilyn kohtaamiskulman vaikutus paneelin tehoon (Aurinkopaneelien toimintaperiaate n.d., 8)

Kaikki esteet auringonsäteiden tiellä vaikuttavat aurinkopaneelien tuotantoon. Varjoja aurinkopaneelille tuottavat yleensä lähialueen muut rakennukset, puut tai rakennusten katoilla sijaitsevat talotekniset järjestelmät. Näihin asioihin ihminen voi vaikuttaa aurinkoenergiajärjestelmän suunnittelun ja rakentamisen yhteydessä. Kaikkeen varjostukseen kuitenkin suunnittelulla ei ole mahdollista vaikuttaa, sillä pilvetkin voivat luoda esteitä auringon säteilylle. Muita sään aiheuttamia tuotantoon vaikuttavia tekijöitä ovat lumi ja lämpötila. Suuret lumimassat aiheuttavat auringonsäteet peittävän kerroksen paneelien päälle, jolloin niiden tuotanto heikkenee tai jopa pysähtyy. Lämpötilakin vaikuttaa aurinkopaneelien toimintaan. Paneelien sisältämän väliaineen johtavuus muuttuu lämpötilan myötä. Viileässä sen johtavuus kasvaa ja samalla paneelien tuotanto paranee. Eli aurinkopaneelit tuottavat paremmin viileässä aurinkoisessa säässä kuin kuumassa säässä. Juuri kyseinen viileä ilmasto kompensoi hieman Suomessa olevaa epäoptimaalista auringonkulmaa. (Gevorkian 2012, 32-34)

4 Energiayhteisö

4.1 Energiayhteisön määritelmä

Yleisesti jonkin pientuotannon ympärille muodostunutta yhteishanketta kutsutaan energiayhteisöksi. Energiayhteisön määritelmä on kuitenkin vielä melko uusi ja sen järjestäytymistapaan ei ole vielä tullut vakiintunutta muotoa. Energiayhteisönä kuitenkin voidaan pitää jotakin uusiutuvan energiantuotannon ympärille muodostunutta yhteisöä, jonka tavoitteena on tuottaa taloudellista, sosiaalista ja ympäristöllistä hyötyä yhteisön jäsenille. Energiayhteisön ensisijaisena tavoitteena ei kuitenkaan ole voiton tavoitteleminen. Energiayhteisöön liittymisen tulee olla vapaaehtoista ja yhteisön tulee järjestyä oikeushenkilöksi. Energiayhteisöjä voivat olla esimerkiksi jotkin säätiöt, taloyhtiöt tai osakeyhtiöt, joilla on jonkinlaista uusiutuvaa energiantuotantoa. Tällaista tuotantoa voi olla mm. aurinkoenergia, maalämpö tai tuulivoima. (Airaksinen, Annala, Bröckl, Honkapuro, Lassila, Manninen, Partanen, Rautiainen, Saario, Vanhanen & Värre 2019, 17-19; Älyverkkotyöryhmän ehdotukset ja niiden tarkemmat perustelut 2018, 33-34.)

Myös kansainvälisen uusiutuvan energian viraston IRENA:n mukaan energiayhteisöiden määritelmä on tällä hetkellä melko laaja. Energiayhteisöiden koko voi vaihdella muutaman jäsenen hankkeesta suurempiin energiaomavaraisiin hankkeisiin. IRENA:n mukaan energiayhteisöiden pääsääntönä on kuitenkin se, että ”energiayhteisö on taloudellista ja toiminnallista osallistumista ja/tai kansalaisten tai määritellyn yhteisön omistama uusiutuvan energian projekti”. (Community energy 2018, 3)

Suomen lainsäädännössä ei ole vielä määrittelyä energiayhteisölle, mutta muutamassa EU-direktiiveissä määritellään energiayhteisön käsite. Direktiivissä 2019/944, joka koskee sähkön sisämarkkinointiin koskevia sääntöjä, määrittelee energiayhteisön olevan seuraavanlainen:

- a) *joka perustuu vapaaehtoiseen ja avoimeen osallistumiseen ja jossa tosiasiallista määräysvaltaa käyttävät jäsenet tai osakkaat, jotka ovat luonnollisia henkilöitä, paikallisviranomaisia mukaan lukien, tai pieniä yrityksiä;*

- b) Jonka ensisijaisena tarkoituksena on tuottaa rahallisen voiton sijaan ympäristöön, talouteen tai sosiaaliseen yhteisöön liittyviä hyötyjä jäsenilleen tai osakkailleen tai alueille, joilla se toimii; ja*
- c) Joka voi harjoittaa tuotantoa, mukaan lukien uusiutuvista lähteistä peräisin olevaa tuotantoa, jakelua, toimitusta, kulutusta, aggregointia, energianvarastointia, energiatehokkuuspalveluja tai sähköajoneuvojen latauspalveluja tai voi tarjota muita energiapalveluja jäsenilleen tai osakkailleen (Direktiivi 2019/944/EU).*

Kyseisessä direktiivissä energiayhteisö määritellään nimenomaan yhteisöksi, joka on vapaaehtoinen ja tuottaa muutakin kuin taloudellista hyötyä osakkailleen sekä on yhteydessä jollainlailla uusiutuviin energianlähteisiin. Myös direktiivissä 2018/2001, uusiutuvista lähteistä peräisin olevan energian käytön edistämisestä, mainitaan energiayhteisö ja sille annetaan selitys, että energiayhteisö on oikeushenkilö:

- a) joka sovellettavan kansallisen lainsäädännön mukaisesti perustuu avoimeen ja vapaaehtoiseen osallistumiseen, on riippumaton ja tosiasiallisesti sellaisten osakkeenomistajien tai jäsenten määräysvallassa, jotka sijaitsevat lähellä kyseisen oikeushenkilön omistamia ja kehittämiä uusiutuvaa energiaa hyödyntäviä hankkeita;*
- b) Jonka osakkeenomistajat tai jäsenet ovat luonnollisia henkilöitä, pk-yrityksiä tai paikallisviranomaisia, mukaan lukien kunnat;*
- c) Jonka ensisijaisena tarkoituksena on tuottaa ympäristöön liittyvää, taloudellista tai sosiaalista hyötyä osakkeenomistajilleen tai jäsenilleen tai alueille, joilla se toimii, eikä rahallista voittoa (Direktiivi 2018/2001/EU).*

Direktiivin 2018/2001 selityksen pääkohdat ovat melko samat kuin edellisenkin direktiivin. Tässäkin direktiivissä mainitaan vapaaehtoisuus, uusiutuvaa energiaa hyödyntävät hankkeet sekä muunkin kuin rahallisen hyödyn tuottaminen yhteisönjäsenille.

4.2 Energiayhteisöjen lainsäädäntö Suomessa

4.2.1 Nykyinen lainsäädäntö

Suomessa ei ole tällä hetkellä lainsäädäntöä, joka määritteli energiayhteisöön liittyviä säädöksiä. Tavoitteena on kuitenkin, että vuoden 2020 loppuun mennessä niihin liittyvä lakiuudistus saataisiin voimaan. Uusien lainsäädäntöjen pohjana tullaan käyttämään EU-direktiivejä sekä Työ- ja elinkeinoministeriön älyverkkotyöryhmän laatimia linjauksia. Tällä hetkellä energiayhteisöjen perustamista Suomessa rajoittaa Sähkömarkkinalaki. (Auvinen, Honkapuro, Ruggiero, & Juntunen 2020, 54)

Sähkömarkkinalaissa ei nykyisessä muodossaan mainita suoranaisesti energiayhteisöjä, mutta se sisältää silti joitakin rajoittavia tekijöitä energiayhteisöihin liittyen. Energiayhteisöihin liittyvään toimintaan vaikuttavia pykäläitä sähkömarkkinalaissa ovat mm. pykälät 4, 5 ja 6, joissa määritellään sähköverkkotoiminnan luvanvaraisuutta ja luvanvarainta. Pykälässä 13 käsitellään jakeluverkon rakentamiseen liittyviä asioita. Näiden pykälien lisäksi pykälät 71 ja 72 rajoittavat energiayhteisöjen muodostamista sähkön mittaukseen liittyvillä määräyksillään. (Kolehmainen 2019, 47)

Pykälät 4, 5 ja 6 käsittelevät sähköverkon luvanvaraisuutta. Suomessa Energiavirasto myöntää sähköverkkoluvat. Sähköverkkolupaa ei tarvita, mikäli sähköverkolla hoidetaan ainoastaan kiinteistön sisäistä sähköntoimitusta. Pykälä 13 koskee jakeluverkon rakentamista. Yleisesti alueen jakeluverkonhaltijalla on yksinoikeus rakentaa jakeluverkko alueelleen, mutta tähänkin liittyy muutamia poikkeuksia. Mikäli kyseessä on kiinteistön tai sen sisäisen yhteisön sisäinen verkko, voi verkon rakentaa joku muu kuin jakeluverkonhaltija. Myös silloin, kun on kyseessä liittymisjohto, jolla kytketään voimalaitos kiinteistön tai jakeluverkon sähköverkkoon, voi jakeluverkon rakentaja olla joku muu kuin alueen jakeluverkonhaltija. (L 588/2013; Kolehmainen 2019, 47-48)

Sähkömarkkinalain pykälässä 71 määritellään kiinteistön sähkön mittaukseen koskevia asioita. Kiinteistönhaltijalla on vastuu järjestää kiinteistön käyttäjille asianmukainen sähkömittaus. Sähkön mittaus pitää olla järjestetty siten, että sähkökuluttajan

on mahdollista vaihtaa sähköntoimittajaansa halutessaan ja siitä aiheutuvat kustannukset tulee olla mahdollisimman pienet sekä käyttäjälle ja sähköntoimittajalle. Sähkötuntimittareiden tulee myös olla etäluettavia ja niiden mittaama sähkönkulutus tulee olla mahdollista erotella kiinteistön kokonaiskulutuksesta. Pykälässä 72 myös määritellään sähkönkäyttäjän oikeuksia sähköntoimittajan valinnassa. Kiinteistönhaltijan on pidettävähuolta siitä, että jokaisella kiinteistön asukkaalla on mahdollisuus tehdä oma sähköverkkosopimus sekä sähkömyyntisopimus. Mutta mikäli kiinteistössä on käytössä kiinteistönsisäinen sähköverkko ja asukas haluaa irtaantua siitä, tulee asukkaan korvata kiinteistönhalijalle siitä aiheutuvat kulut. (L 588/2013.)

Normaalisti asuinkerrostaloissa sijaitsevat asuntojen mittalaitteet ovat jakeluverkonhaltijan omistuksessa. Tämä aiheuttaa sähkömarkkinalain 72 pykälän mukaisesti sen, että kiinteistössä sijaitsevan aurinkovoimalan tuottama sähkö kulkee jakeluverkon kautta kulkiessaan asuntojen sähkömittareihin ja täten tuotetusta sähköstä joudutaan maksamaan sähkönsiirtomaksu sekä sähkövero. Sähkönsiirtomaksu sekä sähkövero ovat tehneet kerrostalojen aurinkovoimaloista taloudellisesti vähemmän kannattavia, kuin omakotitalojen voimaloista. Nykyisiä lainsäädäntöjä on voitu kiertää vaihtamalla jakeluverkonmittarit kiinteistön omistamiksi mittareiksi, niin sanotun takamittarointi mallin avulla. Takamittaroinnista kerrotaan työssä hieman myöhemmin. (Kolehmainen 2019, 49-50)

Arvolisäveroa säätelevä säädäntö myös vaikuttaa energiayhteisöiden toimintaan. Lainsäädännön mukaan, mikäli tilikauden liikevaihto ylittää 10 000 € myyjästä tulee verovelvollinen. Taloyhtiöissä tämä summa saattaa ylittyä melko helposti, jos tuotetua aurinkosähköä joudutaan myymään myös verkkoon, sillä liikevaihtoon lasketaan mukaan myös taloyhtiön yhtiövastikkeet. Mikäli tilikaudella liikevaihto ylittää tuon vähäisen liiketoiminnan rajan, joudutaan vero maksamaan koko tilikauden myynnistä, eikä ainoastaan ylittävistä osuudesta. (Verohallinnon ohjeet 2017) Arvolisäveroa koskevan säädännön takia taloyhtiöiden aurinkovoimalat joudutaan mitoittamaan tarkasti kohteen kulutuksen mukaan, jotta ylijäämältä ja verkkoon myytävältä sähköltä vältytään. Arvolisäverolliseksi muuttuminen vaikuttaisi taloyhtiön ja energiayhteisön kannattavuuteen heikentävästi lisäkustannusten myötä.



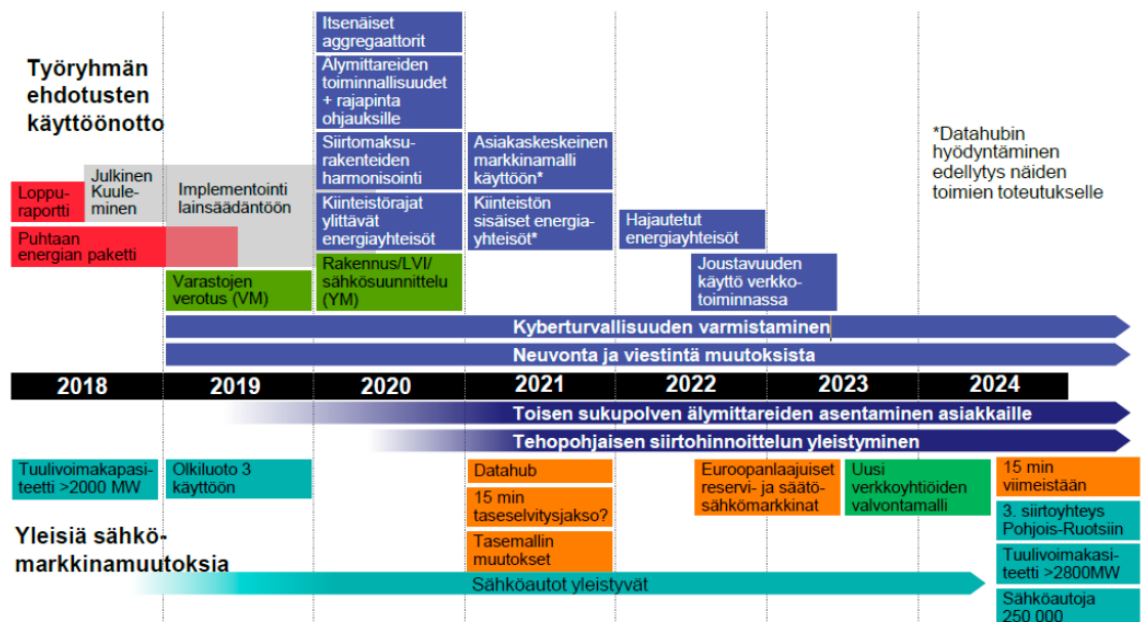
Kuvio 6. Nykyinen sähkön mittauksen kytkentä asuinkerrostaloissa (Auvinen, Honkapuro, Ruggiero, & Juntunen 2020, 3)

Energiayhteisöissä, jotka perustuvat nimenomaan aurinkosähköön on myös huomiotava, kuinka paneelit asennetaan kiinteistön alueelle. Mikäli paneelit asennetaan kiinteistön pihamaalle tai katolle niin, että ne vaikuttavat merkittävästi kaupunkikuvaan tulee muiden lupien lisäksi hakea toimenpidelupaa aurinkopaneelien asennukseen. Näin asiasta mainitaan maankäyttö- ja rakennuslaissa (L 1999/132). Joissain tapauksissa aurinkoenergiahanke saattaa myös vaatia rakennusluvan, mikäli se on mitaluokaltaan niin suuri, että se voitaisiin tulkita rakennukseksi. Asuinkiinteistöihin ja energiayhteisöihin liittyvissä aurinkoenergiaratkaisuisissa kuitenkin tällaista lupakäsittelyä harvoin vaaditaan (Airaksinen, Annala, Bröckl, Honkapuro, Lassila, Manninen, Partanen, Rautiainen, Saario, Vanhanen & Värre 2019, 113)

4.2.2 Lainsäädäntö uudistukset

Energiayhteisöihin liittyvät EU:n direktiiviuudistukset sekä Työ- ja elinkeinoministeriön uudet linjaukset mahdollistavat tulevaisuudessa hyvityslaskentamallia hyödyntävien energiayhteisöiden toteutuksen.

Työ- ja elinkeinoministeriön älyverkkotyöryhmä on suunnitellut joitakin uudistuksia sähköntuotantoon ja energiayhteisöihin liittyen. Älyverkkotyöryhmän ehdotuksen mukaan kiinteistön sisällä tuotetusta ja kulutetusta sähköstä ei tarvitsisi maksaa verkkopalvelumaksuja jakeluverkkoyhtiölle. Jos kiinteistössä tuotettu sähkö jostain syystä kiertää jakeluverkon kautta tällöin palvelumaksut tulisi maksaa. Uuden mallin avulla kiinteistön asukkaat saisivat oikeudenmukaisesti hyötyä kiinteistössä tuottamastaan sähköstä. Jakeluverkosta tuleva sähkö sekä energiayhteisön tuottama sähkö tulisi pystyä erottelamaan sähkömittareissa. Tämä saattaa edellyttää myös joidenkin mittauslaitedirektiivien tai niiden tulkinnan muutosta. Nämä muutokset vaikuttaisivat nimenomaan taloyhtiöiden energiantuotantoon, jossa tällainen tuotanto ei ole ollut vielä kannattavaa. (Joustava ja asiakaskeinen sähköjärjestelmä 2018, 18-19)



Kuvio 7. Vuonna 2018 tehty aikataulu lakiuudistusten toteuttamisesta. (Kolehmainen 2019, 58)

Työ- ja elinkeinoministeriön älyverkkotyöryhmä laati vuonna 2018 aikataulun sähköverkkoon liittyvistä lakiuudistuksista (ks. kuvio 7). Aikataulun mukaan vuosien 2020-2022 aikana energiayhteisöihin vaikuttavat lakiuudistukset tulisi olla voimassa. Lainsäädännöistä ensimmäisenä tulisivat sähkönmittaamiseen, siirtomaksuihin sekä kiinteistörajat ylittäviin energiayhteisöihin liittyvät uudistukset. Tämän jälkeen tulisivat kiinteistön sisäiset ja hajautetut energiayhteisöt, joissa hyödynnetään Fingridin kehitteillä olevaa Datahub järjestelmää.

5 Energiayhteisön toteutusmallit

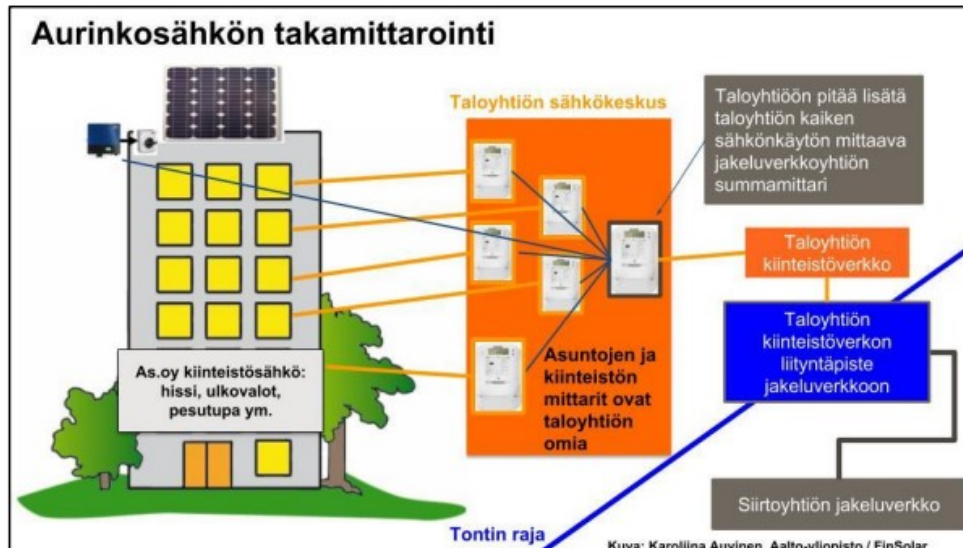
Työssä keskitytään nimenomaan aurinkoenergiaan hyödyntäviin energiayhteisöihin, joten toteutusmallien tarkastelu rajautuu aurinkoenergialle ja asuinkiinteistöille soveltuviin malleihin. Toteutusmallit voidaan jakaa kiinteistön sisäisiin sekä hajautettuihin energiayhteisöihin sen perusteella tapahtuuko energiantuotanto kiinteistön alueella vai sen ulkopuolella. Kiinteistön sisäisissä energiayhteisöissä tuotanto tapahtuu yleensä kiinteistön katolla tai pihamaalla siten, että paneelit ovat kuitenkin tontilla. Hajautetussa tai kiinteistörajat ylittävässä energiayhteisössä tuotanto tapahtuu kyseisen kiinteistön rajojen ulkopuolella esimerkiksi naapuritontilla tai jopa kauempana. Tämä muualla tuotettu energia kuljetetaan julkista sähköverkkoa tai erillistä yhdysjohtoa pitkin kohdekiinteistöön. (Airaksinen, Annala, Bröckl, Honkapuro, Lassila, Manninen, Partanen, Rautiainen, Saario, Vanhanen & Värre 2019, 22-26)

5.1 Kiinteistön sisäinen energiayhteisö

5.1.1 Takamittarointi

Takamittarointimallilla on pyritty välttämään sähköveron sekä siirtomaksun maksamista taloyhtiön tuottamasta aurinkosähköstä. Takamittarointi perustuu siihen, että kaikki asuntojen sähkömittarit ovat taloyhtiön omistuksessa ja ainoastaan yhteinen summamittari on yhteydessä jakeluverkkoon. Summamittarissa yhdistetään kaikki kiinteistön ja asuntojen sähkökulutus. Yksi yhteinen sähkömittari mahdollistaa kiin-

teistön toimisen yhdellä verkkopalvelu- ja sähköenergiasopimuksella. Takamittaroinnissa taloyhtiön yhteinen sähkölasku jaetaan asukkaiden kesken kulutuksen mukaan, jota kiinteistöjen omat sähkömittarit mittaavat. Laskun jakamisessa voi myös olla joi-takin muita jakoperiaatteita, mutta ne sovitaan aina erikseen. (Auvinen 2018)



Kuvio 8. Takamittaroinnin kytkentä asuinkerrostalossa (Auvinen, Honkapuro, Ruggiero, & Juntunen 2020, 7)

Takamittaroinnin yhteydessä oleva aurinkosähkijärjestelmä mitoitetaan yleensä niin, ettei tuotannosta synny ylijäämää ja ettei sähköä jouduttaisiin myymään verkkoon. Mikäli taloyhtiö joutuu myymään aurinkosähköään verkkoon, tämä voi johtaa siihen, että taloyhtiöstä tulee energian myyjä sekä arvolisäverollinen. Arvolisäverosta johtuvat säädökset voidaan kuitenkin välttää myymällä aurinkosähkö verkkoon 0 snt/kWh hintaan, jolloin taloyhtiölle ei synny liikevaihtoa ja taloyhtiöstä ei tule energian myyjää. (Auvinen 2018)

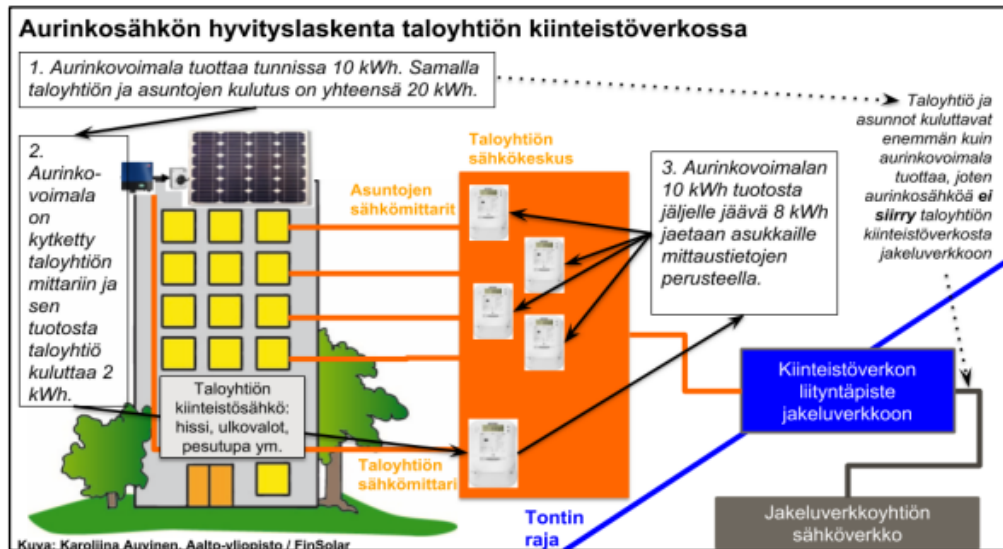
Takamittaroinnin hyöty perustuu kiinteistön yhteiseen sähkönsopimukseen, jolloin joudutaan maksamaan ainoastaan yhdet yhteiset perusmaksut sähköenergiaan liit-tyen. Tämä malli myös mahdollistaa kiinteistön asukkaiden hyödyntää aurinkosäh-köä. Nykyisin yleensä asuinkerrostalojen aurinkosähkijärjestelmät ovat liitettynä ai-noastaan kiinteistön yhteiseen kulutukseen, kuten pesutupiin, hisseihin ja yleiseen

valaistukseen. Takamittaroinnissa haasteena on se, etteivät kiinteistön asukkaat enää pysty kilpailutta omaa sähkösovimustaan ja heidät on pakotettu liittymään yhteiseen takamittarointimalliin. Tämä malli myös vaatii kiinteistön sähkömittareiden vaihtamisen taloyhtiön omiksi jakeluverkon mittareista. Tällainen työ saattaa tulla kalliiksi varsinkin vanhoissa kiinteistöissä, joten takamittarointi on parempi vaihtoehto uudiskohteissa tai tehtäväksi jonkin sähköremontin yhteydessä (Auvinen 2018)

Takamittarointi on melko harvinainen toteutusmuoto uusiutuvan energian jakamiselle kiinteistön asukkaiden kesken. Takamittarointia on käytetty muutamissa liike- ja teollisuuden kiinteistöissä. Asuintaloissa, kuten rivitaloissa ja kerrostaloissa takamittarointi on hyvin harvinaista. (Kiinteistön takamittarointi rivitaloon 2018.)

5.1.2 Hyvityslaskentamalli

Hyvityslaskentamalli mahdollistaa kiinteistön tuottaman aurinkoenergian hyödyntämisen kiinteistön asukkaille sekä säästön sähköveron ja siirtomaksun jäädessä pois. Mallin toimivuus perustuu siihen, että kiinteistössä itsetuotettu sähkö voitaisiin hyödyntää kiinteistön sisällä ilman sitä, että siitä jouduttaisiin maksamaan siirtomaksua ja muita sähkön perusmaksuja. Hyvityslaskentamalli ei ole vielä lainsäädännöllisesti mahdollinen, mutta säädäntöihin on luultavasti tulossa muutoksia tulevien vuosien aikana. (Auvinen 2017)



Kuvio 9. Hyvityslaskentamallin kytkentä asuinkerrostaloon. (Auvinen, Honkapuro, Ruggiero, & Juntunen 2020, 9)

Hyvityslaskentamallissa kiinteistössä voidaan hyödyntää siellä jo olemassa olevia sähkömittareita, jolloin siihen siirtyminen vanhassa kiinteistössä ei välttämättä vaadi suuria muutoksia sähköjärjestelmissä. Hyvityslaskennassa kiinteistön tuottama sähkö käytetään ensisijaisesti taloyhtiön kiinteistösähkön kulutukseen, jonka jälkeen sitä jaetaan kiinteistön asukkaiden käyttöön. Asukkaille menevä sähkö jaetaan verkkoyhtiön hyvityslaskentaohjelmiston avulla. Ohjelmisto tutkii aurinkosähkön tuotantotietoja sekä asuntojen kulutusta ja jakaa aurinkosähköä asunnoille jakosuhteiden perusteella tasojaksoittain. Tasojakson pituus on tällä hetkellä sähkömarkkinoilla tunnin mittainen, mutta tulevaisuudessa jaksoa lyhennetään 15 minuuttiin. Pääsääntöisesti järjestelmä pyritään mitoittamaan niin, että kaikki tuotettu sähkö saataisiin kulutettua kiinteistössä, eikä ylijäämää syntyisi. (Auvinen 2017)

Hyvityslaskentamallissa kiinteistön asukkaat pystyvät itse vaikuttamaan sähkönsopimukseensa toisin kuin takamittarointimallissa, ja silti hyödyntämään kiinteistössä tuotettua sähköä ilman lisämaksuja. Hyvityslaskennassa taloyhtiö sopii verkkoyhtiön kanssa sopimuksen hyvityslaskentaan liittyen. Verkkoyhtiö voi periä palvelumaksua hyvityslaskentaan liittyvistä huolto- ja palvelukuluista. (Auvinen, Honkapuro, Ruggiero, & Juntunen 2020, 8-10)

5.1.3 Mikroinvertterit

Mikroinvertterit eivät ole varsinaisesti energiayhteisöön johtava toteutusmuoto. Järjestelmässä jokaiselle huoneistolle asennetaan käytännössä oma aurinkosähköjärjestelmä ja niihin jaetaan osa kiinteistön omistamista aurinkopaneeleista (Huoman 2018.). Tällä järjestelmällä ei saada yhtä suurta hyötyä kiinteistöön asennetusta aurinkosähköjärjestelmästä, sillä se on jaettu moneksi pienemmäksi kokonaisuudeksi. Suuremman voimalaitoksen tuotanto voidaan hyödyntää paremmin asukkaiden kesken, sillä silloin tuotanto ja kulutus kohtaavat toisensa paremmin. Pienissä järjestelmissä yli- tai alituotantoa syntyy herkemmin. Mikroinvertterijärjestelmän asennus myös vaatii paljon enemmän johdotusta kuin normaali yhdestä liitäntäpisteestä sähkön siirtäminen kiinteistön verkkoon, joten varsinkin vanhoihin kiinteistöihin asennettaessa asennustyö saattaa olla haastavaa sekä kallista. (Airaksinen, Annala, Bröckl, Honkapuro, Lassila, Manninen, Partanen, Rautiainen, Saario, Vanhanen & Värre 2019, 34)

5.2 Hajautettu ja kiinteistörajat ylittävä energiayhteisö

Hajautetussa energiayhteisössä energiantuotanto sekä energiankulutus voivat sijaita maantieteellisesti eri paikoissa. Tuotettu energia kuljetetaan kohteeseen julkista sähköverkkoa pitkin. Hajautetussa energiayhteisössä joudutaan käyttämään julkista sähköverkkoa sillä tuotantopaikan ja kohdekiinteistön etäisyys saattaa olla hyvin suuri toisiinsa nähden. Julkista verkkoa käytettäessä joudutaan sähköstä maksaan myös siirtomaksu sekä sähkövero, joten hajautetusta energiayhteisöstä ei saada välttämättä samanlaista hyötyä kuin kiinteistön sisäisistä energiayhteisöistä, jotka hyödyntävät omaa sähköverkkoaan. (Airaksinen, Annala, Bröckl, Honkapuro, Lassila, Manninen, Partanen, Rautiainen, Saario, Vanhanen & Värre 2019, 38)

Kiinteistörajat ylittävässä energiayhteisössä tuotanto- ja kulutuspaikan etäisyys ei ole niin suuri kuin hajautetussa energiayhteisössä. Kiinteistörajat ylittävä energiayhteisö

voidaan perustaa esimerkiksi naapurustoon, jossa paneelit sijaitsevat toisen omakotitalon katolla, mutta sähkö siirretään naapurikiinteistöön käytettäväksi. Kiinteistörajat ylittävässä yhteisössä ei käytetä julkista jakeluverkkoa vaan tuotettu sähkö siirretään erillistä sähkölinjaa pitkin. Tällöin vältytään jakeluverkon aiheuttamista sähkömaksuista. Omien sähköverkkojen rakentaminen on kuitenkin Suomen lainsäädännössä hyvin säädeltyä ja luvanvaraista. Tällä pyritään estämään rinnakkaisverkkojen syntymistä ja takaamaan sähköturvallisuutta. Kiinteistörajoja ylittäviin energiayhteisöihin vaikuttaviin lainsäädäntöihin on kuitenkin myös tulossa jonkinlaisia uudistuksia. (Partanen 2020, 10)

5.3 Energiayhteisöjä Suomessa ja maailmalla

Energiayhteisöt eivät ole vielä yleistyneet Suomessa niitä ohjaavien lainsäädäntöjen puuttumisen vuoksi. Suomessa on kuitenkin jo muutamia suurempia hankkeita sekä asuinkiinteistöjä, joita voidaan kutsua energiayhteisöiksi. Suomessa on arviolta alle 100 kappaletta yhteisöllistä energiaprojektia ja niistä suurin osa toimii puu pohjaisen polttoaineen ympärillä. Aurinkoenergiaan liittyvät yhteisö hankkeet ovat vielä melko harvassa. (Wider introduction of renewable energy is possible also in Finland 2019)

Muualla Euroopassa energiayhteisöt sekä kansalaisten osallistuminen energiantuotantoon on yleisempää. Esimerkiksi Tanska on tuulivoiman suhteen edelläkävijä yhteisön omistamassa energiantuotannossa. Tanskan lainsäädännössäkin sanotaan, että paikallisten tuulivoimahankkeiden omistuksesta tulee varata 20 prosenttia alueen asukkaiden omistukseen (Community power in Denmark n.d.). Tanskan lisäksi Saksassa ja Alankomaissa on myös pitkä historia energiantuotannon yhteisomistuksesta. Varsinkin Saksassa energiayhteisöjen syntymistä on vauhdittanut valtion määräämä syöttötariffi, jolla uusiutuvasta energianlähteestä tulleelle energialle taataan minimi ostohinta. (Renewable Energy communities 2018, 4-10.)

5.3.1 Energiayhteisö hankkeita Suomessa

LEMENE

LEMENE-hanke on Lempäälän energian energiayhteisöhanke. Hanke sai vuonna 2017 Työ- ja elinkeinoministeriöltä kärkihanketuen ja hanke valmistui vuonna 2019. Hankkeen ideana oli toteuttaa energiaomavarainen uusiutuvaa energiaa hyödyntävä alue Marjamäen teollisuusalueelle. Alueen energiantuotanto tulee kahdesta suuresta aurinkopaneelikentästä, joiden kapasiteetti on yhteensä 4 MW. Aurinkopaneelien lisäksi alueen energiaa tuottavat biokaasukäyttöiset kaasumoottorit, joiden teho on yhteensä 8,1 MW sekä 130 kW tehoiset polttokennot. Sähkön tuotannossa syntyvä lauhdelämpö hyödynnetään alueen kaukolämpöverkossa. Marjamäen alue on 300 hehtaarin kokoinen ja siellä toimii jo tällä hetkellä yli 300 yritystä. (Hanke-esittely. N.d.)

LEMENE-hankkeen sähköverkko on toteutettu älykkäänä sähköverkkona. Normaalisti alue toimii osana julkista sähköverkkoa, mutta se pystyy tarvittaessa toimimaan itsenäisesti tai tukemaan muuta verkkoa sen sähköverkonrakenteen ja akkujärjestelmien avulla. (Hanke-esittely. N.d.)

Nummela

Vuonna 2018 Nummelassa sijaitsevaan rivitaloon toteutettiin takamittarointi. Tämä kohde oli luultavasti Suomen ensimmäinen asumistarkoituksessa oleva rivi- ja kerrostalo, johon toteutettiin takamittarointi. Nummelan rivitaloon asennettiin 52 aurinkopaneelia ja niiden asennuksen jälkeen toteutettiin takamittarointi. Verkkoyhtiö poistatti omat sähkömittarinsa, jotta takamittarointiin vaadittavat omat mittarit voitiin asentaa. Järjestelmä maksoi noin 7000 euroa, josta suurin osa oli paneelien ja johdotuksen hinta. Järjestelmän 52 paneelia tuottavat välillä yli kiinteistön tarpeiden, joten sähköä joudutaan myymään verkkoon. Nummelan kohde sopi takamittaroinnille hyvin, sillä koko rivitalokiinteistö oli yksityishenkilön omistuksessa ja hän kustansi koko järjestelmän. Järjestelmän takaisinmaksuaika on noin 5 vuotta ja sen avulla asukkaat pääsevät eroon sähköliittymiin liittyvistä perusmaksuista. Kuluttamastaan

sähköstä asukkaat maksavat kiinteätä hintaa, joka on 13 snt/kwh. Rivitalokiinteistön omistaja sopi sähkösopimuksen sähköyhtiön kanssa ja huoneistojen asukkaat sopivat omistajan kanssa sähkönostosopimuksen. (Kiinteistön takamittarointi rivitaloon 2018.)

Hyvityslaskentakokeilu Helsingissä

Helsingin Pikku-Huopalahdessa sijaitsevassa taloyhtiössä toteutettiin vuonna 2017 pilottihanke hyvityslaskentamalliin liittyen. Kokeilussa mukana oli taloyhtiön 17 asunnon kerrostalo sekä seitsemän asunnon rivitalo kiinteistö. Asukkaita taloyhtiön asunnoissa oli 56 henkilöä. Kohteeseen asennettiin aurinkosähköjärjestelmä, johon kuului 33 paneelia ja järjestelmän teho oli noin 9 kWp. Aurinkopaneeleita varten asennettiin myös invertteri, joka hieman ylimitoitettiin mahdollisten laajennuksien varalle. Taloyhtiöllä oli aluksi hieman haasteita saada asukkaat mukaan kokeiluun, sillä kokeilu vaikutti epäilyttävältä puuttuvien lainsäädäntöjen vuoksi. (Auvinen, Honkapuro, Ruggiero, & Juntunen 2020, 20-25)

Kohteen aurinkovoimala mitoitettiin siten, että sen tuotannosta 80 % menee kiinteistösähköön. Loput 20 % tuotetusta sähköstä jaetaan asukkaiden kesken hyvityslaskentaohjelman avulla. Ylijäämää aurinkopaneelien tuotannosta ei tällä hetkellä synny, sillä järjestelmä on melko pieni koko taloyhtiön kulutukseen verrattuna. Tulevaisuudessa mikäli hyvityslaskentamallin lainsäädännöt muuttuvat tullaan järjestelmää luultavasti laajentamaan. Aurinkosähkö jaetaan tällä hetkellä asuntojen kesken osakkaiden määrän mukaan. Eli suuremmat asunnot saavat suuremman osan aurinkosähköstä kuin pienemmät asunnot. Taloyhtiö sopi hyvityslaskentasopimuksen Helen sähköverkko Oy:n kanssa. Sopimus on toisteiseksi voimassa. Sähköverkkoyhtiö tarjoaa tällä hetkellä myös hyvityslaskentapalvelun maksutta. Palvelu muuttuu maksulliseksi kokeilun loputtua ja kun hyvityslaskentamalli saa hyväksynnän viranomaisilta. Tulevaisuudessa taloyhtiöiden palvelunmaksuksi hyvityslaskennassa on kaavailtu noin 10 euron kuukausihintaa. (Auvinen, Honkapuro, Ruggiero, & Juntunen 2020, 20-25)

5.3.2 Energiayhteisö hankeita ulkomailla

Middelgrunden

Middelgrunden on Tanskassa, Kööpenhaminan rannikolla sijaitseva 20 tuulivoimalasta koostuva tuulivoimapuisto. Puiston tuulivoimaloista 10 on Tanskan suurimman energiayhtiön Ørstedin omistuksessa ja loput 10 tuulivoimalaa on Middlegrundenin tuuli-voima osuuskunnan omistuksessa. Osuuskunnan jäsenet ovat paikallisia sekä muita osakkaita. Eli 50 prosenttia kyseisestä tuulivoimapuistosta on kansalaisten omistuksessa. Middelgrundenin tuulivoimalat tuottavat sähköä vuodessa noin 99 000 MWh, joka on noin 4 % koko Kööpenhaminan energian kulutuksesta. Tuotanto jakaantuu melko tasaisesti voimaloiden kesken. Noin puolet tuotannosta tulee osuuskunnan omistamista tuulivoimaloista. Osuuskunnan osakkaat ovat normaaleja osakkeen omistajia ja voivat halutessaan myydä osakkeensa. He myös saavat kerran vuodessa osinkoja, mikäli tuulivoimaloiden liikekulujen jälkeen jää ylijäämää. (About Middelgrunden wind cooperative. N.d.)

Feldheim

Feldheim on Saksassa sijaitseva energiaomavarainen kylä, jolla on oma lämpö- sekä sähköverkko. Feldheim on osa Treuenbrietzenin kaupunkia ja siellä on 145 asukasta. Kylän sähköntuotanto on peräisin tuuli- sekä aurinkoenergiasta. Tuulivoimaloita Feldheimissä on 42 kappaletta ja niiden yhteisteho on 81.1 MW. Kylän aurinkoenergia on peräisin 284 aurinkoaseuraavasta järjestelmästä, joissa on yhteensä 9844 aurinkopaneelia. Paneelien huipputeho on 2.25 MWp. Kylän lämmöntuotannosta vastaa biokaasulaitos, joka saa biomassansa paikallisilta maatiloiltaan. Biokaasulaitoksen lämmitysteho on 560 kW ja se tuottaa myös sähköä 526 kW teholla. Mikäli biokaasulaitoksen lämmitysteho ei riitä kattamaan kylän tarvetta varalla on hakejärjestelmä, jolla voidaan taata lämmön saanti myös kylmimpinä aikoina. (The energy self-sufficient village n.d.)

Kylän sähkön tuotanto on todella suurta sen kulutukseen nähden. Kylän tuottamasta tuuli- ja aurinkoenergiasta ainoastaan 1 prosentti riittää tuottamaan kylän tarpeiden

verran. Loput tuotannosta myydään valtakunnalliseen verkkoon, josta yhteisön jäsenet saavat kevennystä sähkölaskuihinsa. Kylän jäsenten sähkölaskut ovat keskimäärin 50 prosenttia vähemmän kuin muun Saksan. (Guevara-stone 2014)

Feldheimin lämpö- ja sähköverkon omistavat Feldheimiin perustetut sähkö ja lämpöyrietykset, jonka osakkaina ovat paikalliset kotitaloudet, yritykset sekä Treuenbriezenin kaupunki. Projektina energiaomavarainen kylä on ollut niin suuri, että se on toteutettu osin EU-tukiohjelmien ja osavaltion rahoituksella. (The energy self-sufficient village n.d.)

6 Energiayhteisö Jyväskylän Kankaalle

6.1 Kohteen kuvaus

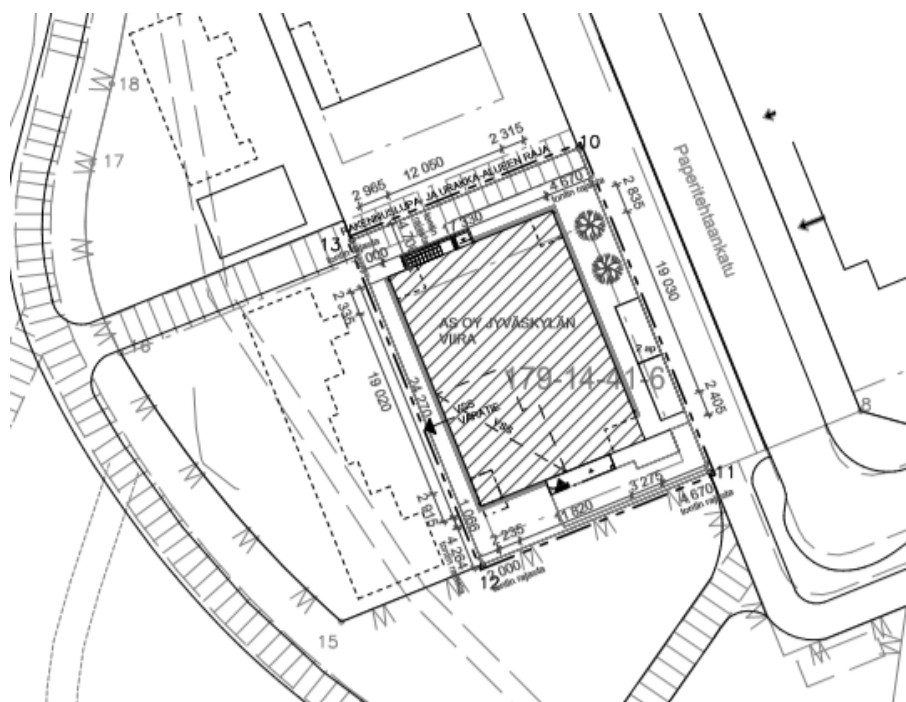
Tutkittava kiinteistö sijaitsee Jyväskylän Kankaan alueella. Rakennus on valmistunut vuonna 2019. Kiinteistössä on 8 kerrosta ja niissä on 55 asuntoa. Kiinteistön suunnittelussa on huomioitu mahdollisten aurinkopaneelien asennus, koska asemakaava edellyttää tätä. Kattopintaa on jätetty vapaaksi mahdollisimman paljon ja teknisessä tilassa on paikkavaraus invertterille ja muille aurinkosähköjärjestelmän vaatimille laitteille. Kohdekiinteistöstä oli saatavilla julkisivukuvat, asemapiirros, pohjakuva sekä vesikatonpiirustus, johon oli merkattu aurinkopaneeleille varattu tila. Kiinteistö on ollut niin vähän aikaa täysin asuttuna, joten siitä ei ole vielä täysin vertailukelpoista sähkönkulutus tietoa. Kiinteistöstä saatavilla olevaa kulutus tietoa voidaan kuitenkin käyttää arvion luomiseksi. Näiden alkutietojen pohjalta mitoitetaan kiinteistölle ja energiayhteisölle sopiva aurinkoenergiajärjestelmä.

6.2 Aurinkoenergia järjestelmä Kankaan kohteessa

Jyväskylän Kankaan alueelle on tehty joitakin määräyksiä, joita täytyy huomioida rakennusten ja niihin asennettavien aurinkosähköjärjestelmien suunnittelussa. Kan-

kaan alueen asemakaavoissa sekä alueelle luodussa laatuaapisessa mainitaan mahdolliset kiinteistöihin tulevat aurinkopaneelit. Alueen asemakaavassa sanotaankin, että asuinrakennusten kattojen kaltevuuksien tulee olla 20-40 astetta sekä rakennusten harjan tulee olla ensisijaisesti itä-länsisuunnassa. Kohdekiinteistön katonharja on kuitenkin pohjois-etelä suunnassa, joten se ei ole aivan optimaalinen aurinkopaneeleille. Asemakaavassa sanotaan myös, että ”kattomateriaalin tulee olla konesaumattua peltiä.”. Etelään suunnatun kattopinnan tulee myös olla vapaana esteistä mahdollisille paneeleille. (Jyväskylän karttapalvelu 2020)

Kohdekiinteistön kaatolappeet osoittavat koillisen ja idän sekä lounaan ja lännen väli- maastoon, kuten kuviosta 10 nähdään. Länteen osoittavalla lappeella ei ole minkäänlaisia esteitä ja se on $26,20^\circ$ kulmassa. Itään osoittava aurinkopaneeleille varattu tila on hieman pienempi, koska sillä puolella kattoa sijaitsevat kattoluukku, savunpoistoon ja ilmastointiin liittyvät laitteet. Itään osoittavan lappeen kulma on 20° (Liite 3.).



Kuvio 10. Kuva kohteen asemapiiroksesta

Mitoituksessa oletettiin, että paneelit asennetaan ensisijaisesti kiinteistön katolle ja ne asennetaan kattopinnan suuntaisesti, jotta aurinkopaneelit näkyisivät katutasolle

mahdollisimman vähän eivätkä muuta rakennuksen ulkoasua, kuten Kankaan aurinkoselvityksessä sekä asemakaavassa on mainittu (Pesola, Vehviläinen, Lahdenperä, & Olaste 2013, 24; Jyväskylän karttapalvelu 2020.). Jos rakennuksen eteläiselle seinustalle kuitenkin haluttaisiin asentaa paneeleja, tehdään sitäkin varten lyhyt laskelma, jotta saadaan selville millaista hyötyä tällaisista paneeleista mahdollisesti olisi.

6.3 Aurinkosähköjärjestelmän mitoitus

Aurinkojärjestelmän mitoitus toteutettiin kiinteistön kesäajan kulutuksen mukaan. Tällä tavoin voidaan välttää aurinkoenergian ylituotantoa ja tuotetun sähkön verkkoon myymistä. Kuten aikaisemmin sanottu kiinteistö on ollut täysin asuttuna vasta alle vuoden, joten sähkön kulutustietoja täydestä kiinteistöstä ei ole. Kiinteistön sähkönkulutusta jouduttiin arvioimaan asukasmäärän ja mitatun sähkönkulutuksen perusteella. Kohdekiinteistöstä ei saatu opinnäytetyötä tehdessä tuntikohtaista kulutustietoa vaan ainoastaan kuukausittaiset tiedot, joten kiinteistön päivittäistä kulutusta jouduttiin arvioimaan muun saatavilla olevan tiedon avulla.

6.3.1 Kiinteistön kattopinta-alan riittävyys

Ennen aurinkojärjestelmän mitoitusta tuli selvittää, onko kiinteistön katon pinta-ala rajoittava tekijä järjestelmän mitoituksessa. Aurinkopaneelit asennetaan ensisijaisesti kiinteistön kattopinnoille, joten aluksi lasketaan minkä kokoiselle alueelle paneelit on mahdollista asentaa ja paljonko paneelit vievät katolta pinta-alaa. Kiinteistöstä tehdyistä suunnitelmista, kuten vesikattopiirustuksesta (Liite 3.) havaitaan katolle varattu alue, jolle mahdolliset aurinkopaneelit voidaan asentaa. Piirustuksesta havaitaan, että pienemmällä länteen osoittavalla kattopinnalla on ainoastaan lumieste, joka rajoittaa paneelien asennusta kyseiselle pinnalle. Idän suuntaisella kattopinnalla on myös lumieste katon alareunassa. Tämän lisäksi Idän puoleisella katolla harjan lähetyvillä on ilmastointiin ja huoltoon liittyviä laitteita ja kulkureittejä. Vesikatonpiirustuksen perusteella saadaan laskettua katolle varatun pinta-alan suuruus.

Rakennuksen leveys on noin 24,5 m, mutta paneeleille varatun alueen pinta-alan laskemisessa käytetään 22 metriä, jotta paneelit eivät tulisi aivan kattojen reunoille. Paneeleille varatun alueen pituudet ovat lännen puoleisella katolla noin 4,5 metriä ja idän puolella noin 3,5 metriä. Näiden avulla saadaan laskettua, että paneeleille varatut alueet ovat lännen puoleisella katolla noin 99 m² ja idän puoleisella noin 77 m².

Jotta saadaan selville aurinkopaneelien maksimimäärä katolla, täytyy selvittää myös paneelien vievä pinta-ala. Yksittäisen paneelin vievä pinta-ala on noin 1,7 m². Paneelit voidaan asentaa, joko pysty- tai vaakasuorassa. Asennus suunta saattaa vaikuttaa mahtuvien paneelien määrän.

Taulukko 1. Kiinteistöön mahtuvien paneelien laskenta taulukko

Paneeleille varattu katto pinta-ala				
	Länsi/Lounas		Koillinen/Itä	
pinta-ala	99	m2	77	m2
Leveys	22000	mm	22000	mm
Pituus	4500	mm	3500	mm

Aurinkopaneelin koko	
pinta-ala	1,7 m2
Leveys	1000 mm
Pituus	1700 mm

Paneelien asennus pysty suunnassa				
	Länsi/Lounas		Koillinen/Itä	
Leveys	22		22	
(pyöristys alaspäin)	22		22	
Pituus	2,65		2,06	
(pyöristys alaspäin)	2		2	
Yhteensä				
kpl	44		44	
m2	74,8		74,8	

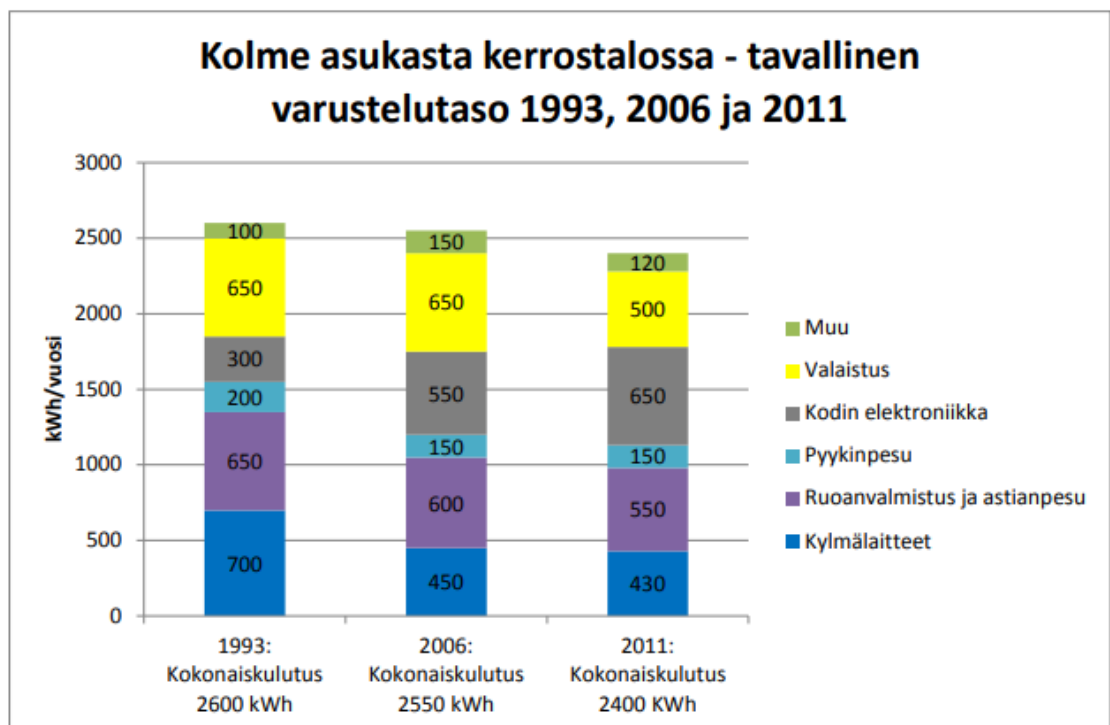
Paneelien asennus vaaka suunnassa				
	Länsi/Lounas		Koillinen/Itä	
Leveys	12,94		12,94	
(pyöristys alaspäin)	12		12	
Pituus	4,50		3,50	
(pyöristys alaspäin)	4		3	
Yhteensä				
kpl	48		36	
m2	81,6		61,2	

Tehdyn Excel-tilin avulla saatiin selville, että kiinteistön katolle mahtuisi 92 paneelia. Mikäli yksittäisen paneelin teho on 275 W katolle mahtuvilla paneeleilla saataisiin 25,3 kW teho. Tämän kokoisessa kiinteistössä tällainen määrä olisi ylimitoitettu. Valtioneuvoston vuonna 2019 tehdyn sähkön omatuotantoon liittyvän selvityksen mukaan nykyisin tyypilliset asuinkerrostalojen aurinkovoimalat ovat 3-8 kW ja mikäli aurinkosähkö voitaisiin hyödyntää myös asukkaiden käyttöön voimalaitoksen koko olisi kesimäärin noin 14 kW (Airaksinen, Annala, Bröckl, Honkapuro, Lassila,

Manninen, Partanen, Rautiainen, Saario, Vanhanen & Värre 2019, 23). Voidaan todeta, että kyseisessä kiinteistössä katon pinta-ala ei tule olemaan rajoittava tekijä aurinkojärjestelmän mitoituksessa.

6.3.2 Kiinteistön sähkönkulutus

Kiinteistön sähkönkulutuksesta oli saatavilla ainoastaan kiinteistösähkön kuukausittaisia kulutustietoja. Nämä kuukausikulutuksen tiedot olivat myös ajalta, jolloin kiinteistö ei ole ollut aivan täysin asuttuna. Tämän takia joudutaan tekemään arvioita millaisia kulutuksia täydessä kiinteistössä sekä asunnoissa olisi. Asuntojen sähkönkulutuksen arvioinnissa hyödynnettiin Vattefallin vuonna 2013 tekemää tutkimusta kotitalouksien sähkönkulutuksesta. (Kotitalouksien sähkönkäyttö 2011, 2013)

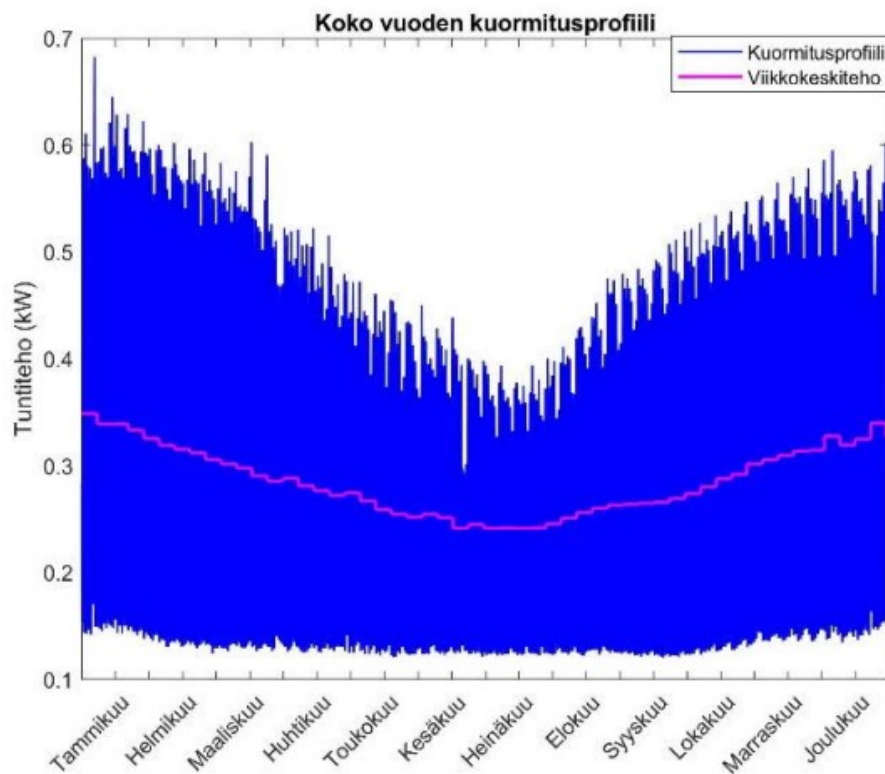


Kuvio 11. Asuinkerrostalon huoneiston sähkönkulutus vuodessa (Kotitalouksien sähkönkäyttö 2011, 2013)

Kuten kuviosta 11 havaitaan tutkimuksen mukaan kolmen asukkaan kerrostaloasunnon vuosi kulutus olisi noin 2400 kWh. Arvioin kohdekiinteistön kulutuksen olevan hieman pienempää, koska kiinteistön asunnoista osa on yksiöitä ja kaksioita, jolloin

niiden sähkönkulutuskin on pienempää. Lisäksi Vattenfallin tutkimus tehtiin vuonna 2013 ja sen arvioissa käytetty asunto oli vuodelta 2011. Opinnäytetyön Viira-kiinteistö on 2019 valmistunut, joten sen kodinkoneiden energiatehokkuuskin on oletettavasti parempi.

Kiinteistön asuntojen kuukausittaisen sähkönkulutuksen arvioinnissa hyödynnettiin Tampereen yliopiston vuonna 2019 julkaisemaa raporttia. Raportissa tulee ilmi mm. kerrostaloasuntojen sähkön kuormitusprofiileja, joiden avulla voitiin luoda oma profiili kohdekiinteistöön mukailemalla valmiin profiilin kuukausivaihtelua (Mutanen, Lummi & Järventausta 2019, 29).



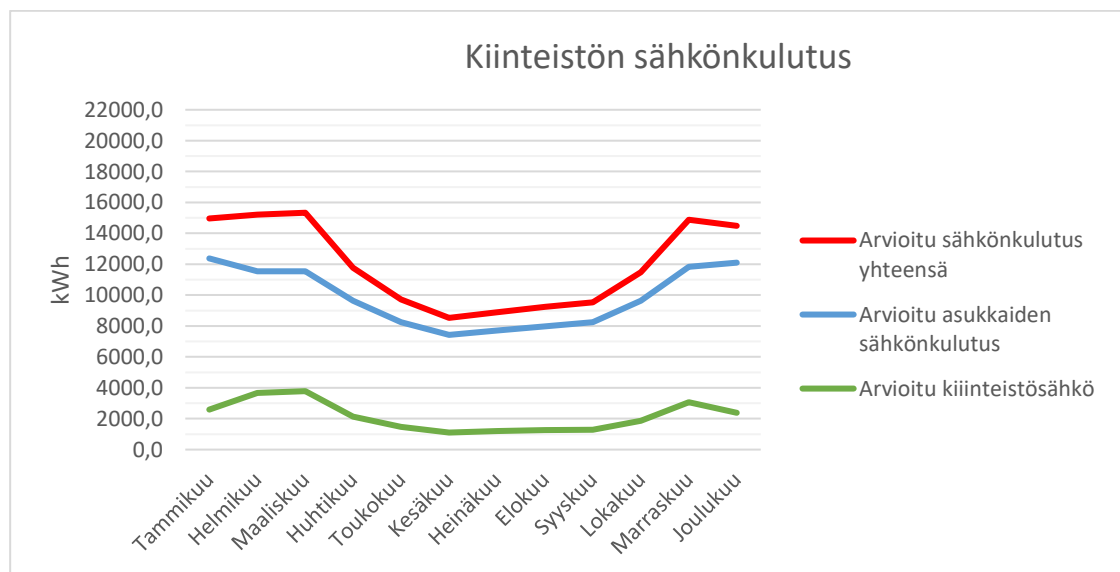
Kuvio 12. Kuormitusprofiili kerrostalokolmiosta, jonka vuosikulutus on 2500kWh (Mutanen, Lummi & Järventausta 2019, 29)

Excelissä tehdyllä taulukolla ja kuviolla pyrittiin mukailemaan energiaviraston kuormitusprofiilia, joka näkyy kuviossa 12. Arvioitu kuormitusprofiili tehtiin siten, että

siinä olevat tuntitehot ovat hieman alhaisempia kuin vertailtavassa kuviossa, sillä raportin mallissa olevan kerrostaloasunnon vuosikulutus oli hieman suurempi kuin kohteen asuntojen.

Arvioitujen tuntitehojen avulla saatiin arvioitua myös kuukautinen sähkönkulutus kiinteistön asunnoissa. Kun tuntitehot (kW) muutetaan sähkönenergian määräksi (kWh), saadaan selvitettyä asunnoille joka kuukaudelle keskimääräinen sähkönkulutus. Arvioitu yhdenasunnon kulutus kohdekiinteistössä on täten keskimäärin 2150 kWh/vuosi. Asuntoja kiinteistössä on 55 kappaletta, joten asuntojen kokonaiskulutukseksi saadaan 118 250 kWh/vuosi.

Täyden kiinteistön kiinteistösähkön kulutuksen arvioinnissa hyödynnettiin asukkaiden määrää. Kiinteistöstä saadut sähkönkulutus tiedot olivat ajalta, jolloin kiinteistön asunnoista 13/55 oli tyhjillään. Voidaan olettaa, että kiinteistösähkön määrä kasvaa lähes samassa suhteessa kuin asukkaiden määrä. Kiinteistösähkөөn kuuluvien hissien käyttö, yleinen valaistus sekä LVI-järjestelmien puhaltimien ja pumppujen sähkön kulutus kasvaa asukasmäärän lisääntyessä. Tällä tavoin saatiin laskettua kerroin tyhjien asuntojen määrällä, jolla pysyttiin arvioimaan täyden kiinteistön kiinteistösähkön kulutusta.



Kuvio 13. Arvioitu sähkönkulutus täydessä kiinteistössä

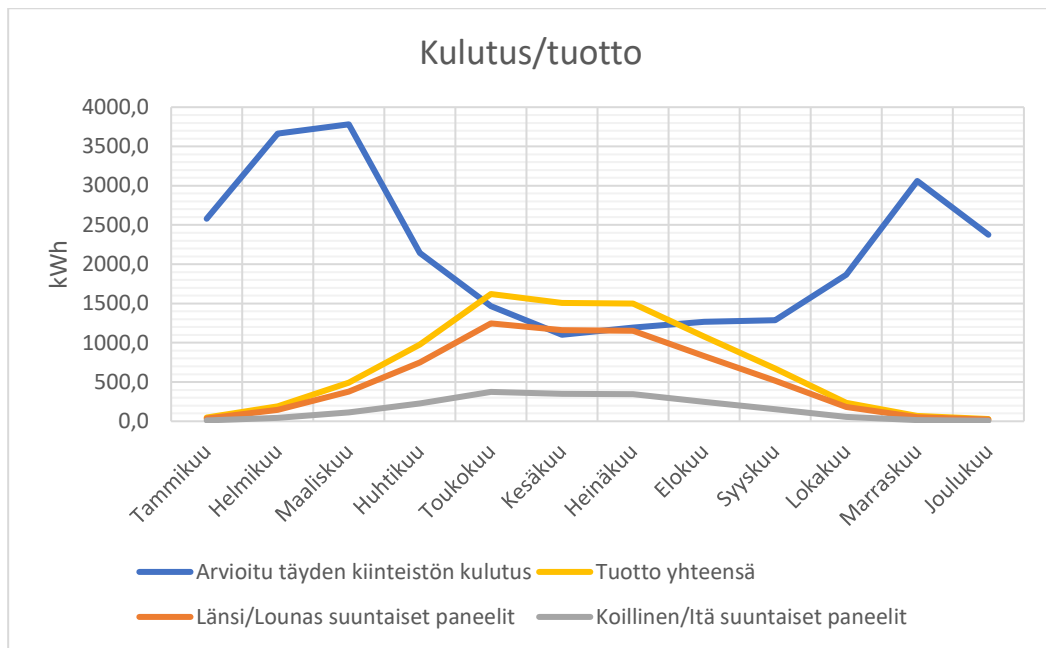
Kuormitusprofiilien ja asukasmäärän avulla tehtyjen arvioiden perusteella saatiin luotua kuvio 13, josta nähdään kiinteistön kuukausittainen sähkönkulutus. Tätä kuvaajaa ja sen sisältämää tietoa pystytään hyödyntämään aurinkojärjestelmän mitoituksessa.

6.3.3 Aurinkopaneelien tuotanto

Kiinteistön aurinkovoiman mitoituksessa hyödynnettiin aikaisemmin laskettuja kiinteistön sähkönkulutus tietoja, VTT:n tekemää aurinko-opasta sekä Euroopan komission PVGIS ohjelmaa, jonka avulla voitiin arvioida paneelien tuottaman sähkön määrää tunneittain. (Heimonen, I. 2011; PVGIS 2019)

Kuten aikaisemmin sanottu kiinteistön kattopinnot eivät osoita aivan optimaalisiin suuntiin aurinkoenergian tuotannon kannalta. Kattopinnoista toinen osoittaa Koilliseen ja toinen Lounaaseen. Lounaaseen osoittavan kattopinnot sähköntuotanto on kuitenkin vielä melko hyvää, joten sitä kannattaa hyödyntää enemmän aurinkosähköntuotannossa. Lounaan suuntaiseen kattoon aurinko paistaa päivän aikana iltapäivästä iltaan, kun taas koilliseen osoittavasta katosta saadaan merkittävää hyötyä ainoastaan aamupäivän aikana. Hyödyntämällä myös koillisen kattopintaa voidaan jakaa päivänaikeista tuotantoa suuremmalle aikavälille.

Aurinkovoimalan koon mitoituksessa käytettiin perusteluna kiinteistön kesäkuukausien aikaista kiinteistösähkön kulutusta ja asuntojen arvioitua sähkönkulutusta. Aurinkovoimalan tuotannolla pyritään kesäajalla tuottamaan kiinteistösähkön ja asuntojen peruskulutus (Juntunen & Auvinen 2017). Mitoituksessa myös hyödynnettiin valtioneuvoston vuonna 2019 tekemää selvitystä. Selvityksessä tehdyn asiantuntiahaastattelun perusteella optimaalinen aurinkovoimalan koko asuinkerrostalossa olisi noin 14kW, mikäli voimalaitoksen tuotantoa voidaan jakaa kiinteistön asukkaille. Aurinkosähkön mitoituksessa on hyvin yleistä, että mitoitus tehdään kesäkuukausia tarkastellen, sillä Suomen olosuhteissa talvikuukausien tuotanto on kulutukseen nähden aivan eriluokkaa. (Airaksinen, Annala, Bröckl, Honkapuro, Lassila, Manninen, Partanen, Rautiainen, Saario, Vanhanen & Värre 2019, 23)

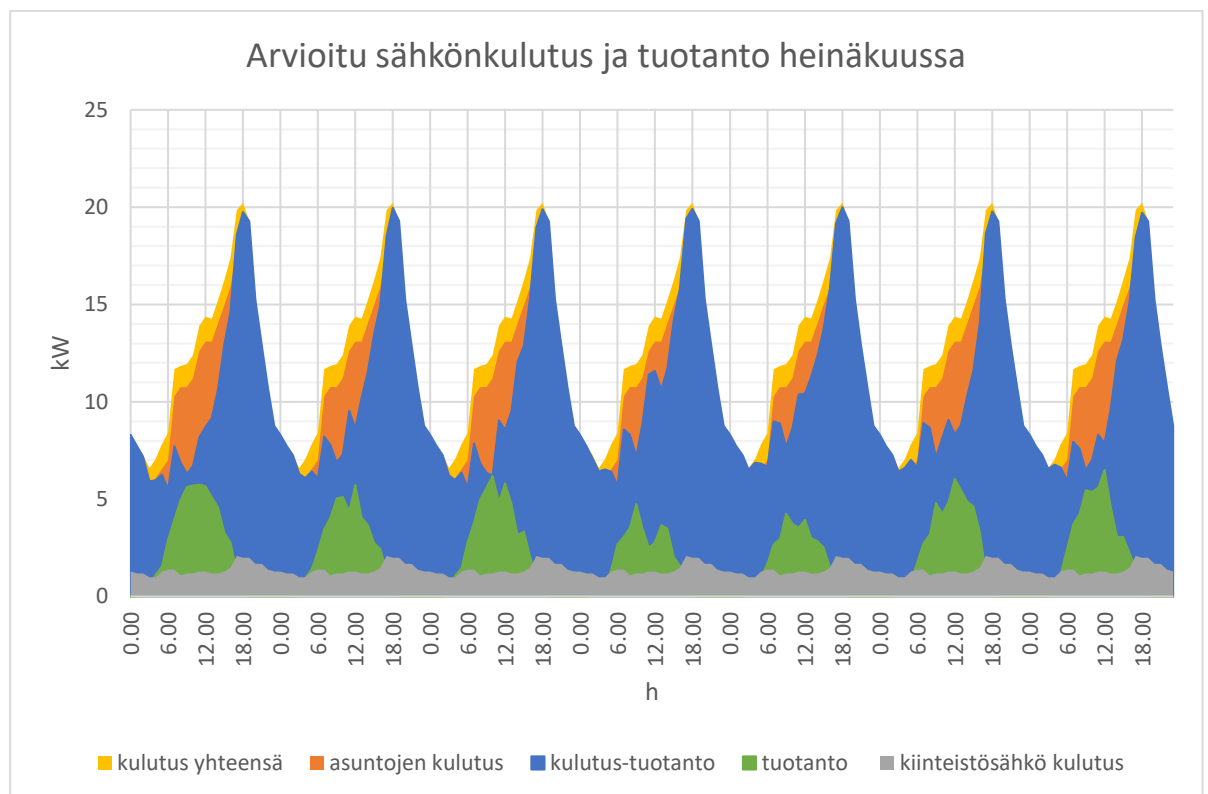


Kuvio 14. Kuukausittainen kiinteistösähkönkulutuksen ja tuotannon tarkastelu

Kuviosta 14 nähdään kiinteistösähkön arvioitu kulutus sekä 14,6 kW kokoisen aurinkovoimalan tuotanto. Tuotannon määriä pystyttiin kokeilemaan tekemälläni Excel-taulukolla, jonka avulla pystytään laskemaan paneelien kuukausittaista tuotantoa ja jakamaan paneeleja erimäärä eri kattopinnoille. Tuotantoa on jaettu kiinteistön molemmille kattopinnoille siten, että paremmin tuottavalla lounaan suuntaisella kattopinnoilla on 36 paneelia ja koillisen suuntaisella katolla 18 paneelia. Kuviosta 15 havaitaan, että kesäkuusien aikana aurinkovoimalalla voidaan tuottaa lähes kokonaisuudessaan kiinteistön peruskulutuksen. Keväällä ja syksyllä aurinkosähköä riittää myös joinakin tunteina asukkaiden käyttöön, mutta sitä varten tarvitaan tarkempia tuntikohtaisia kulutustietoja, joita tätä työtä tehdessä ei ollut saatavilla kohdekiinteistöstä. Kiinteistösähkön tuntikohtaista vaihtelua on arvioitu käyttämällä muissa tutkimuksissa hyödynnettyjä kerrostalokiinteistöjen kulutuksia ja skaalaamalla ne kesäkuukausien keskimääräisen kulutuksen mukaan kohteelle sopiviksi (Viljakainen 2015, 8-11).

Tarvittaessa lisätuotantoa kiinteistöön voitaisiin saada asentamalla paneeleja talon etelä seinustaan. Liitteessä 2 nähdään, että rakennuksen etelän puoleisella seinällä

viimeisen kerroksen yläpuolella olisi tilaa aurinkopaneeleille. Aurinko-oppaan kaavojen perusteella etelään päin osoittavilla pystysuorassa olevilla paneeleilla pystytettäisiin keskimäärin tuottamaan yhtä paljon sähköä kuin Lounaaseen päin osoittavilla paneeleilla (Heimonen 2011). Lopullisissa tarkasteluissa en kuitenkaan ota huomioon seinään kiinnitettäviä paneeleja, sillä Kankaan alueen kaavoissa mainittu asuinkerrostalojen osalta ainoastaan katolle asennettavat aurinkopaneelit ja se että paneelien tulisi vaikuttaa mahdollisimman vähän rakennusten ulkoasuun (Jyväskylän karttapalvelu 2020).



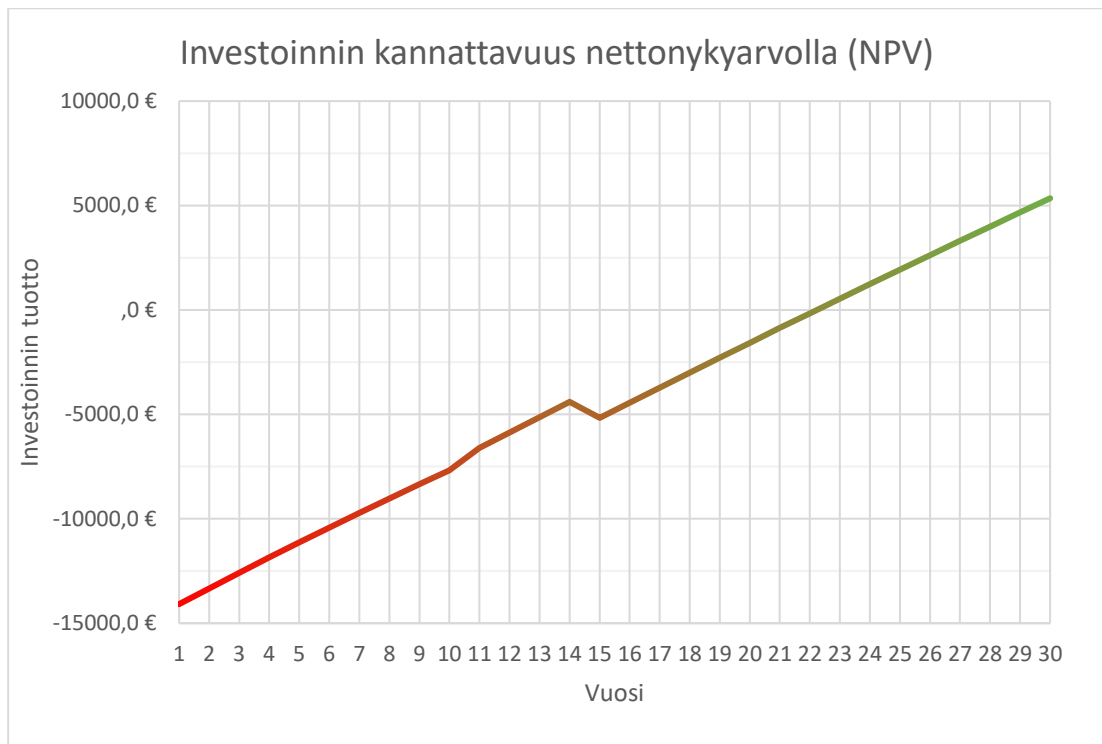
Kuvio 15. Kiinteistön kulutuksen ja tuotannon vertailu Heinäkuun yhden viikon aikana

Kuvion 15 aurinkopaneelien tuotanto on laskettu PVGIS ohjelman avulla (PVGIS 2019). Ohjelmassa käytettiin vuoden 2016 auringon säteilyarvoja Jyväskylän alueella. Kuten kuviosta nähdään aurinkopaneelien energiantuotanto ja kunkin hetken kulutus eivät aivan kohtaa. Asuntojen ja kiinteistösähkön kulutushuippu on noin klo 18 aikoihin iltapäivällä, jolloin Suomessa auringon säteilyn määrä on jo heikentynyt. Suurin

säteily määrä paneeleihin taas kohdistuu noin klo 12 aikoihin. Tämän kokoisella aurinkovoimalla ei voida tuottaa kaikkien 55 asunnon päivittäistä sähkönkulutusta, mutta kiinteistösähkön jälkeen asunnoille jää kuitenkin merkittävä määrä sähköä. Säästöä syntyisi kyseisellä järjestelmällä eniten juuri hieman ennen tuotannon huippuhetkiä, koska silloin myös kiinteistössä käytettävä sähkönkulutus on melko pientä huippukulutukseen nähden. Kun aurinkopaneeleilla on tuotantoa päivän aikana niillä, voidaan tuottaa kiinteistösähkön tarvitsema energia. Illalla sekä yöllä aurinkopaneelien tuotanto ei riitä kattamaan edes kiinteistösähkön kulutusta.

6.3.4 Aurinkojärjestelmän taloudellinen tarkastelu

Aurinkovoiman taloudellinen tarkastelu aloitettiin järjestelmän hinnan arvioimisella. Aurinkojärjestelmien hinnat ovat laskeneet kovaa vauhtia vuosi vuodelta. Motivan sekä Finsolarin arvioiden mukaan aurinkosähkøjärjestelmien hinnat ovat nykyisin noin 1000-1300 €/kWp. (Aurinkosähkøjärjestelmien hinta 2019; Jalas & Auvinen 2017) Tekemäni asiantuntija haastattelukin tukee Motivan sekä Finsolarin hinta-arvioita, joka arvio myös 14 kW voimalaitoksen hinnan olevan noin 14 000€ eli noin 1000€/kW (Honkanen, J. 2020). Hinta kuitenkin saattaa vaihdella jonkin verran kohteen, paneelien ja asennustavan mukaan. Kohdekiinteistöön suunnitellun 14,6 kW aurinkovoimalan hinnaksi arvioin 15 000 €. Takaisinmaksuajan laskemisessa on käytetty Finsolarin sivustolla olevaa kannattavuus laskuria sekä Alvan 2020 vuoden sähkön palveluhinnastoa (Kannattavuuslaskurit. N.d.; Sähkön siirto- ja palveluhinnasto 2020). Laskelmissa on myös oletettiin, että kaikki tuotettu sähkö voidaan käyttää kiinteistössä. Aikaisempien tuotantoarvioiden perusteella tämän kokoisella voimalla sen tulisi olla mahdollista. Myyntiin menneestä aurinkosähköstä saataisiin kuitenkin vain 3 snt/kWh hinta, joten ylituotannosta syntyvä hyöty olisi hyvin vähäistä.



Kuvio 16. Investoinnin kannattavuus tarkasteltuna NPV menetelmällä

Takaisinmaksuajan laskennassa otettiin myös huomioon invertterin vaihtaminen 15. vuoden aikana. Uuden invertterin investointi näkyy kuviossa 16. poikkeamana suorassa. Inverttereiden takuu kestää yleensä 5-7 vuotta ja niiden keskimääräinen käyttöikä on noin 15 vuotta. Aurinkopaneelien käyttöikä on arvioitu useasti olevan noin 30 vuotta ja paneelien tuotannon heikkeneminen on arvioitu olevan noin 0,5%/vuosi (Aurinkopaneelien hankintaopas 2019). Takaisinmaksuaika on laskettu liitteessä 5. Kohdekiinteistöön suunnitellun 14,6 kW voimalan takaisinmaksuajaksi laskettiin 22 vuotta. Paneelien käyttöikä huomioiden aurinkovoimalla kerkeää tuottamaan aurinkosähköä myös investoinnin maksettua itsensä takaisin.

22 vuoden takaisinmaksuaika kuitenkin saattaa tuntua monille asukkaille liian pitkältä. Kerrostaloasuntojen asukkaat eivät useasti asu huoneistoissaan tuota 22 vuoden aikaa, joten asukkaille investointi ei välttämättä ole niin kannatta, sillä he eivät saa investoinnista kaikkea hyötyä irti, mikäli eivät asu kiinteistössä koko sen elinikä.

Liitteessä 5 tehtyjen kannattavuuslaskelmien mukaan aurinkosähkön keskimääräinen tuotantohinta on noin 8,6 snt/kWh, kun taas ostosähkön hinnaksi samalla 30 vuoden ajalla tulee noin 11 snt/kWh. Aurinkosähköllä tuotetusta sähköstä siis saadaan hyötyä 2,4 snt/kWh. Arvioidun 30 vuoden ajalla investoinnin nettonykyarvo on 5345 €. Eli NPV menetelmän perusteella aurinkovoimalaan investoiminen on kannattavaa. Kiinteistön asukkaille säästöä tulee nimenomaan kesäkuukausien aikana, jolloin aurinkoenergialla voidaan tuottaa suuri osa päivän aikaisesta kiinteistösähkönkulutuksesta sekä aurinkosähköä jää myös asuntojen käytettäväksi.

6.4 Energiayhteisön Kankaan kohteessa

6.4.1 Toteutusmallien vertailu

Aurinkosähkön hyödyntäminen asuinkerrostalossa, siten että asukkaatkin saavat osan sähköstä ei ole itsestäänselvyys. Nykypäivänä kerrostalojen aurinkojärjestelmät ovat usein yhdistetty ainoastaan kiinteistösähköön. Mikäli aurinkosähkö halutaan myös asukkaiden käyttöön, tarvitsee miettiä, millaista mallia kiinteistössä halutaan toteuttaa sen mahdollistamiseksi. Tällä hetkellä varteenotettavia malleja ovat takamittarointi, hyvityslaskenta sekä mikroinvertterit. Opinnäytetyössä olevassa kohteessa kuitenkin halutaan toteuttaa energiayhteisöä, joten mikroinvertterit voidaan jättää pois tarkastelusta, sillä niillä varsinaista energiayhteisöä ei synny. Mikroinverttereillä asukkaat saisivat omia aurinkovoimaloitaan varsinaisen energiayhteisön sijaan.

Jäljelle jäävissä vaihtoehdoissa hyvityslaskennassa sekä takamittaroinissa on omat hyvät ja huonot puolensa. Molempia niitä on kokeiltu muutamissa nykyisissä asuin-kiinteistöissä tai pilottihankkeissa, joista saatua tietoa hyödynnetään vertailussa. Seuraavaksi vertailemme takamittaroinin ja hyvityslaskennan yhtäläisyyksiä ja eroavaisuuksia sekä pohdimme kumpi malli sopisi paremmin Kankaan alueelle ja kohde-kiinteistöön.

Taulukko 2. Takamittaroinnin sekä hyvityslaskennan vertailua (Auvinen, Honkapuro, Ruggiero, & Juntunen 2020, 5, muokattu)

	Takamittarointi	Hyvityslaskenta
Energiayhteisön perustamiseen johtava päätös	Yksimielinen päätös	Enemmistöpäätös
Lainsäädännöt	Sallivat	Eivät salli vielä
Kiinteistöön tehtävät investoinnit	Aurinkosähköjärjestelmä. Taloyhtiön omat sähkömittarit	Aurinkosähköjärjestelmä
Vakuutukset ja sopimukset	Taloyhtiön kiinteistövakuutus. Taloyhtiön yhteinen sähkösopimus, jossa jokainen asukas mukana.	Taloyhtiön kiinteistövakuutus. Asukkailla omat sähkösopimukset. Taloyhtiöllä pien- tuottajan sähkösopimus sekä hyvityslaskentasopimus.
Tuotannon hyödyntäminen	Tuotanto hyödynnetään kiinteistösähköön sekä asuntojen sähkönkulutukseen. Hyöty riippuu siitä, kuinka tuotanto ja koko kiinteistön kulutus kohtaavat.	Tuotanto hyödynnetään esisijaisesti kiinteistösähköön. Ylijäämä jaetaan asukkailla sovittujen osuuksien mukaan. Hyöty riippuu siitä, kuinka tuotanto ja kulutus kohtaavat

Mikäli kiinteistöön aiotaan rakentaa aurinkovoimala sekä perustaa energiayhteisö tulee asiasta saada yhteinen päätös taloyhtiön asukkaiden kanssa. Takamittaroinnissa kiinteistön asukailta täytyy saada yksimielinen päätös järjestelmän rakentamiseen, sillä takamittaroinnissa kiinteistön sähköjärjestelmiin tulee tehdä muutoksia jokaisen asunnon osalta. Takamittaroinnissa kiinteistön sähköjärjestelmään ja mittareihin joudutaan tekemään muutoksia. Verkkoyhtiön sähkömittarit vaihdetaan taloyhtiön omiksi ja ainoastaan kiinteistön summamittari pysyy verkkoyhtiön mittarina. Tällainen mittareiden vaihdos valmiissa kiinteistöissä kustantaa noin 200-400 €/mittari, joten takamittarointi kannattaa suunnitella ja toteuttaa uuteen kohteeseen jo sen

suunnittelun ja rakentamisen yhteydessä tai jonkin muun sähköremontin aikana, jolloin voidaan välttyä mittareiden vaihtamisesta johtuvista kuluista. Takamittaroinnissa pysymistä ei voida pakottaa taloyhtiössä. Mikäli joku osakas haluaa erota järjestelmästä, tulee tämän olla mahdollista. Tämäkin tulee muistaa suunnittelussa, jotta mahdolliset sähkömittarien vaihdokset takaisin verkkoyhtiönmittareihin onnistuu vaivattomasti. Hyvityslaskentamallissa yksimielistä päätöstä ei tarvita. Asukkaiden enemmistö päätös riittää. Hyvityslaskennassa taloyhtiön sähköjärjestelmiin ei tarvitse välttämättä tehdä muita muutoksia kuin sen mitä aurinkosähköjärjestelmä vaatii. Nykyisiä verkkoyhtiön mittareita voidaan hyödyntää ja asukkaat voivat liittyä ja erota energiayhteisöstä vaivattomasti.

Hyvityslaskennassa asukkaat voivat itse kilpailuttaa omat sähkönsopimuksensa kuten normaalisti ilman energiayhteisöä. Tässä mallissa taloyhtiö sopii hyvityslaskentaan ja sähköntuottamiseen liittyvät sopimukset verkkoyhtiön kanssa. Takamittaroinnissa taas taloyhtiö sopii yhteisen sähkönsopimuksen, johon kaikki asukkaat ovat veloitettu liittymään. Tällöin asukkaat eivät voi itse vaikuttaa sähkönsopimukseensa, mikäli he haluavat olla mukana energiayhteisössä. Yhdestä sähkönsopimuksesta löytyy kuitenkin pieni hyötykin. Tällöin koko taloyhtiön tarvitsee maksaa ainoastaan yhden yhteiset sähkön perusmaksut, kuten siirtomaksu ja sähkövero.

Hyvityslaskentamallissa tuotettu sähkö hyödynnetään ensisijaisesti kiinteistö sähkössä. Kiinteistö sähköä ovat mm. hissien, yleisvalaistuksen, LVI laitteiden sekä yhteisten tilojen sähkönkulutus. Tämän jälkeen tuotettua sähköä jaetaan asukkaille hyvityslaskentaohjelman avulla, joka vertailee tuotantoa sekä kulutusta ja jakaa aurinkosähköä jakosuhteiden perusteella asuinkiinteistöihin. Tämä jaettu aurinkosähkö vähentää asukkaiden maksamaa sähkölaskua. Takamittaroinnissa kokokiinteistön sähkönkulutus summataan summamittarilla, johon on yhdistetty asuntojen ja kiinteistön sähkönkulutus. Tämä summamittarin lasku jaetaan asunnoille asuntojen omien sähkömittareiden lukeman mukaan.

Hyvityslaskenta on monessa mielessä helpompi vaihtoehto energiayhteisölle kuin takamittarointi. Hyvityslaskennassa kiinteistön sähköjärjestelmiin ei tarvitse välttämättä tehdä suurempia muutoksia toisin kuin takamittaroinnissa. Hyvityslaskennassa

myöskään ei rajoiteta asukkaiden vapautta sähkösopimusten osalta, joka voi olla monille asukkaille hyvinkin rajoittava tekijä. Hyvityslaskennan hyödyt perustuvat siihen, ettei oman kiinteistön alueella tuotetusta ja käyteystä sähköstä tarvitsisi maksaa sähkönsiirtomaksua tai sähköveroä. Tämä ei ole vielä kuitenkaan lainsäädännöllisesti mahdollista, joten hyvityslaskentamallin toteuttamisessa jouduttaisiin odottamaan vielä hetki. Lainsäädäntö uudistusten on kuitenkin tarkoitus tulla voimaan tämän sekä tulevien vuosien aikana. Takamittarointi on sen sijaan lainsäädännöllisesti mahdollista jo tällä hetkellä. Sitä onkin käytetty hyvityslaskennan edeltäjänä ennen lainsäädäntöuudistuksia. Hyvityslaskentaan liittyvät uudistukset ovat kuitenkin jo niin lähellä, joten takamittaroinnin totuttaminen ei vaikuta enää niin kannattavalta, kuin muutama vuosi sitten.

6.4.2 Toteutusmallin valinta

Aikaisemman vertailun perusteella, voitiin todeta, että hyvityslaskentamalli on parempi vaihtoehto kohdekiinteistöön. Valitsemalla hyvityslaskentamalli voidaan välttyä sähkömittareiden vaihtamisesta johtuvista kuluista sekä kiinteistön asukkaat saavat vaikuttaa itse sähkösopimuksiinsa. Vaikka hyvityslaskentamalli ei ole vielä lainsäädännöllisesti mahdollista, kohdekiinteistöissä ei kuitenkaan ole vielä minkäänlaista kiirettä aurinkovoimalan rakentamisen suhteen. Kohteessa kannattaa siis odottaa lainsäädännön muuttumista ja tehdä kyselyä kiinteistön asukkaille heidän kiinnostuksestaan aurinkosähköntuotantoon. Tämän aikana kiinteistöistä saadaan myös lisää sähkökulutustietoja, joiden avulla voidaan tehdä tarkempi mitoitus aurinkovoimalan suuruudesta ja saada paras mahdollinen tuotannon ja kulutuksen suhde.

Opinnäytetyön toteutuksen aikana otin yhteyttä paikalliseen verkkoyhtiöön Alvaan sekä Väreelle, joka toteuttaa Alvan sähkön sekä aurinkopaneelien myyntiä ja tiedustelin millä aikataululla hyvityslaskentapalvelu tulisi mahdolliseksi Jyväskylän alueella. Kysymykseen ei osattu vielä työn tekovaiheella vastata. Hyvityslaskennan lainsäädäntö uudistukset tulevat luultavasti voimaan vuoden 2021 alussa (Auvinen, Honkapuro, Ruggiero, & Juntunen 2020, 62-63).

6.4.3 Energiayhteisön taloudellinen tarkastelu

Energiayhteisöön liittyvät kustannukset koostuvat pääosin aurinkovoimalan investoinnista. Taloyhtiön tulee saada hyvityslaskentamallin toteutuksesta ja aurinkovoimalan rakentamisesta enemmistö päätös. Projektin kustannuksien maksamiseen on muutamia erivaihtoehtoja. Investoinnin kuluja voidaan jakaa jokin tietty summa osakasta kohti ja tämän jälkeen voidaan käyttää yhtiön varoja tai turvautua yhtiölainaan. Investoinnin rahoituksesta tulee keskustella tarkoin taloyhtiön asukkaiden kanssa. Aurinkosähköprojekti on myös mahdollista rahoittaa leasing-rahoituksella tai sähkönostosopimuksella. Sähkönostosopimuksella taloyhtiön ei tarvitse tehdä niin suurta sijoitusta järjestelmään. Siinä sähkönmyyjä omistaa aurinkovoimalan kiinteistön katolla ja myy sen tuottaman sähkön taloyhtiölle sopimuksen mukaiseen alempaan hintaan kuin verkosta ostettava sähkö. (Auvinen, Honkapuro, Ruggiero, & Jun-tunen 2020, 62)

Energiayhteisön toteuttaminen on myös taloudellisesti kannattavampaa kuin pienempien vain kiinteistö sähkön kulutukseen mitoitettujen aurinkovoimaloiden rakentaminen. Suuremman voimalan avulla tuotanto sekä kulutus kohtaavat paremmin. Asumukset tasoittavat toistensa kulutuksen vaihtelua, jolloin aurinkovoimalasta voidaan mitoitaa helpommin kulutusta vastaava. Tuotantoa saadaan tällä tavoin mahdollisimman paljon, mutta vältetään hetkellisiltä ylituotannoilta, jolloin sähköä normaalisti jouduttaisiin myymään verkkoon.

Energiayhteisön tuottaman taloudellisen hyödyn lisäksi, siitä syntyy myös kuluja. Hyvityslaskentamallin vaatiman ohjelmiston hinnaksi on arvioitu taloyhtiölle olevan noin 10 €/kk. Kuluja energiayhteisölle saattaa myös syntyä, jos aurinkosähköjärjestelmään joudutaan tekemään huoltoja tai muita kustannuksia aiheuttavia toimenpiteitä.

Hyvityslaskentamallissa tuotettu sähkö jaetaan asukkaiden kesken samassa suhteessa kuin heillä on osuuksia voimalasta. Jos osuudet jaetaan samassa suhteessa kuin asukkaiden yhtiövästikkeet, aurinkovoimalan investointi ei vaadi muutoksia taloyhtiönjärjestykseen. Tuotetun sähkön jakaminen tapahtuu verkkoyhtiön ohjelmissa

asukkaiden osuuksien mukaan. (Auvinen, Honkapuro, Ruggiero, & Juntunen 2020, 62)

7 Tulokset ja johtopäätökset

7.1 Suunnittelussa huomioitavat asiat

Energiayhteisön perustaminen ja hyvityslaskentamalliin ei ole yhden asukkaan päätettävissä. Hyvityslaskentamalliin toteuttamiseen vaaditaan taloyhtiössä enemmistö-päätös, joten neuvottelut aurinkovoimalasta ja energiayhteisöstä kannattaa aloittaa asukkaiden kanssa hyvissä ajoin. Investoinnin rahoituksesta kannattaa myös neuvotella ja käydä läpi eri rahoitusvaihtoehtoja. Paikalliselta verkkoyhtiöltä kannattaa tiedustella hyvityslaskentaan liittyvistä palvelumaksuista sekä milloin palvelut ovat käytettävissä paikkakunnallasi.

Itse aurinkovoiman suunnittelussa ja rakentamisessa kannattaa käydä läpi eri vaihtoehtoja, niin rahoituksen kuin toteutuksenkin kannalta. Aurinkovoimalan suunnittelua varten kannattaa kerätä kiinteistöstä riittävästi sähkönkulutustietoja, jotta aurinkovoimala voidaan mitoittaa oikeankokoiseksi juuri kyseisen kiinteistön tarpeisiin. Sähkönkulutus tietojen olisi hyvä olla tuntikohtaisia, jotta mitoitus voidaan tehdä mahdollisimman tarkasti. Kulutustiedot tulisi olla niin taloyhtiön kiinteistösähköstä kuin asuntojen sähkönkulutuksesta. Aurinkovoimalan rakentamisen kilpailuttamisessa kannattaa myös muistaa mainita, että mitoitus tehdään siten, että asukkaat ja taloyhtiö hyötyisivät tuotannosta taloudellisesti mahdollisimman paljon (Auvinen, Honkapuro, Ruggiero, & Juntunen 2020, 62).

Aurinkovoimalan suunnittelussa tulee myös huomioida tarvittavat tilat kiinteistön teknisessä tilassa, jotta aurinkojärjestelmän tarvitsemat invertterit sekä turvalaitteet mahtuvat sinne. Hyvityslaskentamallissa kiinteistön muihin sähköjärjestelmiin ei välttämättä tarvitse tehdä mitään uudistuksia. Mallissa voidaan hyödyntää kiinteistössä jo valmiina olevaa sähköverkkoa sekä mittalaitteita.

Aurinkovoimalan suunnittelussa tulee myös huomioida mahdolliset muutokset kiinteistönvakuutuksessa. Aikaisemmin tehtyjen pilottihankkeiden perusteella aurinkovoimalan ei pitäisi vaikuttaa kiinteistön vakuutuksen hintaan, mutta asia on hyvä selvittää, jotta mahdollisilta ongelmilta vältytään (Auvinen, Honkapuro, Ruggiero, & Jun-tunen 2020, 63). Aurinkovoimalan rakentaminen saattaa vaatia myös jonkinlaisia rakennuslupia riippuen järjestelmän koosta ja sijoituspaikasta. Mahdollisten lupien hankkimisesta kannattaa ottaa selvää sekä vastuun voi myös siirtää järjestelmän rakentajalle. Taulukossa 3. nähdään yhteenveto energiayhteisön ja siihen liittyvän energiayhteisön suunnittelussa huomioitavista asioista.

Taulukko 3. Yhteenveto energiayhteisön suunnittelussa huomioitavista asioista

Suunnittelussa huomioitavat asiat	
Päätöksenteko	<ul style="list-style-type: none"> • Hyvityslaskennan toteuttamiseen taloyhtiönasukkailta tulee saada enemmistö päätös • Asukkaiden mielenkiinnon selvittäminen hankkeeseen
Rahoitus	<ul style="list-style-type: none"> • Rahoituksesta kannattaa neuvotella ja käydä läpi eri vaihtoehtoja
Mahdolliset lisäkustannukset	<ul style="list-style-type: none"> • Kannattaa tiedustella verkkoyhtiöltä mahdollisista palvelumaksuista hyvityslaskentaan liittyen • Mahdolliset muutokset kiinteistön vakuutukseen
Aurinkovoimalan suunnittelu	<ul style="list-style-type: none"> • Riittävän kulutustiedon keruu kiinteistösähköstä sekä asuntojen sähkönkulutuksesta • Tuntikohtainen sähkönkulutustieto • Kiinteistökohtainen mitoitus, jotta saadaan mahdollisimman suuri hyöty asukkaalle • Rakentamisen kilpailuttaminen • Riittävä tila aurinkosähköjärjestelmän vaatimille laitteille
Mahdolliset lupa-asiat	<ul style="list-style-type: none"> • Mahdollisten rakennuslupien tarpeen selvittäminen • Lupien hankkimisen vastuun siirtäminen mahdollista rakentajalle

7.2 Energiayhteisöjen mahdollisuudet

Energiayhteisöiden ja aurinkoenergian avulla kiinteistön asukkaat saavat helpotusta sähkölaskuihinsa. Tuotetun aurinkosähkön hinta on alhaisempaa, kuin suoraan verkosta ostettu sähkö. Tulevien lainsäädäntömuutosten jälkeen omassa kiinteistössä tuotetusta ja käytetystä sähköstä asukkaiden ei tarvitse maksaa siirtomaksua eikä sähköveroa, joten itsetuotetun sähkön kannattavuus kasvaa. Myös kiinteistösähkön osalta ostosähkön osuus pienenee, joka vaikuttaa kiinteistön kuluihin. Kiinteistön vuotuisten kulujen pienentyminen saattaa vaikuttaa myös lopulta asuntojen vuokriin ja muihin kustannuksiin, joka entisestään parantaa energiayhteisön hyötyjä asukkaiden näkökulmasta.

Energiayhteisöiden yleistyttyä ja lainsäädäntöjen muututtua energiayhteisöjä olisi mahdollista laajentaa. Luomalla esimerkiksi hajautettu tai kiinteistörajat ylittävä energiayhteisö voitaisiin hyödyntää suurempien aurinkovoimaloiden tuotantoa tarkemmin kiinteistöjen kulutuksessa. Jos kaupunginosan asuinrakennusten, parkkihallien ja liiketilojen katot rakennettaisiin täyteen paneeleja ja perustettaisiin suurempi kuin vain yhden taloyhtiön kokoinen energiayhteisö. Voitaisiin tuotettu energia hyödyntää tarkemmin kohteissa, jossa sähköä tarvitaan. Suurempien voimaloiden tuotanto kohtaa paremmin kulutuksen vaihtelun.

Energiayhteisöstä ja uusiutuvasta energiasta saattaa myös olla taloyhtiölle sekä alueelle imagollista hyötyä. Joillekin henkilöille tai yrityksille imago ja ympäristöystävällisyys saattaa olla kynnyskysymys, joten energiayhteisöt saattaisivat edesauttaa kyseisten henkilöiden tai yritysten asettumista alueelle.

7.3 Energiayhteisöjen riskit

Energiayhteisöihin liittyy paljon mahdollisuuksia ja asukkaita sekä aluetta hyödyntäviä seikkoja, mutta asioilla on myös yleensä kääntöpuolensa. Energiayhteisöön ja aurinkovoimalaan sijoittaminen on suuri investointi, joten projektin rahoituksesta kannattaa miettiä tarkkaan. Mahdollisista laiterikoista aurinkovoimalassa saattaa syntyä lisäkuluja taloyhtiölle. Tämä voidaan kuitenkin välttää, mikäli taloyhtiö ei itseomista

voimalaitosta ja on esimerkiksi tehnyt sähkönostosopimuksen voimalan rakentajan kanssa. Näissä tapauksissa yleensä aurinkovoimalan omistama sähköyhtiö pitää huolen laitteiston kunnosta ja huollosta, joten lisäkustannuksilta voidaan välttyä.

Nykypäivänä myös lähes kaikissa projekteissa puhutaan kyberturvallisuudesta. Energiayhteisöt eivät ole poikkeus. Energiantuotannon muuttuessa hajautetummaksi ja etäluettaviksi laitteet saattavat olla yhteydessä internettiin tai muihin langattomiin verkkoihin, joka aiheuttaa riskien kasvun. Mikäli laitteiden kyberturvallisuus ei ole niiden käytön aloitusvaiheessa riittävällä tasolla, voidaan niiden kautta mahdollisesti päästä käsiksi kiinteistön vai verkon järjestelmiin. Hakkeroinnin avulla voidaan aiheuttaa taloudellista hyötyä tai haittaa yksilölle tai koko yhteisölle tai tehdä muuta haittaa.

Mittalaitteiden kyberturvallisuus on huomioitu energiayhteisöitä kehittävässä työryhmässä. Energiavirasto, kyberturvallisuuskeskus sekä muut energia-alan toimijat tekevät tiivistä yhteistyötä turvallisuuden parantamiseksi. EU:lla on kyberturvallisuuden ja tietoturvaan liittyviä direktiivejä, joilla se pyrkii säätelemään turvallisuutta jollakin tasolla. Suomeen on luultavasti tulossa säädöksiä asiaan koskien, mutta niiden valmistelusta ei ole vielä päätetty. (Älyverkkotyöryhmän ehdotukset ja niiden tarkemmat perustelut 2018)

Taulukko 4. Energiayhteisöiden riskit ja mahdollisuudet

Energiayhteisöiden riskit ja mahdollisuudet	
Mahdollisuudet	Riskit
Taloudellinen hyöty kiinteistölle ja sen asukkailla	Investoinnin suuruus ja mahdolliset yllättävät kulut
Uusiutuvan energiakäytön lisääntyminen	Kyberturvallisuus ja yksityisyyden takaaminen
Hajautetun energian pientuotannon lisääntyminen.	Järjestelmän turvallisuus
Mahdollisuus laajentaa suuremmaksi kokonaisuudeksi hajautetulla mallilla	
Imagollinen hyöty kiinteistölle ja alueelle	

7.4 Tulosten luotettavuuden pohdinta

Kuten työssä aikaisemminkin on sanottu, työssä käytetyt aurinkojärjestelmän mitoituksista varten vaadittavat sähkönkulutus tiedot olivat hyvin puutteellisia, joten mitoituksia tehdessä jouduttiin tekemään joitakin arvioita. Arviota tehdessä virheiden ja muuttujien määrät ovat kasvaneet. Kiinteistösähkön tuntikohtaisen kulutuksen arvioimiseen käytettiin toisen kerrostalon kulutustietoja. Arvioinnissa käytetty kerrostalo oli kohdetta vanhempi, joten kulutus tiedot eivät välttämättä täsmää nykyisiin uusiin kerrostaloihin. Mikäli kohdekiinteistö tai muut Kankaan alueen taloyhtiöt alkavat suunnittelemaan energiayhteisön toteuttamista, kannattaa kiinteistöistä ja niiden asunnoista hankkia tarkempia sähkönkulutus tietoja. Arvioiden ja oletusten takia

opinnäytetyön tuloksia ei voida pitää täysin tarkkoina, mutta niitä voidaan hyödyntää mahdollisissa jatkotutkimuksissa.

Arvioiden pohjalta tehdyt aurinkovoimalan mitoitukset ovat kuitenkin oikeaa kokoluokkaa, joten niiden avulla voidaan tehdä melko luotettavia kannattavuus laskelmia. Kannattavuus laskelmien takaisinmaksuaika täsmää melko hyvin vastaavan kokoisten järjestelmien kannattavuuslaskelmiin, joten niitä voidaan pitää paikkaansa pitävinä. Takaisinmaksu aika kuitenkin voi muuttua, mikäli tapahtuu muutoksia sähköhinnnoissa tai järjestelmän kokoa muutetaan.

8 Pohdinta

Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää Kankaan alueelle sopiva energiayhteisömuoto ja olisiko energiayhteisön toteuttaminen kannattavaa alueella sekä millainen aurinkoenergiajärjestelmä kohdekiinteistöön sopisi. Työn alussa esitetyt kysymykset olivat, että

- Millainen aurinkoenergiajärjestelmä sekä energiayhteisömalli sopisi kohdekiinteistöön?
- Millaisia hyötyjä, haittoja tai riskejä energiayhteisön muodostamisessa on?

Energiayhteisön osalta vertailu oli melko selkeätä ja hyvityslaskentamalli oli selkeästi parempi vaihtoehto Kankaan alueen kiinteistöihin. Energiayhteisöiden mahdollisuudet sekä uhkat havaittiin sekä huomioitiin tuloksissa. Energiayhteisöihin liittyvissä kysymyksissä päästiin tavoitteisiin.

Aurinkosähköjärjestelmän mitoitus oli toisena osana työn toteutuksessa. Työtä tehdessä tulikin ilmi, että kohdekiinteistöistä saatavilla olevat kulutustiedot ovatkin kuu-kausi tasolla. Useista yhteydenotoista huolimatta tuntikohtaista dataa ei ollut työtä varten saatavilla, joten aurinkoenergian mitoituksessa jouduttiin tekemään joitakin arvioita, jotka vaikuttivat tuloksen laatuun ja luotettavuuteen. Kaikesta huolimatta aurinkosähköjärjestelmästä saatiin mitoitetua kokoluokaltaan oikean suuntainen ja

kannattavuuslaskelmat saatiin tehtyä. Mikäli kiinteistön kulutuksesta olisi saatu tarkempaa tietoa työn toteutuksen aikana se olisi mahdollistanut erikokoisten ja erilaisien järjestelmien vertailun paremmin.

Mikäli Kankaan alueen kiinteistöjen energiayhteisöjen ja energiayhteisöjen potentiaalia halutaan tarkastella tarkemmin, jatkotutkimuksena voitaisiin järjestää kysely alueen asukkaiden kiinnostuksesta sekä kerätä kiinteistöistä tarkempaa kulutustietoa sekä pyytää tarjouspyyntöjä kohteiden aurinkoenergiajärjestelmiin. Tarjousten avulla pystyttäisiin arvioimaan tarkemmin aurinkojärjestelmän kannattavuutta ja takaisinmaksuaikaa. Tarkempien kannattavuuslaskelmien avulla voitaisiin saada asukkailta parempia mielipiteitä heidän halukkuudestaan osallistua energiayhteisöihin.

Lähteet

- About Middelgrunden wind cooperative. N.d. Artikkeleli middelgrundenin tuulivoimailoien sivustolla. Viitattu 27.3.2020. <http://www.middelgrunden.dk/middelgrunden/?q=en/node/35>.
- Airaksinen, J., Annala, S., Bröckl, M., Honkapuro, S., Lassila, J., Manninen, J., Partanen, J., Rautiainen, T., Saario, M., Vanhanen, J. & Värre, U. 2019. Selvitys sähköön omatuotantoon, energiayhteisöihin ja energiahankkeiden lupamenettelyihin liittyvistä kysymyksistä. Valtioneuvoston selvitys. Viitattu 23.3.2020. <http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/161978>
- Auringonsäteilyn määrä Suomessa. N.d. Artikkeleli Motivan sivustolla. Viitattu 20.3.2020. https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/aurinkosahkon_perusteet/auringonsateilyn_maara_suomessa.
- Aurinkoenergia ja aurinkosähkö Suomessa. 2019. Artikkeleli LUT-yliopiston sivulla. Viitattu 20.3.2020. https://www.lut.fi/uutiset/-/asset_publisher/h33vOeufOQWn/content/aurinkoenergia-ja-aurinkosahko-suomessa.
- Aurinkopaneelien hankintaopas. 2019. Helenin tekemä opas heidän verkkosivuillaan. Viitattu 6.5.2020. https://www.helen.fi/globalassets/aurinko/aurinkopaneelien_hankintaopas.pdf.
- Aurinkopaneelien toimintaperiaate. N.d. Dokumentti Sunteknon verkkosivuilla. Viitattu. 6.4.2020. <http://suntekno.bonsait.fi/resources/public/tietopankki/paneelit.pdf>,
- Aurinkosähköjärjestelmien hinta. 2019. Artikkeleli Motivan nettisivuilla. Viitattu 5.5.2020. https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/jarjestelman_valinta/aurinkosahkojarjestelmien_hinta.
- Auvinen, K. 2017. Aurinkosähköön hyvityslaskentamalli. Artikkeleli Finsolarin sivustolla. Viitattu 26.3.2020. <https://finsolar.net/hyvityslaskentamalli/>.
- Auvinen, K. 2018. Aurinkosähköön takamittarointimalli. Artikkeleli Finsolarin sivustolla. Viitattu 26.3.2020. <https://finsolar.net/aurinkosahkon-takamittarointimalli/>.
- Auvinen, K. Honkapuro, S. Ruggiero, S. & Juntunen, J. 2020. Aurinkosähköä taloyhtiön asukkaille. Aaltoyliopiston julkaisu. Viitattu 26.3.2020. <https://aalto-doc.aalto.fi/bitstream/handle/123456789/43236/isbn9789526089881.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Chen, C. 2011. Physics of Solar Energy. Wiley. Viitattu 16.3.2020. <https://janet.finna.fi/>, ProQuest Ebook Central.

- Community energy. 2018. IRENA:n julkaisu energiayhteisöistä. Viitattu 24.3.2020. https://coalition.irena.org/-/media/Files/IRENA/Coalition-for-Action/Publication/Coalition-for-Action_Community-Energy_2018.pdf
- Community power in Denmark. N.d. Artikkele Community power sivustolla. Viitattu 28.3.2020. <https://www.communitypower.eu/en/denmark.html>.
- Direktiivi 2018/2001/EU. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi uusiutuvista lähteistä peräisin olevan energian käytön edistämiseksi. Euroopan unionin virallinen lehti 11.12.2019. Viitattu 24.3.2020. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/?uri=CELEX:32018L2001>.
- Direktiivi 2019/944/EU. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi sähkönsämarkkinoita koskevista yhteisistä säännöistä ja direktiivien 2012/27/EU muuttamisesta. Euroopan unionin virallinen lehti 5.6.2019. Viitattu 24.3.2020. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019L0944&from=EN>.
- Duffie, J. & Beckman, W. 2013. Solar Engineering of Thermal Processes. Wiley. Viitattu 16.3.2020. <https://janet.finna.fi/>, ProQuest Ebook Central.
- Euroopan unionin ilmastopolitiikka. 2018. Artikkele ympäristöministeriön sivustolla. Viitattu 18.3.2020. https://www.ym.fi/fi-FI/Ymparisto/Ilmasto_ja_ilma/Ilmastonmuutoksen_hillitseminen/Euroopan_unionin_ilmastopolitiikka.
- Gevorkian, P. 2012. Large-scale Solar Power Systems. Cambridge University press. Viitattu 17.3.2020. <https://janet.finna.fi/>, Knovel.
- Guevara-stone, L. 2014. Why a small German village bet big on renewables. Artikkele GreenBiz sivustolla. Viitattu 27.3.2020. <https://www.greenbiz.com/blog/2014/02/13/rural-german-village-feldheim-power-clean-energy>.
- Hanke-esittely. N.d. Julkaisu Lempäälän energian sivustolla. Viitattu 28.3.2020. <http://www.lempaalanenergia.fi/content/fi/1/20149/Hanke-esittely.html>.
- Heimonen, I. 2011. Aurinko-opas 2012. Aurinkolämmön ja- sähkön energiantuoton laskenta opas. Viitattu 24.4.2020.
- Honkanen, J. 2020. Projektipäällikkö. Solarigo. Haastattelu 7.5.2020.
- Huoman, K. 2018. Aurinkosähkön asennustavat taloyhtiöön. Esitysmateriaali SlideShare-esitystenjakopalvelussa. Viitattu 27.3.2020. <https://www.slideshare.net/SmartEnergyTransition/kimmo-huoman-gef-green-energy-finland-aurinkosahkon-asennustavat-taloyhtioon-cleantech-finland-31102018-smart-energy-transition-finsolar-co2mmunity-mediatilaisuus-toimittajatilaisuus-smart-energy-talks>.

Hyöky, A & Kyllönen, E. 2013. Lukuhöperöksi kasvamassa. Pro gradu. Oulun yliopisto, varhaiskasvatuksen koulutus. Viitattu 10.5.2020. https://www.ouka.fi/c/document_library/get_file?uuid=23e10170-d394-414d-8102-791bf4ac3fd4&groupId=112792.

Jalas, M & Auvinen, K. 2017. Aurinkosähköjärjestelmien hintatasot ja kannattavuus. Artikkelit Finsolarin nettisivuilla. Viitattu 4.5.2020. <https://finsolar.net/kannattavuus/aurinkosahkon-hinnat-ja-kannattavuus/>

Jyväskylän karttapalvelu. 2020. Asemakaava Kankaan alueelta Jyväskylän karttapalvelussa. Viitattu 23.4.2020. <https://kartta.jkl.fi/ims>.

Joustava ja asiakaskeskeinen sähköjärjestelmä. 2018. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisu 33/2018. Viitattu 8.4.2020. http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/161119/TEM_33_2018.pdf.

Juntunen, J. & Auvinen, K. 2017. Hankintaohje taloyhtiöille. Ohjeistus Finsolarin nettisivuilla. Viitattu 29.4.2020. <https://finsolar.net/aurinkosahkon-tuotantomallit-taloyhtiössä/hankintaohje-taloyhtiöille/>.

Kannattavuuslaskurit. N.d. Google Sheets-tiedostoon tehty kannattavuuslaskuri aurinkosähkölle. Viitattu 6.5.2020. <https://finsolar.net/kannattavuus/kannattavuuslaskurit/>

Kehittämishankkeet. N.d. Artikkelit Jyväskylän kaupungin sivustolla. Viitattu 16.3.2020. <https://www.jyvaskyla.fi/kangas/kangas/kehittamishankkeet>.

Kiinteistön takamittarointi rivitaloon. 2018. Artikkelit Energiakokeilu.fi sivustolla. Viitattu 26.3.2020. <http://energiakokeilut.fi/rakennukset/kiinteiston-takamittarointi-rivitaloon>.

Kolehmainen, M. 2019. Energiayhteisöjen toimintamallit ja lainsäädäntö Suomessa. Diplomityö. Lappeenrannan teknillinen yliopisto, sähkötekniikan koulutusohjelma. Viitattu 26.3.2020. <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe201903189199>.

Kotitalouksien sähkönkäyttö 2011. 2013. Vattenfallin julkaisema tutkimusraportti. Viitattu 28.4.2020. https://www.vattenfall.fi/4a8af8/globalassets/energianeuvoonta/kodin-sahkonkulutus/kotitalouksien_sahkonkaytto_2011_tutkimusraportti.pdf.

L 1999/132. Maankäyttö- ja rakennuslaki. Viitattu 26.3.2020. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990132>

L 588/2013. Sähkömarkkinalaki. Viitattu 8.4.2020. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2013/20130588#Pidp447259968>

Mutanen, A. Lummi, K. & Järventausta, P. 2019. Valtakunnallisten tyyppikäyttäjämäärittelyiden päivittäminen ja hyödyntämisen periaatteet verkkopalvelumaksuihin liitty-

vissä tarkasteluissa. Tampereen yliopiston raportti. Viitattu 4.5.2020. [https://energia-
virasto.fi/documents/11120570/12862527/Loppuraportti-verkkotoiminta-Tyyp-
kayttajat-2019.pdf/585042fc-c377-09bb-5e4d-b330a6dfa1bb/Loppuraportti-verkko-
toiminta-Tyypikayttajat-2019.pdf](https://energia-
virasto.fi/documents/11120570/12862527/Loppuraportti-verkkotoiminta-Tyyp-
kayttajat-2019.pdf/585042fc-c377-09bb-5e4d-b330a6dfa1bb/Loppuraportti-verkko-
toiminta-Tyypikayttajat-2019.pdf).

Müller, J. 2015. Ympäristövaikutukset. Artikkelin Finsolarin sivustolla. Viitattu 17.3.2020. <https://finsolar.net/aurinkoenergia/ymparistovaikutukset/>.

Newkirk, M. 2014. PV panel technology. Kuvio Clean energy reviewsin verkkosivuilla. Viitattu 2.4.2020. <https://www.cleanenergyreviews.info/blog/pv-panel-technology>.

Partanen, J. 2020. Kandidityö. Lappeenrannan teknillinen yliopisto, Sähkötekniikan koulutusohjelma. Viitattu 10.5.2020. https://lutpub.lut.fi/bitstream/handle/10024/160657/Kandidaatintyo_Partanen_Julia.pdf?sequence=1.

Pesola, A., Vehviläinen, I., Lahdenperä, E. & Olaste, L. 2013. Kankaan alueen aurinkokaavaselvitys. Loppuraportti. Viitattu 16.3.2020. http://www2.jkl.fi/kaavakartat/Kankaan_osayleiskaava/selvitykset/Kankaan_alueen_aurinkokaavaselvitys_2013.pdf.

PVGIS. 2019. Euroopan komission työkalu auringonsäteilyn tarkasteluun. Viitattu 28.3.2020. https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html.

Renewable Energy communities. 2018. Interreg European julkaisu. Viitattu 28.3.2020. https://www.interregeurope.eu/fileadmin/user_upload/plp_uploads/policy_briefs/2018-08-30_Policy_brief_Renewable_Energy_Communities_PB_TO4_final.pdf.

Renewable Energy Statistics. 2019. IRENA:n julkaisema tilasto. Viitattu 28.3.2020. <https://www.irena.org/publications/2019/Jul/Renewable-energy-statistics-2019>.

Solar energy, 2020. Tilastoja IRENA:n verkkosivuilla. Viitattu 13.4.2020. <https://www.irena.org/solar>.

Solar PV cumulative installed capacity, 2019. Kuvio power technology verkkosivulla. Viitattu 1.4.2020. <https://www.power-technology.com/comment/china-to-lead-global-growth-of-solar-photovoltaic-capacity-to-2030/>

Sähkön siirto- ja palveluhinnasto. 2020. Palvelu hinnasto Alvan verkkosivuilla. Viitattu 6.5.2020. https://www.alva.fi/app/uploads/2/2020/01/ALVA_Sahkon-siirto-ja-palveluhinnasto_01032020_alkaen.pdf.

The energy self-sufficient village. N.d. Artikkelin Feldheimin kylän sivustolla. Viitattu 27.3.2020. <https://nef-feldheim.info/the-energy-self-sufficient-village/?lang=en>.

Uusiutuva energia Suomessa. N.d. Artikkelin Työ ja elinkeinoministeriön sivulla. Viitattu 20.3.2020. <https://tem.fi/uusiutuva-energia>.

Verohallinnon ohjeet. 2017. Arvolisäveroon liittyviä ohjeistuksia vero.fi sivustolla. Viitattu 22.5.2020 https://www.vero.fi/syventavat-vero-ohjeet/ohje-haku-sivu/48658/arvonlisaverottoman_vahaisen_toiminnan_3/

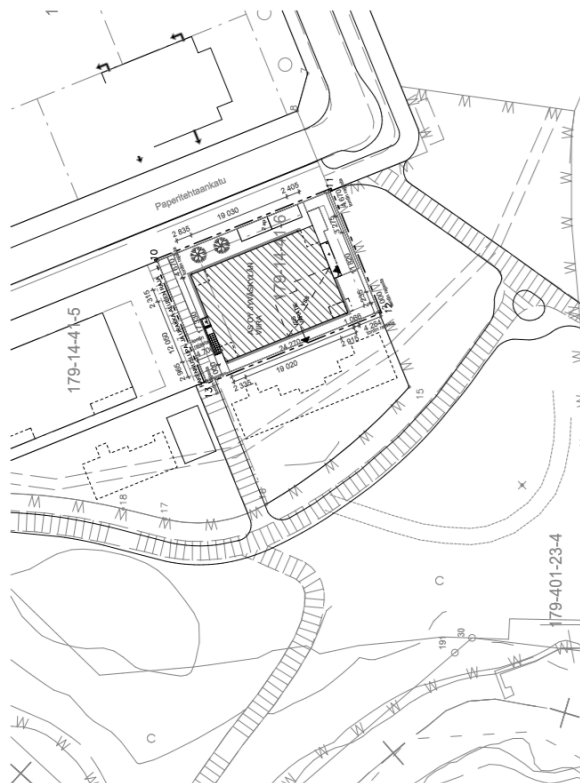
Viljakainen, S. 2015. Kerrostalon kiinteistösähkönkulutuksen kompensointi aurinkosähköjärjestelmällä. Kandytyö. Lappeenrannan teknillinen yliopisto, sähkötekniikan koulutusohjelma. Viitattu 4.5.2020. https://lutpub.lut.fi/bitstream/handle/10024/103715/kandity%C3%B6_viljakainensanteri.pdf?sequence=2&isAllowed=y.

Wider introduction of renewable energy is possible also in Finland. 2019. Artikkelin Aalto yliopiston sivustolla. Viitattu 27.3.2020. <https://www.aalto.fi/en/news/wider-introduction-of-renewable-energy-is-possible-also-in-finland>.

Älyverkkotyöryhmän ehdotukset ja niiden tarkemmat perustelut. 2018. Työ- ja elinkeinoministeriön älyverkkotyöryhmän loppuraportin liite. Viitattu 23.3.2020. http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/161119/Liite_TEM_33_2018.pdf.

Liitteet

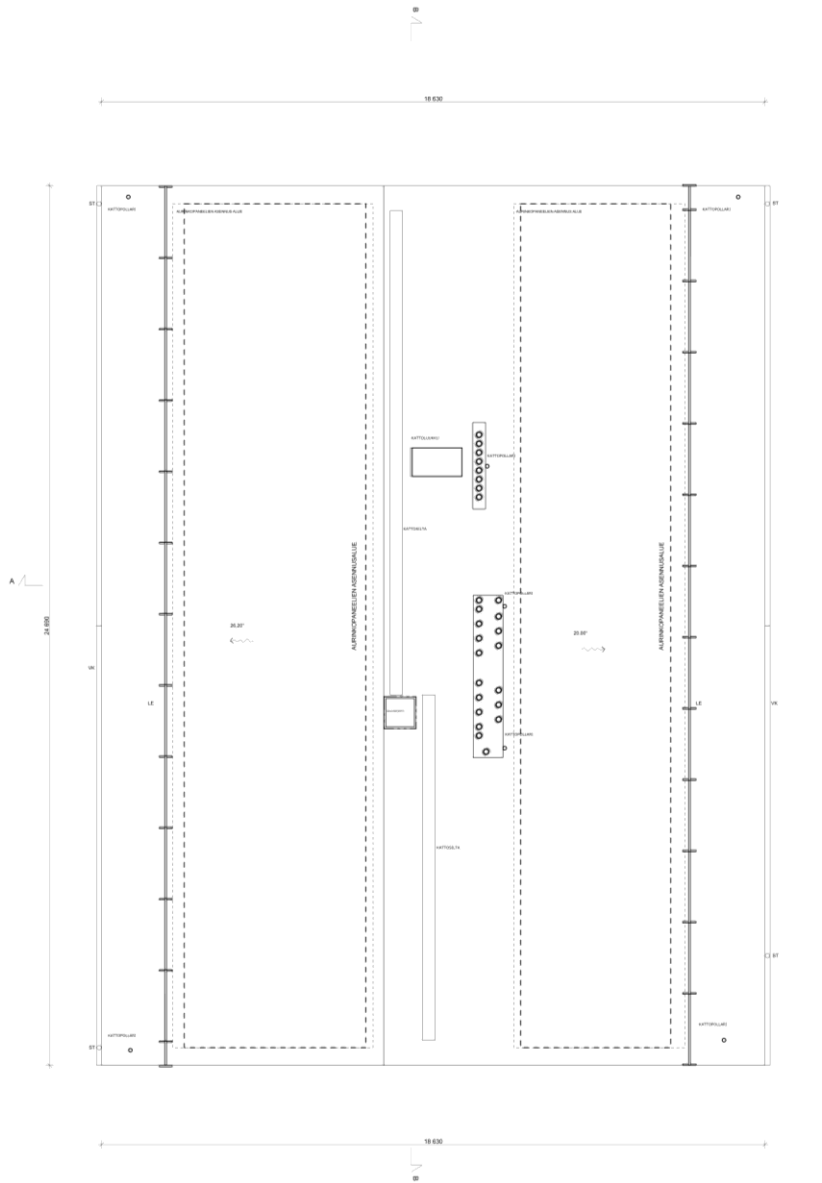
Liite 1. Kohdekiinteistön asemapiirustus



LOPPUPIIRUSTUS 3.1.2019

Kunta ja alue	Ympäristö	Vuorokausittain aikataulot	Alue nro
41	0		
Maanmittauslaitos	Maanmittauslaitos	Maanmittauslaitos	Maanmittauslaitos
UUSISAKKAKENNUS	PAAPIRUSTUS	ASEMAPPIRUSTUS	1:500
AS OY JYVÄSKYLÄN VIIRA			
Paperitehtaankatu 4			
40100 Jyväskylä			
Suorittamistoimen nimi	lpy		
Suorittamistoimen kuvaus			
AS OY JYVÄSKYLÄN VIIRA PAPERITEHTAANKATU 4 40100 JYVÄSKYLÄ			
Suorittamistoimen alkamisajankohta			
Suorittamistoimen päätyttyä ja alkajana			
Kimmo Kauho	28.06.2017	MN	ARK 798-101

Liite 3. Kohdekiinteistön vesikatto



LOPPUPIIRUSTUS 3.1.2019			
Kaupunginosa	Kärsämäki	Kaupunki	Informaatio- ja kaavoituskeskus
179-14	41	0	
Talustyypin	LEISIKRANKUNNUS	Työsuunnitelma	TYÖPIIRUSTUS
Talustyypin	AL OY JYVÄSKYLÄN VIIRA	Projektin nimi	VESIKATTO
Talustyypin	Paikannusalue A	Projektin koodi	150
Talustyypin	40100 Jyväskylä		
Tekijä: ARKITEHTITOIMISTO LPV JYVÄSKYLÄ OY Osoite: Keskustie 11 A 1 00020 JYVÄSKYLÄ Puhelin: 010 288 800 Faksi: 010 288 801 Sähköposti: ark@lpv.fi www.lpv.fi			
LPV Jyväskylä		Pöytäkirja Käynnin Käyttö: 30.06.2017	Rikn ARK 798-211

Liite 5. Aurinkojärjestelmän takaisinmaksuaika

Järjestelmän elinikä vuosina	Oman sähkön tuotannon arvo ja myyntituotot €	Investointi- ja ylläpito- kustannukset €	Kassavirta €/v	Investoinnin sisäisiä korkokantoja % (IRR)	Investoinnin kumulatiivinen tuotto €/v ilman korkoa (0%)	Investoinnin nettonykyarvoja (NPV) laskentakorolla	Takaisinmaksuaika investoinnin laskentakorolla	Ostosähkön hinta [eur/kWh]	Myyntiin menevän ylijäämäsähkön hinta [eur/kWh]	Aurinkosähkön tuotanto kWh/v	Aurinkosähkön tuotantohinta LCOE [eur/kWh]
0	0,0 €	-15 000 €	-€15 000		-15 000 €					0	
1	949 €	-166 €	€782	94,8%	-14 218 €	-14 085 €	1	0,108 €	0,030 €	8760	
2	944 €	-166 €	€778	74,5%	-13 439 €	-13 329 €	1	0,108 €	0,030 €	8716	0,877 €
3	939 €	-165 €	€775	56,1%	-12 665 €	-12 585 €	1	0,108 €	0,030 €	8673	0,593 €
4	935 €	-164 €	€771	42,7%	-11 894 €	-11 852 €	1	0,108 €	0,030 €	8629	0,450 €
5	930 €	-163 €	€767	33,0%	-11 127 €	-11 129 €	1	0,108 €	0,030 €	8586	0,365 €
6	925 €	-162 €	€763	25,9%	-10 364 €	-10 418 €	1	0,108 €	0,030 €	8543	0,308 €
7	921 €	-162 €	€759	20,6%	-9 605 €	-9 717 €	1	0,108 €	0,030 €	8500	0,267 €
8	916 €	-161 €	€755	16,5%	-8 850 €	-9 026 €	1	0,108 €	0,030 €	8458	0,237 €
9	911 €	-160 €	€752	13,3%	-8 098 €	-8 346 €	1	0,108 €	0,030 €	8416	0,213 €
10	907 €	-159 €	€748	10,7%	-7 351 €	-7 675 €	1	0,108 €	0,030 €	8374	0,194 €
11	902 €	-158 €	€744	-8,7%	-6 606 €	-6 606 €	1	0,108 €	0,030 €	8332	0,179 €
12	898 €	-158 €	€740	-7,0%	-5 866 €	-5 866 €	1	0,108 €	0,030 €	8290	0,166 €
13	893 €	-157 €	€737	-5,6%	-5 130 €	-5 130 €	1	0,108 €	0,030 €	8249	0,155 €
14	889 €	-156 €	€733	-4,4%	-4 397 €	-4 397 €	1	0,108 €	0,030 €	8207	0,145 €
15	884 €	-1 655 €	€771	-5,7%	-5 167 €	-5 167 €	1	0,108 €	0,030 €	8166	0,149 €
16	880 €	-154 €	€726	-4,4%	-4 442 €	-4 442 €	1	0,108 €	0,030 €	8126	0,141 €
17	876 €	-154 €	€722	-3,3%	-3 720 €	-3 720 €	1	0,108 €	0,030 €	8085	0,134 €
18	871 €	-153 €	€718	-2,5%	-3 001 €	-3 001 €	1	0,108 €	0,030 €	8044	0,128 €
19	867 €	-152 €	€715	-1,7%	-2 286 €	-2 286 €	1	0,108 €	0,030 €	8004	0,123 €
20	863 €	-151 €	€711	-1,1%	-1 575 €	-1 575 €	1	0,108 €	0,030 €	7964	0,118 €
21	858 €	-151 €	€708	-0,6%	-867 €	-867 €	1	0,108 €	0,030 €	7924	0,113 €
22	854 €	-150 €	€704	-0,1%	-163 €	-163 €	1	0,108 €	0,030 €	7885	0,109 €
23	850 €	-149 €	€701	0,3%	537 €	537 €	0	0,108 €	0,030 €	7845	0,105 €

24	845 €	-148 €	€697	0,7%	1 234 €	1 234 €	0	0,108 €	0,030 €	7806	0,102 €
25	841 €	-148 €	€694	1,0%	1 928 €	1 928 €	0	0,108 €	0,030 €	7767	0,099 €
26	837 €	-147 €	€690	1,3%	2 618 €	2 618 €	0	0,108 €	0,030 €	7728	0,096 €
27	833 €	-146 €	€687	1,5%	3 305 €	3 305 €	0	0,108 €	0,030 €	7690	0,093 €
28	829 €	-145 €	€683	1,8%	3 988 €	3 988 €	0	0,108 €	0,030 €	7651	0,091 €
29	825 €	-145 €	€680	2,0%	4 668 €	4 668 €	0	0,108 €	0,030 €	7613	0,089 €
30	820 €	-144 €	€676	2,2%	5 345 €	5 345 €	0	0,108 €	0,030 €	7575	0,086 €
YHTEENSÄ	22 649 €	-21 148 €					22			244607	
Investoinnin nettonykyarvo 30 vuoden pitoajalla								5 345 € euroa			

Aurinkosähkön tuotantohinta 30 vuoden pitoajalla	8,6 snt/kWh
Arvioitu ostosähkön keskimääräinen hinta 30 vuoden aikana	11 snt/kWh