

Opinnäytetyö (YAMK)

Tekniikka

Rakentamisen koulutus

2017

Kari Aaltonen

AURINKOPANEELIN KÄYTTÖ JULKISIVUMATERIAALINA

12.6.2017



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

OPINNÄYTETYÖ (YAMK) | TIIVISTELMÄ
TURUN AMMATTIKORKEAKOULU
Rakentamisen koulutusohjelma
Kesäkuu 2017 | 54 sivua + liitteet 6 sivua
Ohjaaja Jouko Lehtonen

Kari Aaltonen

AURINKOPANEELIN KÄYTTÖ JULKISIVUMATERIAALINA

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää aurinkopaneelin käyttöä julkisivumateriaalina sekä sen taloudellisia vaikutuksia Kiinteistö Oy Jyrkkälänpolussa tehdyn esimerkkikohteen avulla. Aurinkoenergian käyttö maailmassa on tällä hetkellä minimaalista, vaikka halua ja osaamista selvästikin löytyy. Auringosta saatavalla energialla pystyttäisiin kattamaan koko maailman energiatarve.

Saksa on ollut aurinkoenergian hyödyntämissä ns. kärkimaa, mutta Kiina on ohittanut Saksan v.2016 aurinkoenergian käytössä. Aurinkoenergian käytön kehitys Kiinassa on valtavaa ja muuallakin maailmassa nopeaa. Suomessa aurinkoenergian käyttö on vielä vähäistä, mutta kehitys on kuitenkin positiivisen nopeaa.

Opinnäytetyön tarkasteltavassa kohteessa aurinkopaneelit toimivat julkisivumateriaalina, jolloin ei synny ns. kaksoisrakennetta, kuten esimerkiksi perinteisissä kattoasennusmenetelmissä (valmiin rakenteen päälle asennetaan aurinkopaneeli).

Esimerkkikohteen aurinkopaneelijulkisivun kustannukset ovat kalliimmat kuin perinteisillä julkisivumateriaaleilla toteutettuna, mutta sen taloudellinen kannattavuus syntyy aurinkopaneelien tuottaman sähköenergian kautta. Kohteen aurinkopaneeliseinät tuottavat laskelmien perusteella itsensä takaisin n. 10 vuodessa ja 30-vuoden tarkastelujaksolla aurinkopaneelien tuotto on kustantanut valtaosan koko julkisivun korjauskustannuksesta. Vastaavaa julkisivumateriaalia ei ole markkinoilla toista, joka rakennusvaiheen jälkeen tuottaa taloudellista hyötyä rakennukselle tai kiinteistön käyttäjälle. Aurinkopaneelien odotettu käyttöikä julkisivumateriaalina on verrattavissa muihin perinteisiin materiaaleihin ja mahdollisen rikkoontumisen jälkeenkin se on edelleen toimiva julkisivun pintarakenne.

Ennusteiden mukaan tulevaisuudessa aurinkopaneelien käyttö lisääntyy kiihtyvällä vauhdilla ja rakennusten julkisivuissa on suuri mahdollisuus aurinkoenergian hyötykäyttöön.

ASIASANAT:
aurinkopaneeli, julkisivu

MASTER´S THESIS | ABSTRACT
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES
Degree Programme in Construction Engineering
June 2017 | 54 pages + appendices 6 pages
Instructor Jouko Lehtonen

Kari Aaltonen

SOLAR PANEL AS A FACADE MATERIAL

In this study the purpose was to determine the possibilities of solar panel as a facade material and its economic impacts in case “Kiinteistö Oy Jyrkkälänpolku”.

The use of solar energy in the world is minimal at the moment, even though there is plenty of will and expertise available. The energy from the sun is capable to exceed all of the energy needs in the world.

Germany has been the pioneer country in the use of solar energy, but China took over Germany in 2016. The development in the use of solar energy in China is significant and fast in the rest of the world. In Finland the use of solar energy is still scarce, but development is looking positive.

In the case Kiinteistö Oy Jyrkkälä, the solar panels were used as a normal facade material and which is why there is no double-construction (build on a ready surface).

The costs of the case were higher than those of regular methods, but the economic value comes from the electric power that the solar panels produce.

In this study the observed solar panels produce energy enough to pay them back in 10 years and in a 30-year observation period they will have also paid most of the entire facade renovation. There is no similar facade material that produces economic value to the building or its users after the renovation is completed. The assumed life span of a solar panel is the same as that of a normal facade material and even after possible technical defect of the panel, it still works as a facade material.

Predictions show that the use of solar panels will increase in the future and there are great possibilities in the use of solar energy.

KEYWORDS:
solar panel, facade

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO.....	6
1.1	TAUSTATIETOA	6
1.2	OPINNÄYTETYÖN TAVOITTEET	7
1.3	OPINNÄYTETYÖN TIEDONKERUU MENETELMÄT	7
2	AURINKOENERGIA JA -PANEELIT	8
2.1	YLEISTÄ AURINKOENERGIASTA.....	8
2.1.1	AURINKOSÄHKÖN KÄYTTÖ MAAILMASSA	8
2.1.2	AURINKOSÄHKÖN KÄYTTÖ SUOMESSA	11
2.1.3	AURINKOSÄHKÖN KÄYTTÖ TURUSSA	15
2.2	YLEISTÄ AURINKOPANEELEISTA.....	15
2.2.1	AURINKOSÄHKÖN TUOTTAMINEN	15
2.2.2	HISTORIA.....	17
2.2.3	AURINKOPANEELITYYPIT	18
2.2.4	OHUTKALVO AURINKOPANEELIT	19
3	AURINKOSÄHKÖN KANNATTAVUUS JA HINNAT	21
3.1	YLEISTÄ AURINKOSÄHKÖN KANNATTAVUUDESTA.....	21
3.2	KANNATTAVUUS	22
3.3	VEROETUUDET JA NIIDEN REUNAEDOT	23
3.4	AURINKOSÄHKÖN HINTATASOT	24
3.5	INVESTOINNIN TALOUDELLINEN KANNATTAVUUS	26
3.6	AURINKOSÄHKÖN VERTAILUHINNAT	28
3.7	KIINTEISTÖN MARKKINA-ARVO	29
4	AURINKOPANEELIN SEINÄASENNUS	30
4.1	AURINKOPANEELIN PYSTYSUORAN ASENNUKSEN EDUT JA HAITAT.....	30
4.2	STO VENTEC ARTLINE INLAY	32
5	PILOTTIKOHDE JYRKKÄLÄ.....	34
5.1	KIINTEISTÖ OY JYRKKÄLÄNPOLKU	34
5.2	JULKISIVUKORJAUS JYRKKÄLÄSSÄ	34
5.3	AURINKOPANEELISEINIEN LASKENNALLISET TUOTOT	37
5.4	AURINKOSÄHKÖJÄRJESTELMIEN KANNATTAVUUS TALOYHTIÖISSÄ.....	44
6	JOHTOPÄÄTÖKSET	46
7	YHTEENVETO	49
	LIITTEET	54

KUVAT

Kuva 1. Vuotuinen säteily määrä Suomessa	12
Kuva 2. Auringon säteily määrä Euroopassa	13
Kuva 3. Kuukausittaiset auringon säteily määrät	14
Kuva 4. Aurinkopaneelien perinteinen kattoasennus	16
Kuva 5. Aurinkoenergian hinnan kehitys ja ennuste	22
Kuva 6. Sähkön hinta kuluttajatyypeittäin	28
Kuva 7. Aurinkopaneelin asennus tasakatolle	31
Kuva 8. Aurinkopaneelin seinäasennus Jyrkkälässä	32
Kuva 9. Aurinkopaneeliseinän havainnekuva	33
Kuva 10. Ilmakuva, Kiinteistö Oy Jyrkkälänpolku	34
Kuva 11. Asemakuva, Kiinteistö Oy Jyrkkälänpolku	36
Kuva 12. Julkisivun leikkauspiirustus	37
Kuva 13. Aurinkopaneeliseinän invertteri	39
Kuva 14. Aurinkopaneelin kerääjämoduuli	40
Kuva 15. Aalto Yliopiston kannattavuuslaskurin ote, sähkönostohinta 18 snt/kWh	42
Kuva 16. Aalto Yliopiston kannattavuuslaskurin ote, sähkönostohinta 15 snt/ kWh	43
Kuva 17. Aalto Yliopiston kannattavuuslaskurin ote, sähkönostohinta 12 snt/ kWh	43

TAULUKOT

Taulukko 1. Aurinkoenergian käytön kehitys maailmassa 2012-2015	9
Taulukko 2. Aurinkoenergian käytön kehitys kärkimaissa 2012-2015	10
Taulukko 3. Aurinkosähköjärjestelmien keskimääräiset hinnat 2014-2016	25
Taulukko 4. Jyrkkälän VXY-rakennuksen aurinkopaneeliseinä lukuina	38
Taulukko 5. Sähkönostohinnan vaikutus aurinkosähköjärjestelmien kannattavuuteen	42

1 Johdanto

1.1 Taustatietoa

Aurinkosähkön käyttö on viime vuosikymmeninä lisääntynyt huomattavasti maailman laajuisesti ollen kuitenkin vielä melko vähäistä. Tässä opinnäytetyössä keskitytään tarkastelemaan aurinkosähkön käytön mahdollisuutta rakennusten julkisivukorjausten yhteydessä Suomessa esimerkkikohteen avulla.

Opinnäytetyön esimerkkikohteenä on Turussa sijaitseva Kiinteistö Oy Jyrkkälänpolku. Jyrkkälässä on 17 asuinrakennusta sekä huolto- ja toimistorakennukset. Jyrkkälän asuinrakennukset on rakennettu 1968-1972 välisenä aikana. Rakennusten julkisivut koostuvat maalatuista ja pesubetonipintaisista elementeistä. Rakennusten julkisivuja on jo osittain aikaisemmin korjattu, mutta nyt oli kokonaisvaltaisen ja perusteellisemmän korjauksen aika.

Suomessa julkisivukorjausten määrä kasvaa vuosittain ja julkisivumateriaalien tekniset ominaisuudet ovat kehittyneet merkittävästi. Julkisivumateriaaleissa kestävyys- ja ulkonäköseikat ovat luonnollisesti tärkeimmät ominaisuudet, mutta myös teknisillä lisäyksillä varustetut julkisivuratkaisut ovat saaneet kannatusta viime aikoina enemmän. Julkisivusaneerauksissa pintamateriaalien vaihtoehtojen skaala on laaja, mutta ala on raadollisen kilpailtua. Omassa työssä työskentelen pääosin asunto-osakeyhtiöiden kanssa ja olen huomannut, että halvin materiaali tai menetelmä ei ole enää ollut se ratkaiseva tekijä, kun korjausvaihtoehdoista päätetään. Näyttäisi siltä, että asunto-osakeyhtiöissä on ainakin osittain ymmärretty halvimpien ja kalliimpien ratkaisujen välisiä eroja sekä kustannuserojen merkityksellä pitkällä tähtäimellä rakennusten julkisivujen kestävyys-suhteen.

1.2 Opinnäytetyön tavoitteet

Opinnäytetyö keskittyy pääosin yksittäisen esimerkkikohteen todellisiin mitattuihin ja teoreettisesti laskelmoituihin aurinkopaneeliseinien sähkön tuotantoon sekä niiden taloudellisiin vaikutuksiin. Tavoitteena on saada realistinen arvio aurinkopaneelien käytöstä julkisivumateriaalina sekä vertailla aurinkopaneeliseinän kustannuksia perinteiseen julkisivuseinään/ -materiaaliin. Lisäksi tavoitteena on saada arvioitua esimerkkikohteen aurinkopaneeliseinän takaisinmaksuaikaa ja sijoitetun pääoman tuottoa.

1.3 Opinnäytetyön tiedonkeruu menetelmät

Opinnäytetyössä on kerätty tietoja yleisistä tutkimuksista aurinkosähkön käytöstä, esimerkkikohteen aurinkopaneelien toimittajan teknisistä asiakirjoista sekä esimerkkikohteen toteutuneesta sähköntuotannon mittauksista.

2 Aurinkoenergia ja -paneelit

2.1 Yleistä aurinkoenergiasta

Yleisen tiedon perusteella aurinkosähkön määrä olisi riittävä kattamaan helposti koko maapallon sähkön tarpeen. Auringosta saatavan sähkön voidaan sanoa olevan ehtymätöntä eli sitä ei saada käyttämällä loppumaan. Tällä hetkellä aurinkosähkön potentiaalista vain murto-osa osataan/ halutaan käyttää hyödyksi.

2.1.1 Aurinkosähkön käyttö maailmassa

Saksa on ollut aurinkosähkön käytön edelläkävijä. Vuoden 2012 lopussa Saksassa oli n. 1,3 miljoonaa aurinkosähkölaitetta, jotka tuottivat yhteensä n. 32 000 MW verran aurinkopaneelitehoa. Samaisena vuonna Saksassa aurinkosähkön teho kasvoi 8000 MW, eli yhdessä vuodessa aurinkosähkön käyttö kasvoi n. 25 %. Vuonna 2012 aurinkosähkönteho ylitti 100 000 MW rajan koko maailmassa, josta Saksan osuus oli n. kolmannes. (Kiinteistöposti, 2013)

Suomessa aurinkosähkön hyödyntäminen oli vuonna 2012 hyvin vähäistä, jolloin aurinkosähkön osuus oli vain n. 2 MW. Esimerkiksi Ruotsissa vuonna 2012 otettiin uutta aurinkosähköä käyttöön n. 8 MW, mikä tarkoitti kapasiteetin tuplaantumista n. 16 MW:iin. (Kiinteistöposti, 2013)

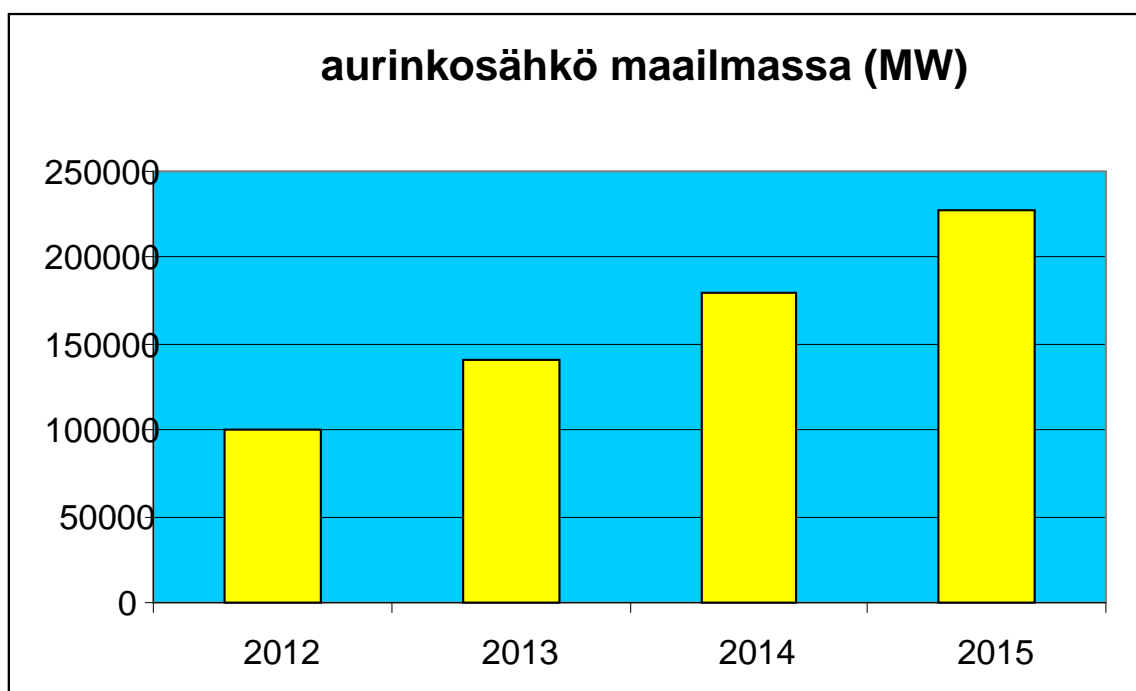
Vuonna 2012 maailman aurinkosähkön käytön kärkimaan, Saksan, vuotuisesta sähköenergian tuotannosta n. 5 % on tuotettu aurinkosähköllä. Saksassa aurinkosähkön käytön lisääntyminen on arvioitu olevan jopa 20 % luokkaa vuoteena 2020 mennessä. Tällaisen kehityksen tuottama sähkö (n. 28 000 GWh) riittäisi kattamaan n. kolmanneksen koko Suomen sähkönkulutuksesta. (Kiinteistöposti, 2013)

Aurinkosähkön asennusten painopiste oli vuonna 2012 Euroopassa, mutta se oli siirtymässä muualle maailmaan. Kiina asetti vuoden 2013 tavoitteeksi kasvattaa aurinkosähkön käyttöä 10 000 MW:lla ja vuoden 2015 loppuun

mennessä tavoite oli saavuttaa 40 000 MW:n kokonaisteho aurinkosähköllä tuotettuna. (Kiinteistöposti, 2013)

Taulukossa 1 on koottuna aurinkosähkön käytön kehitysmäärät megawatteina maailmassa vuosien 2012-2015 välisenä aikana.

Taulukko 1: Aurinkosähkön käytön kehitys maailmassa 2012-2015 (Wikipedia, 2017).



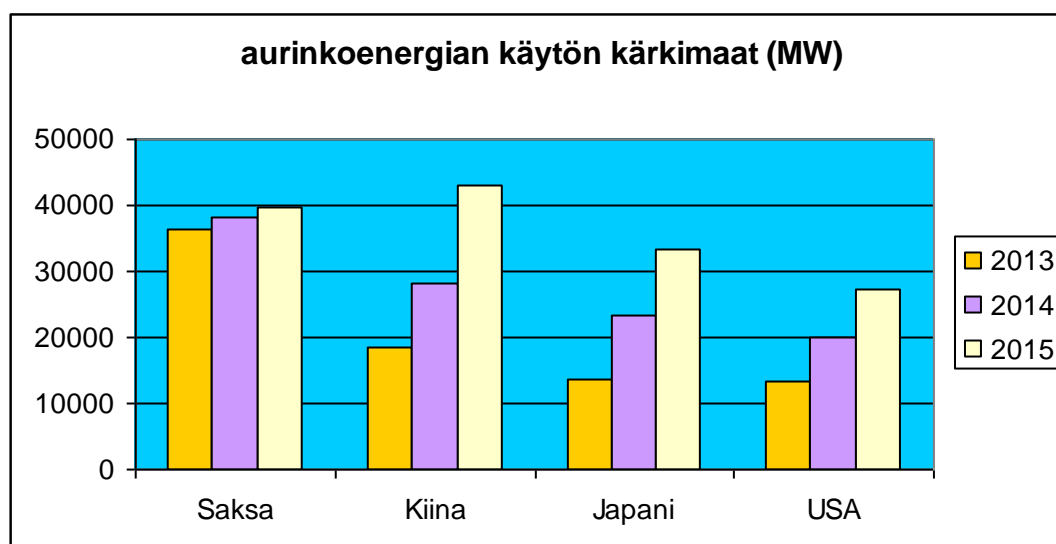
Kiina myös täytti asettamansa tavoitteet aurinkosähkön käytön lisäämiseksi ja vuonna 2015 Kiinasta tuli suurin aurinkosähkön käyttäjä maailmassa. Kiinan ilmastopolitiikka on kunnianhimoista ja Kiina panostaa uusiutuvaan ja puhtaaseen aurinkoenergiaan ennakoitua enemmän. (Yle, uutiset 2016).

Vuonna 2016 Kiina tuplasi aurinkoenergiakapasiteettinsa vuoteen 2015 verrattuna ja tilastojen mukaan kasvua oli 27 000 MW yhdeksässä kuukaudessa, mikä ylitti Kiinan koko vuoden tavoitteet. (Yle, uutiset 2016).

Kiinan kehitys aurinkosähkön käyttäjänä oli vuonna 2016 nopeaa. Uutta aurinkoenergiakapasiteettia asennettiin yhdessä päivässä n. 100 MW, joka on kymmenkertainen määrä Suomessa käytössä olevaan määrään nähden. (Yle, uutiset 2016).

Vuonna 2015 Kiina päihitti Saksan aurinkosähkön käytön määrässä ja nousi maailman eniten aurinkosähköä käyttäväksi maaksi. Esimerkiksi Yhdysvaltoihin verrattuna Kiinan aurinkosähkön tuotantokapasiteetti oli n. kaksinkertainen. Kiinan tavoitteet aurinkosähkön käytön lisäämiselle ovat suuret jatkossakin ja vuoteen 2020 mennessä se aikoo kapasiteetin kaksinkertaistamisella päästä 110 000 MW:n tuotantokapasiteettiin. Kiinan tavoitteet ovat olleet korkeita, mutta suuremmille tavoitteille on jouduttu antamaan periksi sähköverkon hitaamman kehityksen vuoksi. Sekä paikallisen että verkkoon tuotetun aurinkopaneelisähkön lisäksi Kiinassa lämmitetään paljon asuntojen käyttövettä aurinkokeräimillä. (Yle, uutiset 2016).

Taulukko 2: Aurinkoenergian kehitys maailman kärkimaissa 2012-2015 (Wikipedia, 2017).



2.1.2 Aurinkosähkön käyttö Suomessa

Aurinkosähkön ja aurinkosähköjärjestelmien käyttö on kasvanut Suomessa. Niiden parantunut teho-/ hyötysuhde sekä kustannusten nopea aleneminen näkyy käytön määrän nopeana kasvuna. Aurinkosähköä voidaan hyvin tuottaa myös maapallon pohjoisissa maissa, kuten Suomessa. Etelä-Suomessa aurinkosähkön käytön potentiaali on verrattavissa Pohjois-Saksaan. Suomen viileä ilmasto kasvattaa aurinkopaneelien hyötysuhdetta. Suomen aurinkosäteilyn vähäisempi määrä, esimerkiksi Pohjois-Saksaan verrattuna, kompensoituu aurinkopaneelien paremmalla hyötysuhteella. (Arevasolar, 2017)

Auringosta maahan tuleva säteily voidaan jakaa suoraan auringosta tulevaan säteilyyn ja hajasäteilyyn. Hajasäteily koostuu ilmakehästä, pilvistä ja maasta heijastuvasta säteilystä. Hajasäteilyn osuus Suomessa on suuri ja esimerkiksi n. puolet Etelä-Suomen kokonaissäteilyn määrästä koostuu hajasäteilystä. (Motiva, 2017)

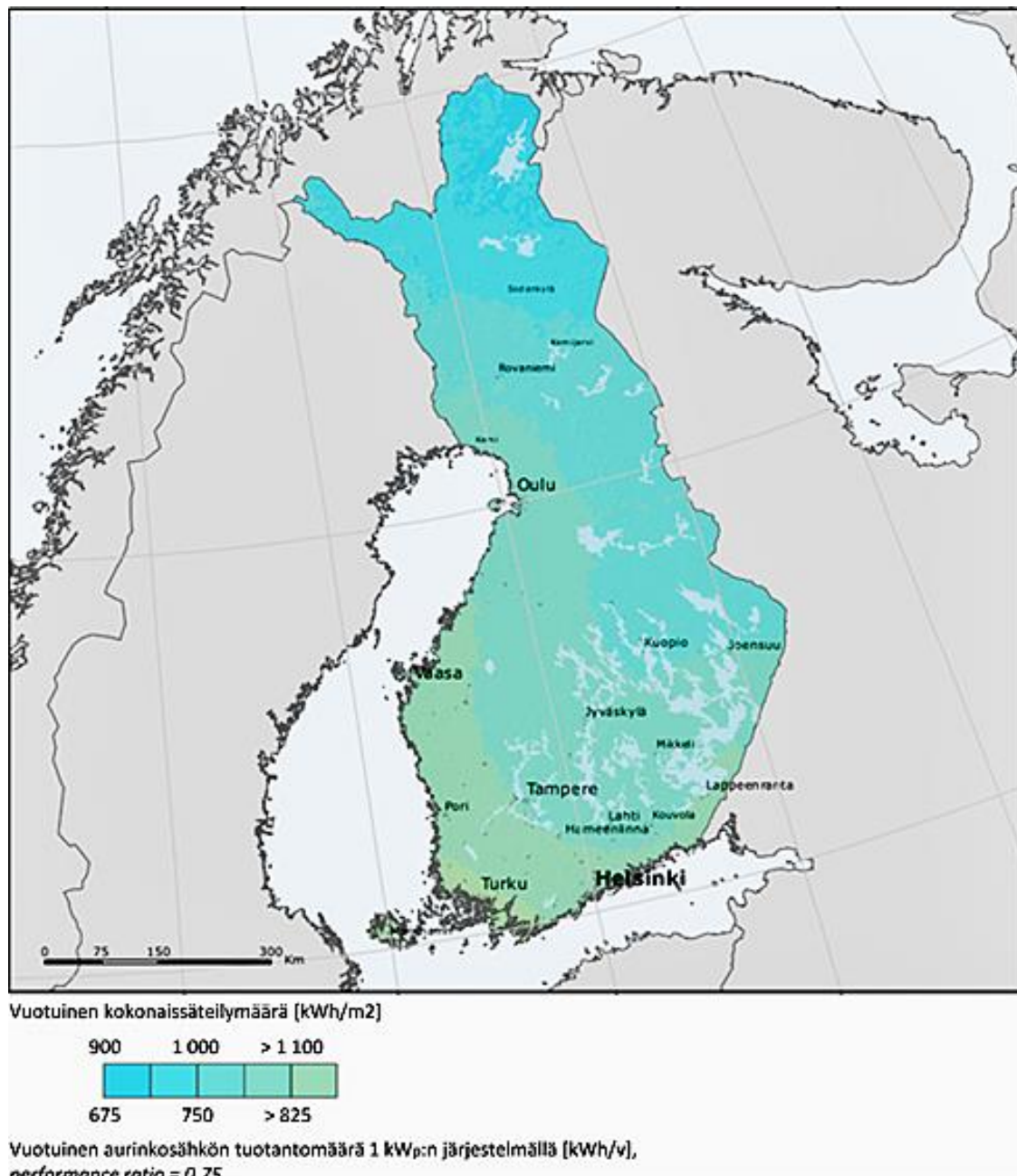
Suomen kannalta hyvä uutinen on se, että sillä ei ole merkitystä kohdistuuko aurinkopaneelisiin suoraan vai hajasäteilyä, aurinkopaneelien tuotanto on samaa. Suomessa auringon kokonaissäteilymäärään nähden suuri hajasäteily aiheuttaa aurinkoa seuraavien ja keskittävien aurinkosähköjärjestelmien heikompaa taloudellista kannattavuutta. Ne perustuvat enimmäkseen suoraan auringosta tulevaan säteilyn käyttöön. (Motiva, 2017).

Aurinkopaneelille kohdistuva auringon kokonaissäteily määräytyy paneelien asemoinnin ja kallistuskulman perusteella. Heijastuva säteily esimerkiksi lumesta, vedestä ja kiiltävistä pinnoista voi kasvattaa aurinkopaneelille osuvaa säteilyä yli 20 %. Vuosittaiseen kokonaissäteilymäärään nähden heijastuvan säteilyn määrä on yleisesti vain muutamien prosenttien luokkaa. (Motiva, 2017)

Maantieteellisesti Suomea etelämpään sijoittuviin maihin verrattuna auringon vuosittainen kokonaissäteily määrä Suomessa painottuu kesäkuukausille, mikä

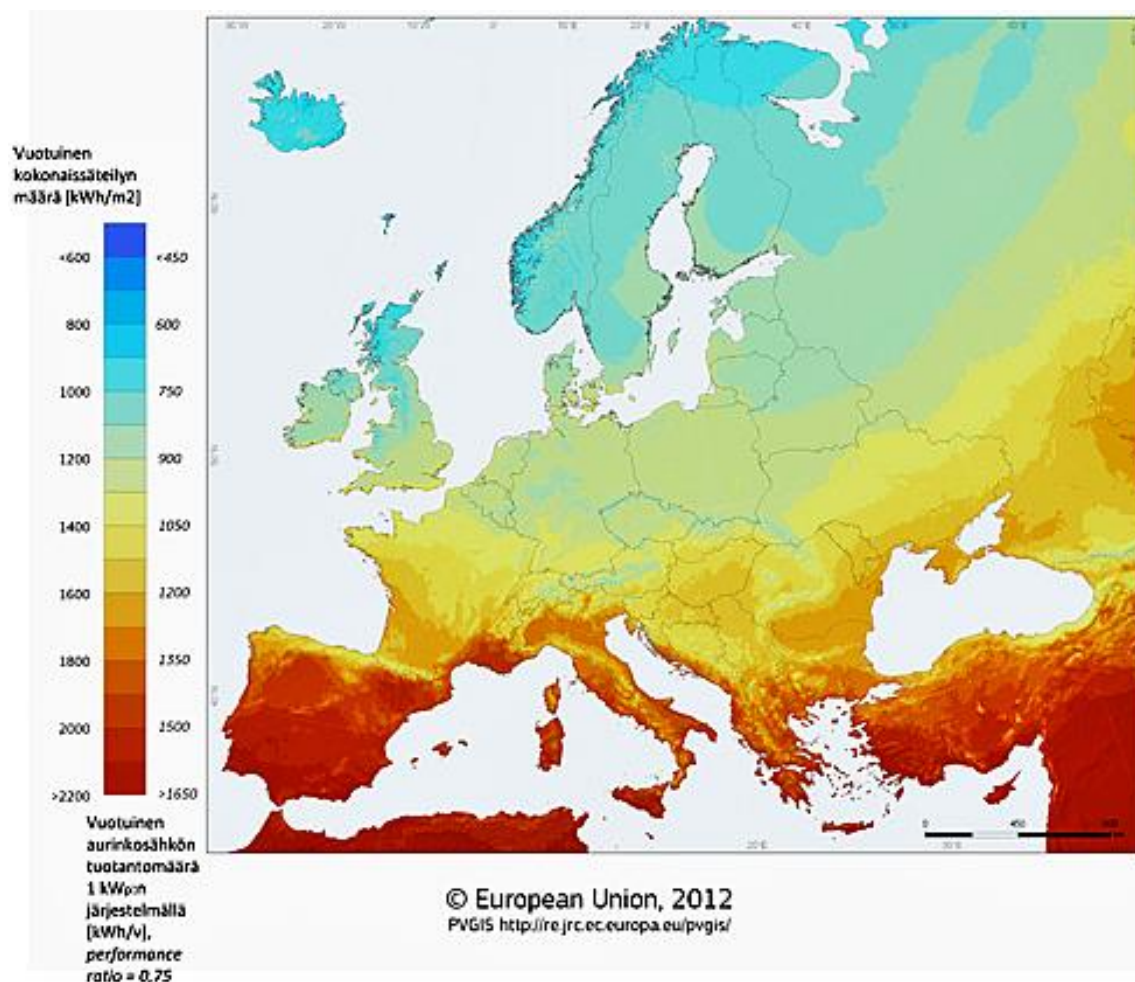
aiheuttaa myös aurinkosähkön tuotannon määrän suurempaa vaihtelua kesä- ja talvikuukausien välillä Suomessa. (Motiva, 2017)

Kuvassa 1 näkyvät säteilymäärät optimaalisesti kallistetuille pinnoille Suomessa vyöhykkeittäin ja kuvassa 2 näkyy auringon säteilyn määrä Euroopan maissa.



Kuva 1. Vuotuinen auringon säteily määrä optimaalisesti suunnatulle ja kallistetulle pinnalle Suomessa. Alkuperäinen kuva: [Photovoltaic Geographical Information System \(PVGIS\) – Joint Research Centre](#).

(Motiva, 2017)



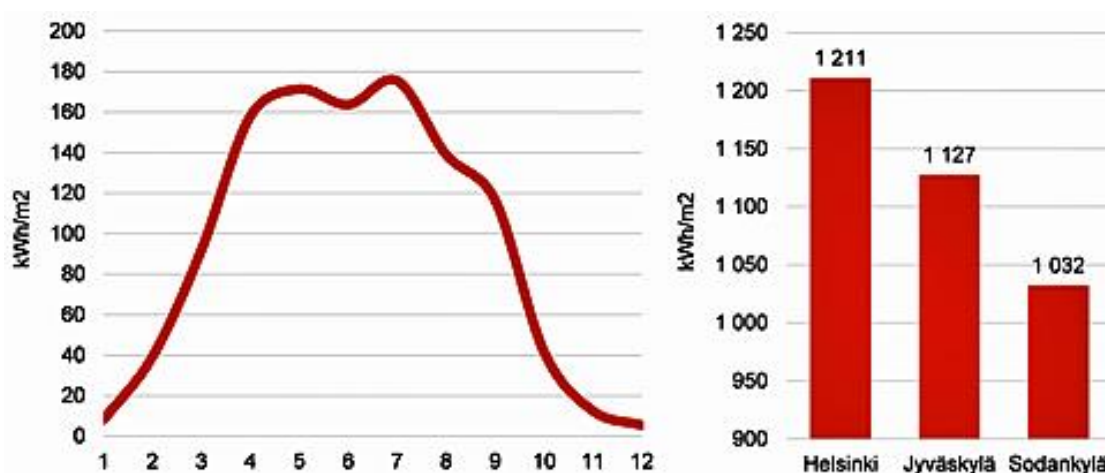
Kuva 2. Auringonsäteily Euroopassa. Alkuperäinen kuva: [Photovoltaic Geographical Information System \(PVGIS\) – Joint Research Centre](#).

(Motiva, 2017)

Suomessa on myös eroja aurinkosäteilyn määrässä. Ilmatieteen laitoksen mukaan vaakasuoralle pinnalle Etelä-Suomessa, esimerkiksi Helsingissä, on aurinkosäteilyn vuotuinen määrä n. 980 kWh/m², Keski-Suomessa Jyväskylässä määrä on noin 890 kWh/m² ja Pohjois-Suomessa Sodankylässä

vastaava säteilyn määrä on n. 790 kWh/m². Aurinkopaneelien tehoa ja niille kohdistuvaa vuosittaista säteilymäärää voidaan kasvattaa 20-30 %, kun ne asennetaan 45° kulmaan ja suunnataan etelään. (Motiva, 2017)

Kuvassa 3 on esitetty keskimääräiset kuukausittaiset säteilymäärät 45 asteen kulmassa etelään päin suunnatulle pinnalle Suomessa sekä erot vuotuisissa säteilymäärissä eri kaupungeissa.



Kuva 3. Auringon kokonaissäteilyenergian summa 45 asteen kulmassa etelään päin suunnatulle pinnalle Suomessa sekä erot vuotuisissa säteilymäärissä eri kaupungeissa. Kuvan data: Ilmatieteen laitos. (Motiva, 2017).

Auringon säteilyn määrän mittauksia suoritetaan ilmatieteen laitoksen monilla mittausasemilla Suomessa. Mittausasemia löytyy pohjoisen Utsjoen ja eteläisen Utön välillä mm. Sodankylä, Sotkamo, Jyväskylä, Jokioinen ja Helsinki-Vantaa. Mittausasemilla suoritetaan aurinkosäteilymäärien mittauksia päivittäin ja ne ovat avoimesti saatavilla kaikille. (Motiva 2017)

Suomen aurinkoenergian käyttö/ hyödyntäminen on kasvanut ja asiantuntija-arvioiden mukaan vuonna 2016 se oli n. 20 MW luokkaa. Aurinkoenergian käytön arviointia vaikeuttaa se, että aurinkoenergian hyödyntämisestä ei ole virallisia tilastoja eikä systemaattista järjestelmää tietojen keräämisestä

Suomessa. Esimerkiksi aurinkosähköjärjestelmien ns. mökkiasennusten määrästä ei ole lainkaan tilastoja. (Finsolar, 2017)

2.1.3 Aurinkosähkön käyttö Turussa

Turussa K-Citymarketit Kupittaaalla ja Länsikeskuksessa ottavat käyttöön aurinkovoimalat vuonna 2017. K-ryhmän seitsemän Citymarketin katoille asennetaan aurinkovoimaloita, mutta Turun Citymarkettien katoille asennettavista aurinkovoimaloista tulee K-ryhmän suurimmat. (Turun Sanomat, 2016).

Katoille asennettavien aurinkovoimaloiden sähkön tuotto menee pääosin kauppojen omaan käyttöön, mikä sopiikin hyvin kuumana vuodenaikana paljon jäähdytysenergiaa käyttäviin kiinteistöihin. Kaupat kuluttavat sähköä jäähdyttämiseen ja kylmälaitteisiin eniten silloin, kun aurinko paistaa ja voimaloiden tuotantokapasiteetit ovat suurimmillaan. Myös kauppojen asiakkaille tarjotaan auringon säteilystä tuotettua sähköä, esimerkiksi parkkipaikoilla olevien sähköautojen latauspisteiden myötä. (Turun Sanomat, 2016).

Citymarkettien katoille rakennettavien aurinkovoimaloiden rakentaminen on aloitettu joulukuussa 2016 ja kesään 2017 mennessä pitäisi olla kaikki 15 aurinkovoimalaa käytössä. Aurinkopaneeleja voimaloissa on yhteensä n.13 500 kappaletta ja niiden sähkön tuotto vastaa n.180 omakotitalon vuotuista sähkönkulutusta. (Turun Sanomat, 2016).

2.2 Yleistä aurinkopaneeleista

2.2.1 Aurinkosähkön tuottaminen

Aurinkosähkön tuottaminen perustuu auringon säteilyenergian hyödyntämiseen. Auringonsäteily koostuu fotoneista eli hiukkasista, jotka kuljettavat auringon säteilyenergiaa. Osuessaan aurinkokennoihin fotonit luovuttavat energiansa

kennojen materiaalin elektroneille. Nämä fotoneilta energiaa saaneet elektronit muodostavat sähkövirran aurinkokennojen virtajohtimiin. (Motiva, 2017).

Aurinkopaneelit koostuvat aurinkokennoista, jotka ovat kytkettynä joko sarjaan tai rinnan. Myös yhdistelmät ovat mahdollisia. Aurinkokennot sijoitetaan kehyksen sisään ja kennojen päälle asennetaan suojalasi, joka läpäisee auringonsäteilyä. Aurinkopaneelien koot ja käyttötarkoitukskohteet ovat laajentuneet viime aikoina lukuisiin eri käyttötarpeisiin. (Motiva, 2017).



Kuva 4. Aurinkopaneelien perinteinen kattoasennus (Jyväskylän energia yhtiöt, 2017)

Erilaisilla aurinkokennojen kytkennöillä saadaan muodostettua halutun suuruinen jännite ja virta. Aurinkopaneelin jännite on sarjaan kytkettyjen aurinkokennojen jännitteiden summa. Rinnan kytkennässä muodostuva kokonaisvirta on rinnan kytkettyjen kennojen yhteenlaskettu virta. (Motiva, 2017).

Aurinkopaneelit tuottavat tasasähköä, kun taas sähköverkoissa virtaa vaihtosähkö. Aurinkopaneelien tuottamaa tasasähköä voidaan hyödyntää erilaisissa käyttökohteissa seuraavilla tavoilla:

1. Tasasähköä hyödynnetään tasasähköä käyttävissä sähkölaitteissa, kuten kodinkoneissa. Esimerkiksi mökkiasennuskohteissa, joita ei ole kytketty sähköverkkoon, tämä on yleinen käytäntö.
2. Invertteri (eli vaihtosuuntaaja) muuttaa tasasähkön vaihtosähköksi, jolloin vaihtosähköä voidaan hyödyntää monissa eri laitteissa ja kodinkoneissa. Sähköverkkoon liitetyissä kohteissa mm. lämminvesivaraaja on yleinen sähkön käytön kohde.
3. Tasasähkö varastoidaan akkuihin ja käytetään myöhemmin tarpeen vaatiessa joko tasasähkönä tai invertterin avulla vaihtosähkönä. Sähköverkkoon kytketyissä järjestelmissä invertteri kuuluu yleisesti järjestelmään ja akkuihin varastoitu tasasähkö muutetaan vaihtosähköksi käytön mukaan.
4. Aurinkopaneeleilla tuotettua sähköä voidaan syöttää sähköverkkoon, mutta yleisesti verkkoon syötetyn sähkön taloudellinen hyöty on pieni eikä sähköä kannata syöttää verkkoon. Sähkön syöttäminen verkkoon vaatii invertterin, joka muuttaa tasasähkön vaihtosähköksi ja verkkoon syöttökelpoiseksi.

(Motiva, 2017).

2.2.2 Historia

Aurinkokennojen historia ylettyy kauas jo 1800-luvulle. Vuonna 1839 ransalainen fyysikko Becquerel teki havainnon, että elektrolyytissä olevien elektrodien välinen jännite riippuu valaistuksen määrästä. Becquerel havaitsi tuolloin valosähköisen ilmiön, jota ryhdyttiin tutkimaan ja ilmiötä ymmärtämään vasta n. 50 vuotta myöhemmin. (Kompo 2010/ Wikispaces, 2010).

Charles Fritts valmisti ensimmäisen periaatteellisen seleenistä tehdyn aurinkokennon vuonna 1883. Aurinkokennojen kehityksessä myös Albert Einsteinilla on ollut osuutta asiaan. Einstein julkaisi aikoinaan teorian valosähköisestä ilmiöstä. (Kompo 2010/ Wikispaces, 2010).

Aurinkokennoja tuotettiin yhdysvaltalaisen tutkimuskeskuksen Bell Labs:n toimesta 1950- ja 1960-luvuilla avaruushjelmien tarpeisiin, jolloin myös aurinkokennojen tekniikka kehittyi merkittävästi. Myöhemmin 1970-luvulla valtioiden panostusta uusiutuvaan energiaan vauhditti öljykriisi. Jo seuraavalla vuosikymmenellä maailmassa rakennettiin monia piipohjaisia aurinkokennoja valmistavia tehtaita. (Kompo 2010/ Wikispaces, 2010).

Aurinkokennojen hyödyntäminen on hyvin laajaa nykypäivänä huolimatta niiden varsin korkeista valmistuskustannuksista. Aurinkokennojen hyötysuhteen kasvu on nopeaa ja Delawaren yliopistossa on päästy n.43 % kennoon. (Kompo 2010/ Wikispaces, 2010).

2.2.3 Aurinkopaneelityypit

Aurinkokennoja on pääosin kolmea eri tyyppiä:

- Ensimmäisen sukupolven aurinkokennoja, jotka perustuvat piiaurinkokennoihin
- Toisen sukupolven ohutkalvoteknologiaan perustuvia aurinkokennoja
- Kolmannen sukupolven nanotekniikkaan perustuvia aurinkokennoja

(Kompo 2010/ Wikispaces, 2010).

Ensimmäisen sukupolven aurinkokennot (piikennot) ovat epäsuoran energia-aukon puolijohteita. Energia-aukko tarkoittaa kuinka lähellä elektronin liikemäärän arvoa ovat valenssivyön energiahuippu ja johtavuusvyön energiaminimi. Tämä on ominaisuus, joka vaikuttaa aurinkokennon valon absorbointikykyyn sekä aurinkokennon rakenteen paksuuteen. Ensimmäisen sukupolven piikennopaneeleissa fotonin absorptio vaatii noin 0,1 mm (100 µm) paksuuden. (Kompo 2010/ Wikispaces, 2010).

Toisen sukupolven ohutkalvoteknologiaan perustuvissa aurinkokennoissa käytetään materiaaleina suoran energia-aukon puolijohteita. Näitä ovat esimerkiksi galliumarsenidia, kadmiumtelluridia ja amorfista piitä. Näissä kennoissa fotonin absorptio vaatii noin 0,001 mm (1 μ m) paksuuden. Toisen sukupolven ohutkalvoteknologiaan perustuvat kennot ovat 10-100 kertaa ohuempia kuin ensimmäisen sukupolven piikennot sekä niiden valmistuskustannukset ovat pienempiä. Niiden teho-/ hyötysuhde ei ole kuitenkaan merkittäväsi parempi. (Kompo 2010/ Wikispaces, 2010).

Kolmannen sukupolven nanotekniikkaan perustuvien aurinkokennojen tutkimus painottuu pääosin ns. väriaineaurinkokennoihin. Näissä väriainekennoissa fotonin absorptio tapahtuu puolijohdepartikkelien pinnalla olevissa väriainemolekyyleissä eikä puolijohdeessa, milloin elektronit siirtyvät väriainemolekyyleistä puolijohdeeseen. Nanotekniikkaan perustuvien kolmannen sukupolven aurinkokennojen tavoitteena ovat valmistuskustannuksiltaan erittäin edulliset ja hyötysuhteltaan piikkenojen suhteen vertailukelpoiset aurinkokennot. (Kompo 2010/ Wikispaces, 2010).

2.2.4 Ohutkalvo aurinkopaneelit

Ohutkalvotekniikkaa hyödyntävien aurinkokennojen ohut rakenne, mikä on 10-100 kertaa pienempi kuin piipohjaisten aurinkokennojen rakenne, mahdollistaa raaka-aineiden vähäisemmän käytön ja sen vuoksi myös valmistuskustannukset ovat alhaisemmat. Lisäksi ohutkalvotekniikkaan perustuvista aurinkokennoista on rakenteellisesti mahdollista tehdä taipuisia, mikä laajentaa ohutkalvotekniikkaa hyödyntävien aurinkokennojen käyttömahdollisuuksia. Ohutkalvotekniikkaa hyödyntävien aurinkokennojen valmistuksessa on mahdollisuus käyttää edullisempia valmistustekniikoita verrattuna ensimmäisen sukupolven piikennopaneeleihin. Ohutkalvokennoissa käytetty kennomateriaali on amorfista piitä, kupari-indiumdiselenidiä, kadmiumtelluuria ja galliumarsenidiä. (Tampereen Teknillinen Yliopisto; Nikkilä, Paavola, Pöyhönen, 2007)

Aurinkopaneelien kehitys (kustannus-/ hyötysuhde) on ollut nopeaa 2000-luvulla ja aurinkopaneelien kustannukset ovat laskeneet merkittävästi. Opinnäytetyössä kohteena olevassa Kiinteistö Oy Jyrkkälänpolussa käytetään ns. 2. sukupolven ohutkalvotekniikkaan perustuvia aurinkopaneeleita, joten 1. sukupolven piipohjaiset kennot sekä 3. sukupolven nanotekniikkaa käyttävät aurinkopaneelit on jätetty tämän tutkimuksen ulkopuolelle.

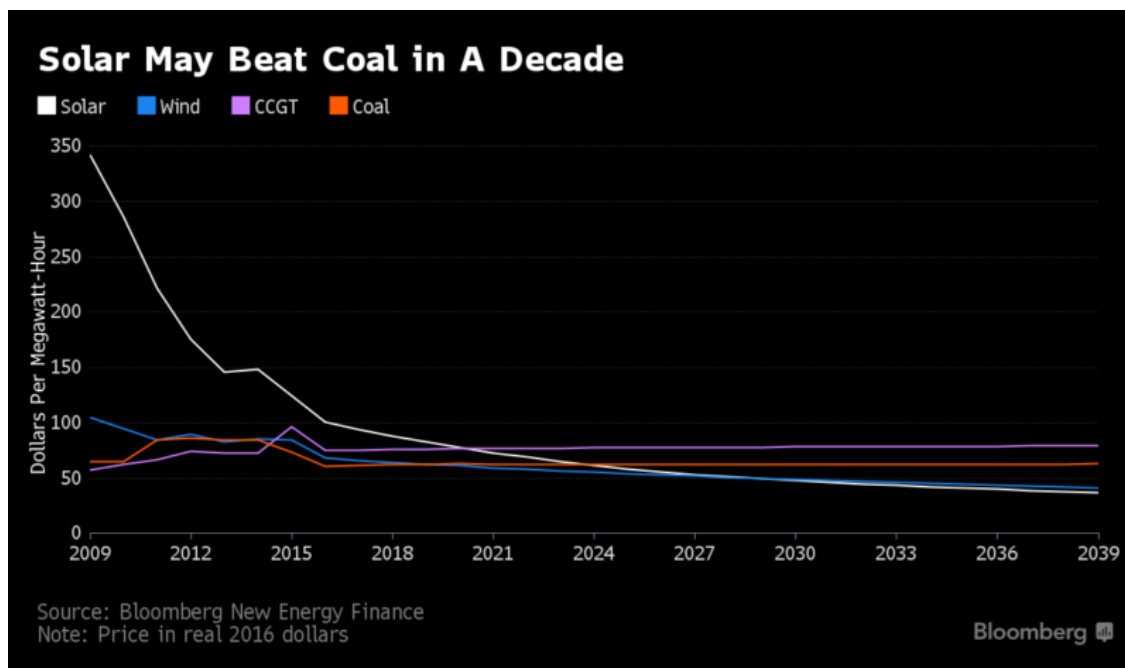
3 Aurinkosähkön kannattavuus ja hinnat

3.1 Yleistä aurinkosähkön kannattavuudesta

Aurinkosähköjärjestelmillä tuotettu sähköenergia on paikallista ja ympäristöystävällistä energiaa. Suomessa aurinkoenergian käytön hyödyntämisen kannalta taloudellisesti kannattavimpia kohteita ovat ne, joissa energian kulutus on suurta aurinkoenergian hyödyntämisen potentiaalin (kesäkuukaudet) käytön aikana. Ilmanvaihtojärjestelmät ja ilmastointi (jäähdytys/ viilennys) ovat paljon energiaa kuluttavia. Esimerkiksi toimistorakennuksissa on mahdollisuus vähentää ostosähkön määrää hyödyntämällä aurinkoenergiaa rakennusten ilmastointiin juuri kuumina kesäkuukausina. Asuinrakennusten osalta on myös mahdollista investoida kannattavasti aurinkosähköjärjestelmiin, erityisesti silloin, kun pystyy kuluttamaan tuotetun sähkön itse. (Finsolar, 2017)

Opinnäytetyön esimerkkikohteessa Kiinteistö Oy Jyrkkälänpolussa aurinkopaneeliseinillä tuotettu sähkö menee kokonaan kiinteistön omaan käyttöön ja aurinkopaneeleilla tuotetun sähköenergian käyttö on pääosin suunnattu kiinteistöyhtiön osan rakennusten viilennykseen. Jyrkkälässä aurinkopaneeliseinien taloudellista kannattavuutta nosti edessä oleva julkisivukorjausten pakottava tarve, jolloin muuten kustannuksiltaan korkeampi aurinkopaneeli-rakennusratkaisu muodostui taloudellisesti vertailukelpoiseksi ja kannattavaksi muihin perinteisiin julkisivumateriaaleihin verrattuna.

Kuvassa 5 on esitetty aurinkoenergian hinnan kehitys vuodesta 2009 lähtien sekä ennustus vuoteen 2039 saakka.



Kuva 5: Aurinkoenergian hinnan kehitys ja arvio verrattuna mm. hiili- tai tuulienergian hintaan. (Energialous, 2017).

3.2 Kannattavuus

Aurinkosähköjärjestelmien taloudellisen kannattavuuden kannalta on tärkeää, että järjestelmien sähkön tuotanto mitoitetaan käyttöpaikan oman kulutuksen mukaisesti. Kannattavuuslaskelmilla on osoitettu, että kohteissa tuotettu aurinkosähkö on taloudellisesti kannattavinta silloin, kun tuotettua aurinkoenergiaa voidaan hyödyntää kohteessa mahdollisimman paljon omaan käyttöön. Sähkömarkkinalaki takaa (periaatteessa) kaikkien sähkökäyttäjien oikeuden liittää aurinkosähköjärjestelmiä sähköverkkoon. (Finsolar, 2017)

Työ- ja elinkeinoministeriön energia-avustukset tekevät aurinkosähköjärjestelmien rakentamisesta entistä kannattavampia. Työ- ja elinkeinoministeriön energia-avustukset eivät koske kuitenkaan kotitalouksia tai taloyhtiöitä, mutta kotitaloudet ja taloyhtiöt maksavat sähköstä kalliimpaa hintaa yritysasiakkaisiin verrattuna, milloin investointi aurinkosähköön ilman tukia voi kuitenkin muodostua taloudellisesti kannattavaksi. Varsinaisten aurikovoimaloiden rakentaminen Suomessa ei ole taloudellisesti kannattavaa vaikka niiden investointeihin saisi työ- ja elinkeinoministeriön myöntämää tukea.

Sähkön pörssihinta vuonna 2016 oli keskimäärin vain 32,45 eur/ MWh. (Finsolar, 2017).

3.3 Veroetuudet ja niiden reunaehdot

Aurinkosähkön tuotannon taloudellinen kannattavuus omiin tarpeisiin kiinteistöissä perustuu (pääosin) kulutusperusteisten siirtomaksujen ja energiaverojen välttämällä. (Finsolar, 2017).

Laki sähkön ja eräiden polttoaineiden valmisteverosta rajaa sähköverotuksen ja huoltovarmuusmaksun ulkopuolelle kiinteistökohtaiset järjestelmät, joiden nimellisteho ei ylitä 100 kVA:n tehoa tai 800 000 kWh:n vuosituotantoa. Yli 100 kVA:n tehoisten laitteistojen omistajien tulee rekisteröityä verovelvollisiksi vuotuisen tuotantorajan valvomiseksi ja antaa veroilmoitus tuottamastaan sähköstä vuosittain Verohallinnolle. (Finsolar, 2017).

Pienten aurinkosähköjärjestelmien osalta, joissa jäädyään alle 100 kVA tehorajan, ei ole ilmoitusvelvollisuutta verohallinnolle. Isojen aurinkosähköjärjestelmien tuotantoraja 800 000 kWh mahdollistaa jopa 900 kWp:n tehoisen aurinkosähkövoimalan asentamisen suurissa kiinteistöissä ja teollisuudessa kohteeseen ilman, että aurinkoenergialla tuotetusta sähköstä tarvitsisi maksaa sähköveroja tai huoltovarmuusmaksuja, kun järjestelmällä tuotettu sähkö käytetään omaan tarpeeseen. (Finsolar, 2017).

Opinnäytetyön esimerkkikohteessa Kiinteistö Oy Jyrkkälänpolussa sähkön tuotanto aurinkopaneeliseinillä on niin vähäistä, että ei olla lähelläkään sitä määrää, josta pitäisi maksaa sähköveroja, huoltovarmuusmaksuja yms. muita maksuja. Esimerkkikohteessa olisi kuitenkin huomattavasti enemmän potentiaalia aurinkoenergian hyödyntämisessä tulevaisuudessa, sekä julkisivu-että kattoasennusjärjestelmien osalta.

3.4 Aurinkosähkön hintatasot

2000-luvulla aurinkosähköjärjestelmät ovat yleistyneet ja niiden kustannukset ovat laskeneet merkittävästi. Kiinteistöjen aurinkosähköjärjestelmien kustannukset ovat kansainvälisesti laskeneet kuudessa vuodessa (vuosina 2008-2014) n. 40-65 %. (Finsolar, 2017).

Taulukossa 3 on esitetty keskimääräisiä hintoja aurinkosähköjärjestelmien kustannuksista ns. avaimet-käteeseen-menetelmällä toteutettuna. Taulukon hinnat sisältävät materiaalit (aurinkopaneelit, invertteri, sähköjohdot, säätimet jne.) sekä asennuksista aiheutuneet kustannukset. (Finsolar, 2017).

Taulukko 3: Aurinkosähköjärjestelmien keskimääräisiä hintoja v.2016. (Finsolar, 2017)

Kategoria* / koko kW	Tyypillisiä sovelluskohteita ja lisätietoja	Hinnat €/kWp (ALV 0%)
Verkkoon kytketyt yli 1 000 kW (1 MW) järjestelmät, maasennus	Teollisen mittakaavan aurinkovoimalat, joista tuotanto myydään sähköpörssiin. Voimalaitoksia ei vielä ole Suomessa.	1 200 – 1 000 €/kWp
Verkkoon kytketyt yli 250 kW järjestelmät, kattoasennus	Aurinkosähköä tuotetaan teollisuus- tai isoissa kaupan alan kiinteistöissä omaan kulutukseen.	1 300 – 950 €/kWp
Verkkoon kytketyt 10 – 250 kW järjestelmät, kattoasennus	Aurinkosähköä tuotetaan toimisto- ja kaupparakennuksissa ja kuntakiinteistöissä omaan kulutukseen.	1 350 – 1 050 €/kWp
Verkkoon kytketyt alle 10 kW järjestelmät	Aurinkosähköä tuotetaan omakotitaloissa ja muissa pienissä rakennuksissa omaan kulutukseen.	2 000 – 1 300 €/kWp
Yli 1 kW aurinkosähkö- ja akkujärjestelmät (off-grid)	Aurinkosähköä tuotetaan sähköverkon ulkopuolisissa kesämökeissä ja muihin pieniin rakennuksiin.	3 500 €/kWp
Alle 1 kW aurinkosähkö- ja akkujärjestelmät (off-grid)	Aurinkosähköä tuotetaan veneissä, asuntovaunuissa ja pienillä kesämökeillä omaan kulutukseen.	5 000 €/kWp

*Kategorioissa noudatettu IEA PVPS-maaraustoinnissa käytettävää luokittelua.

Aurinkosähköjärjestelmien kustannusten vaihtelut ovat riippuvaisia monista eri tekijöistä. Aurinkosähköjärjestelmien kustannuksiin vaikuttavia tekijöitä ovat mm.:

- järjestelmän koko
- asennusalusta
- aurinkosähköjärjestelmien materiaalien laatu

- asennustyön määrä

(Finsolar, 2017)

Suuri aurinkosähköjärjestelmä on yleisesti kustannuksiltaan vähäisempi kuin pieni järjestelmä, mutta kustannusten vertailussa on tärkeää ottaa huomioon kohdekohtaisesti järjestelmän laatu (hinta-/ hyötysuhde). Aurinkosähköjärjestelmien kustannusten vertailussa alkuinvestointikustannuksiltaan halvin järjestelmä ei ole välttämättä taloudellisesti tuottavin ratkaisu. (Finsolar, 2017).

Aurinkosähköjärjestelmien tuotantohinnat muodostuvat järjestelmien alkuinvestoinnista, järjestelmien käyttöiän aikaisesta aurinkosähkön tuotosta sekä järjestelmien ylläpitokustannuksista. Aurinkosähköjärjestelmien ylläpitokustannukset muodostuvat n. 15 vuoden välein vaihdettavien invertterien ja huoltotarkastusten kustannuksista. Aurinkopaneelien kestoikä on 30-40 vuotta. Aurinkopaneelien sähkön tuotantoa voidaan optimoida paneelien sijoittamispaikan sekä paneelien kallistuskulman suhteen. Aurinkopaneelien optimaalisin suuntaus on etelään päin ja kallistuskulma on n. 30°. Tämä ei ole kuitenkaan teknisesti toteutettuna aina mahdollista, joten yleisesti aurinkopaneelien asennus tapahtuu asennuksen helppouden ja taloudellisten asioiden vuoksi yleisemmin lähelle vaakatasoa. (Finsolar, 2017)

3.5 Investoinnin taloudellinen kannattavuus

Pienempien kiinteistöjen (esim. omakotitalot) ja suurempien kiinteistöjen osalta aurinkosähkön kannattavuudessa on merkittäviä eroja. Optimaalisissa olosuhteissa aurinkosähköjärjestelmien tuotto on n. 3-8 % luokkaa. Aurinkosähköjärjestelmien tuottavuus suurenee, jos ennustusten mukaisesti vaihtoehtoisesti tuotetun sähköenergian hinnat nousevat. Aurinkosähköjärjestelmien taloudellinen kannattavuus perustuu oikeaan suunnitteluun ja järjestelmien sijoitteluun kohdekohtaisesti. Aurinkosähköjärjestelmän alkuinvestoinnin lisäksi on huomioitava myös alkuinvestointien pääoman korko, jolla voi olla merkittävä vaikutus aurinkosähkön tuotannon hintaan. (Finsolar, 2017)

Aurinkosähköjärjestelmien haasteena on niiden pitkät takaisin maksuajat. Yleisesti investoijat odottavat 5-15 % tuottoa sijoituksille ja energiainvestointien laskenta-aika on n. 8-15 vuoden välissä. Harvat investoijat arvioivat tällaisten järjestelmien taloudellista kannattavuutta 30 vuoden aikajaksolle.

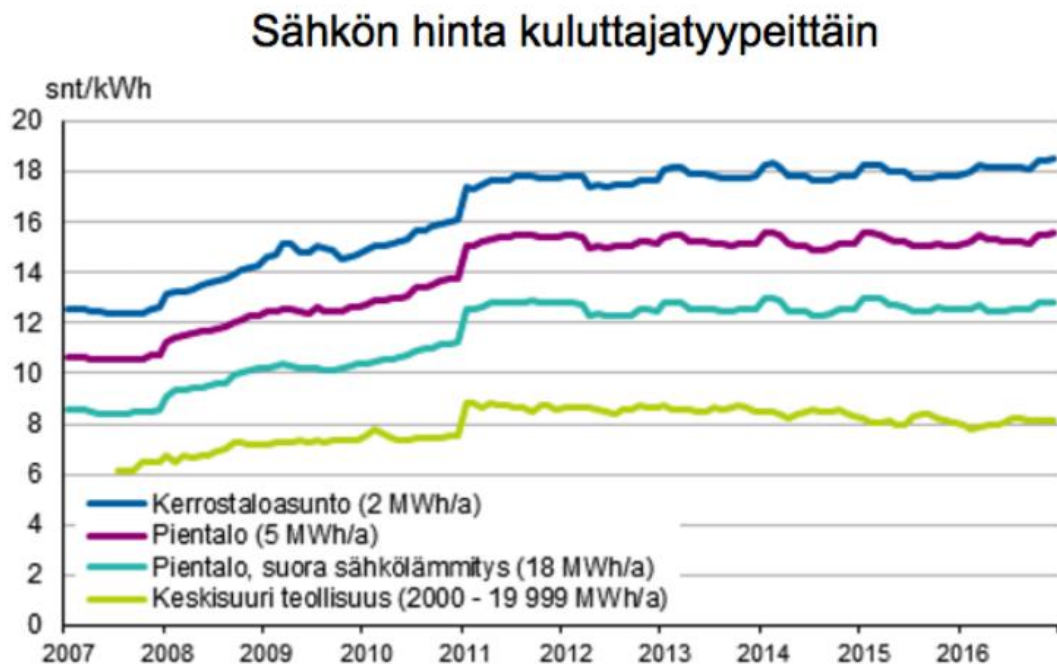
Aurinkosähköjärjestelmien taloudelliseen kannattavuuteen vaikuttaa alkuinvestointien lisäksi monia tekijöitä, joita ovat mm.:

- Sähkön kuluttajahinta (snt/ kWh) eli sähkön siirto- ja sähköenergiamaksut veroineen. Sähkön kokonaishintoja on esitetty kuvassa 5 kuluttajatyypeittäin. Kokonaishintoihin on jyvitetty hintoihin sisältyvät perusmaksut, joita ei voida esimerkiksi aurinkosähköllä tuotetulla energialla säästää.
- Sähkönkulutus kiinteistöissä kWh/h
- Sähköhintojen muutokset (arvio %/ vuosi)
- Järjestelmän alkuinvestoinnin mahdollinen tuki
- Investoinnille asetettu laskentakorko
- Aurinkosähköjärjestelmän hyötykäytön osuus (oma käyttö) %
- Aurinkosähköjärjestelmän oman käytön ylittävän enerian myyntihinta verkkoon snt/ kWh
- Aurinkosähköjärjestelmiin liittyvät ylläpitokulut (invertterin uusiminen, vakuutusmaksut, huollot yms. kulut)
- Aurinkosähköjärjestelmän sijainnin mukaiset oletetut vuosituotot (kWh/kWp)
- Aurinkosähköjärjestelmien n. 0,5% vuosittainen sähköntuotannon vähenemä
- Aurinkosähköjärjestelmien elinkaari

(Finsolar, 2017)

3.6 Aurinkosähkön vertailuhinnat

Aurinkosähkölaitteiston tuottaman sähköenergian rahallinen arvo on verrattavissa kulutusperusteisen ostosähkön hintaan, kun tuotettu sähkö menee omaan käyttöön. Tällöin omaan käyttöön tuotetulla sähköllä voidaan vähentää ostosähkön määrää ja kustannuksia. Aurinkosähkölaitteistolla tuotettuja taloudellisia hyötyjä ja niiden rakentamisesta aiheutuneita kustannuksia voidaan verrata ostosähkön hintaan (snt/ kWh). Ostosähkön hintaan vaikuttavia tekijöitä ovat mm. kulutetun sähköenergian siirtomaksut, sähköverot ja näiden päälle laskettava arvonlisävero. Sähkön myyjän/ -siirtoyhtiön perusmaksuja ei voida kuitenkaan välttää omalla aurinkosähkön tuotannolla. (Finsolar, 2017). Kuvassa 6 on esitetty sähkön hintoja kuluttajatyypeittäin. Kerrostaloasuntojen sähkön hinta on tilastokeskuksen mukaan n. 18 snt/ kWh, kun teollisuuden maksama sähkön hinta on vain n. 8 snt/ kWh. (Tilastokeskus, 2017).



Hinnat sisältävät sähköenergian, siirtomaksun ja verot. Lähde: Energiavirasto, Tilastokeskus

Lähde: Tilastokeskus, Energian hinnat

kuva 6: Sähkön hinta kuluttajatyypeittäin (Tilastokeskus, 2017)

3.7 Kiinteistön markkina-arvo

Aurinkosähköjärjestelmiin tehtyjä investointeja voidaan verrata muihin mahdollisiin tehtäviin sijoituskohteisiin. Esimerkiksi kuluttajille suunnattuihin rahastosijoituksiin nähden aurinkosähköjärjestelmiin tehdyt investoinnit voivat olla taloudellisesti kannattavempia. Talletuskorot säästötileillä olivat v. 2017 maaliskuussa 0-1,75 % välillä, kiinteistösijoitusten kokonaistuotto oli Suomessa alle 5 % ja toimistokiinteistöihin sijoitettujen tuotto oli n.1 % luokkaa vuonna 2013. Aurinkosähköjärjestelmillä tehtyjen investointien avulla voidaan pienentää kiinteistöjen käyttökuluja ja lisätä kiinteistöjen energiatehokkuutta, millä on positiivisesti kiinteistöjen arvoa kasvattava vaikutus. (Finsolar, 2017)

4 Aurinkopaneelin seinäasennus

4.1 Aurinkopaneelin pystysuoran asennuksen edut ja haitat

Seinään asennettavien (pystysuora asennus) aurinkopaneelien etuna on se että, paneelien päälle ei kerry lunta tai roskaa (lehtiä tms.), kuten perinteisimmissä aurinkopaneelien kattoasennustavoissa. Seiniin asennettavien aurinkopaneelien etuna on myös se, että ne eivät haittaa katoilla liikkumista ja kattojen normaaleja huoltotoimenpiteitä (puhdistus, lumien pudotus, IV-koneiden huollot jne.).

Lisäksi aurinkopaneeliseinä toimii julkisivurakenteena eli tarkastelussa olevassa esimerkkitilanteessa ei tarvita erillistä julkisivurakennetta.

Pystysuorat seinäasennukset eivät ole optimaalisissa kulmissa aurinkoon nähden, mutta niillä on omat etunsa. Esimerkiksi matalalta paistavan auringon (kevät ja syksy) hyödyt saadaan hyvin käytettyä hyväksi verrattuna vaakatasoon (katoille) asennettaviin paneelisiin.

Pystysuorille seinäasennuksille on toki omat rajoitteensa. Rakennusten seinien Ilmansuunnat on yksi rajoittava tekijä, pohjoisen puoleisille seinille ei ole kannattavaa sijoittaa aurinkopaneelien vähäisen aurinkosäteilyn vuoksi. Rakennusten ympärillä sijaitsevat muut rakennukset ja ympäristö asettavat myös omat rajoitukset aurinkopaneelien käytölle. Auringon säteilyä estäviä/ heikentäviä naapurirakennuksia tai esim. korkeita varjostavia puustoja ei saa olla aurinkopaneeliseinien läheisyydessä. Lisäksi aurinkopaneelien ulkonäölliset seikat rajoittavat myös niiden käyttöä, koska ne eivät välttämättä sovi kaiken mallisiin/ ikäisiin rakennuksiin esteettisesti.



Kuva 7. Aurinkopaneelien asennus tasakatolle Salossa

(Arevasolar, 2017)



Kuva 8: Sto Ventec-Art Line aurinkopaneelien seinäasennus Jyrkkälässä

4.2 Sto ventec artline inlay

Sto Ventec Art-line aurinkopaneelijärjestelmä on tehdasvalmisteinen ja sopii nykypäivänä suosittuihin ns. tuulettuvien julkisivujärjestelmien pintarakenteeksi. Sto Ventec Art-line aurinkopaneelit asennetaan järjestelmään kuuluviin

kiinnityskiskoihin, alusrakenteena voi olla käytännössä mikä julkisivupinta tahansa. Aurinkopaneelien alustalle (vanha alle jäävä rakenne) ei ole muita vaatimuksia kuin, että se on luja, puhdas ja kestävä. (STO Finexter Oy, 2016)

Aurinkopaneelien vakiokoko on 60x120 cm. Erikoiskokoisia on myös saatavilla erikseen pyytämällä. Aurinkopaneelit painavat n. 13 kg/ paneeli (18 kg/ m²) ja paneelien paksuus on 35 mm. Aurinkopaneeleja on saatavilla 80 Wp, 85 Wp ja 90Wp nimellistehoilla ja niiden käyttölämpötila on -40 - +85°C. (STO Finexter Oy, 2016).



Kuva 9. Havainnekuva seinään asennettavasta aurinkopaneelistä. (STO Finexter Oy, 2016).

5 Pilottikohde Jyrkkälä

5.1 Kiinteistö Oy Jyrkkälänpolku

Opinnäytetyössä tarkasteltu kohde, Kiinteistö Oy Jyrkkälänpolku, käsittää 17 asuinrakennusta sekä huolto- ja toimistorakennukset. Jyrkkälän rakennukset on rakennettu 1968-1972 välisenä aikana. Rakennusten julkisivut koostuvat maalatuista ja pesubetonipintaisista elementeistä. Edelliset julkisivukorjaukset on suoritettu 90-luvun puolivälissä, jolloin osittain vanhan rakenteen päälle asennettiin lisälämmöneristystä ja pinta verhoiltiin kivirouhepintaisilla julkisivulevyillä.

Kuvassa 10 näkyy Kiinteistö Oy Jyrkkälänpolun rakennukset. Kuvassa vasemmassa reunassa näkyy VXY-portaisen rakennuksen eteläpäätyn tehty aurinkopaneeliseinä.



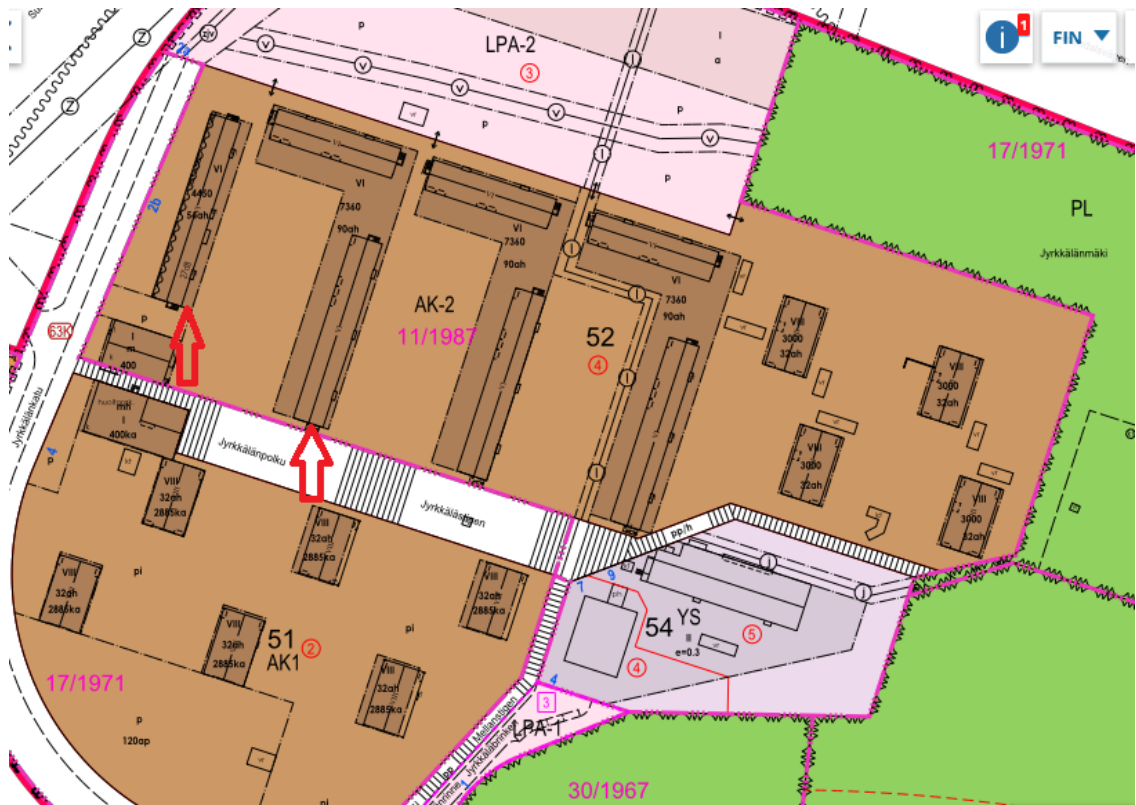
Kuva 10. Ilmakuva Kiinteistö Oy Jyrkkälänpolusta. (Google maps, 2017).

5.2 Julkisivukorjaus Jyrkkälässä

Käynnissä oleva Kiinteistö Oy Jyrkkälänpolun rakennusten julkisivukorjaus on perusteellinen ja kattaa kaikkien rakennusten kaikki julkisivut. Jyrkkälän

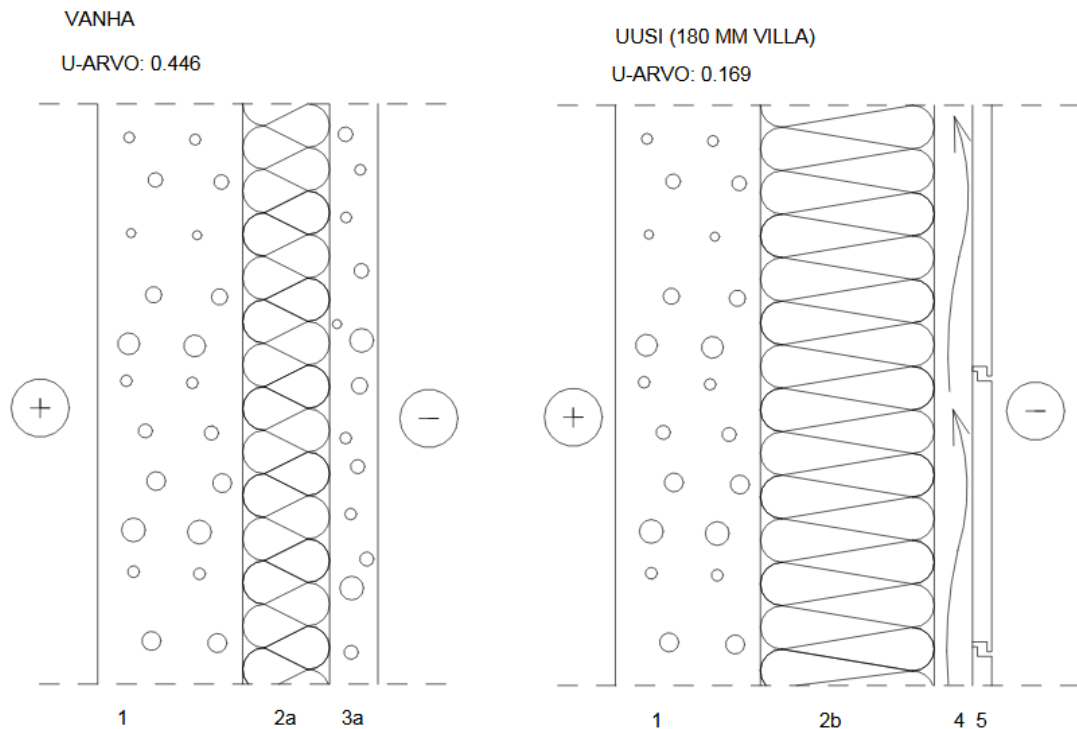
julkisivukorjaushankkeessa on tavoitteena panostaa uusittavien julkisivurakenteiden osalta laatuun, kestävyteen, ympäristöystävällisyyteen, arkkitehtuuriin uudistuksiin sekä innovatiivisiin uusiin menetelmiin. Vanhat pesubetonipintaiset elementit olivat kunnoltaan pääsääntöisesti niin huonoja, että niistä päätettiin purkaa elementtien ulkokuoret ja vanhat eristeet. Puretut rakenteet korvattiin uusilla paksummilla lämmöneristeillä ja uusilla julkisivumateriaaleilla. Maalattujen elementtien päälle asennettiin lisälämmöneristystä ja Kiinteistö Oy Jyrkkälänpolussa on käytetty hyvin laajasti eri materiaaleja uusissa julkisivupinnoissa, kuten esim. rappausta, keraamista laattaa, julkisivulevyjä, teräslevyjä, lasia ja aurinkopaneelia.

Tässä opinnäytetyössä on tarkasteltu esimerkkitapahtumana olevan Kiinteistö Oy Jyrkkälänpolun alueen saneeraushanketta ja saneeraushankkeen osana tehtyjä aurinkopaneelijulkisivuja. Aurinkopaneelijulkisivuja tehtiin kahden rakennuksen eteläpäättyihin. Kuvassa 11 on merkitty punaisilla nuolilla tehdyt aurinkopaneeliseinät.



Kuva 11. Asemakuva, Kiinteistö Oy Jyrkkälänpolku (Turun seudun opaskartta 2017).

Aurinkopaneelit on integroituna seinärakenteeseen, eli paneelit toimivat sähkön tuottajan lisäksi varsinaisena seinän pintarakenteena, jolloin ei synny ylimääräisiä kustannuksia ns. kaksoisrakenteesta (aurinkopaneelit asennetaan valmiin seinäpinnan päälle). Vastaavaa seinärakennetta ei ole tehty aurinkopaneelien materiaalitoimittajan tietojen mukaan aikaisemmin pohjoismaissa.



- | | |
|-----|--|
| 1 | betoni 150 mm (vanha rakenne) |
| 2 a | villa 90 mm (vanha rakenne) |
| 2 b | villa 180 mm (uusi rakenne) |
| 3 | betoni 50 mm (vanha rakenne) |
| 4 | ilmarako 25 mm |
| 5 | keraaminen laatoitus tai aurinkopaneeli (uusi rakenne) |

Kuva 12. Leikkauspiirustus seinärakenteista ennen ja jälkeen korjausta.

5.3 Aurinkopaneeliseinien laskennalliset tuotot

Opinnäytetyön esimerkkikohteessa Jyrkkälässä aurinkopaneeleja on 184 kpl/ rakennuksen pääty eli n. 132 m²/ pääty. Aurinkopaneeliseinän nimellisteho on n. 15000 W. Toisen rakennuksen (VXY-portainen rakennus) aurinkopaneeliseinä saatiin käyttöön marraskuussa 2016, jonka jälkeen se on tuottanut 3,58 MWh energiaa 5.5.2017 mennessä. Kyseisen seinän sähkön hetkellinen maksimituotto on ollut 12427 W. Taulukossa 4 on esitetty

esimerkkikohteen aurinkopaneeliseinän (VXY-portaisen rakennuksen) paneelien määrä ja energian tuottoa toukokuun 2017 alkuun mennessä.

Taulukko 4. Jyrkkälän VXY-rakennuksen aurinkopaneeliseinä lukuina.

Aurinkopaneelien kpl-määrä	184	kpl
Aurinkopaneelien m ² -määrä	132	m ²
Aurinkopaneeliseinän kwp	n.15000	W
Energiantuotto 11/2016-4/2017	3,58	MW
Hetkellinen maksimituotto	12427	W

Aurinkopaneeliseinien kustannus verrattuna normaaliin julkisivuseinien korjauskustannuksiin eroaa tässä kohteessa aurinkopaneelin korkeammalla m²-hinnalla tarvittavien sähkötöiden osalta sekä järjestelmän vaatiman invertterin kustannuksilla.



Kuva 13: Aurinkopaneeliseinän invertteri VXY rakennuksen kellarissa.



Kuva 14: Aurinkopaneeliseinän kerääjämoduuli.

Aurinkopaneeliseinien rakentamisen ja materiaalien kustannuksia saatiin urakoitsijalta ja niiden kustannuksia verrattiin kohteessa tehtyjen muiden

seinäpintojen kustannuksiin (keraaminen laatoitus), joka olisi ollut vaihtoehtoinen ratkaisu aurinkopaneeleille.

Laskelmissa on pyritty huomioimaan mahdollisimman tarkasti kustannusero aurinkopaneeliseinän ja vertailtavan seinän välillä, mutta aivan tarkkaa kustannuseroa ei saatu selville. Hintapoikkeama on kuitenkin pieni, maksimissaan parin tuhannen euron luokkaa.

Aurinkopaneeliseinistä syntyneiden lisäkustannusten ja seinien mitattujen sähkötuottoarvojen perusteella on laskettu aurinkopaneeliseinien takaisinmaksuaikaa ja lisäinvestoinnin tuottamaa rahallista tuottoa.

Laskelmat tehtiin Aalto-yliopiston ”Kiinteistön aurinkosähköjärjestelmän kannattavuuslaskurilla (versio 19.11.2015). (LIITE 2)

Laskelmia tehtiin kolmella eri sähkönostohinnalla (12, 15 ja 18 snt/ kWh). Kuvissa 15, 16 ja 17 on esitetty laskelmat eri sähkönostohinnoilla. Kannattavuuslaskuriin syötettyjen arvojen perusteella investoinnin takaisinmaksuaika vaihteli n. 10-17 vuoden välillä. 30 vuoden tarkastelujakson päätteeksi kiinteistön sähkön kokonaistuotto vaihteli n. 38000 – 60000 € välillä. Investointi- ja ylläpitokustannuksien jälkeen investoinnin nettonykyarvo vaihteli n. 15000 – 34000 € välillä. Laskennassa käytettiin 2% investoinnin pankkikorkoa, 2% vuosittaista hinnan nousua ostosähkön hinnassa ja ostosähkön hintana oli 12-18 snt/ kWh. Kiinteistö Oy Jyrkkälänpolun asukkaiden maksama sähkönhinta sijoittuu lähelle 18 snt/ kWh, joten kohteen aurinkopaneeliseinien takaisinmaksuaika on n. 10 vuotta. Taulukossa 5 on esitetty vertailuna kolmella eri sähkönostohinnalla aurinkosähköjärjestelmän kannattavuus järjestelmien takaisinmaksuajan, kokonaistuoton ja nettonykyarvon suhteen.

Taulukko 5. Sähkönostohinnan vaikutus aurinkosähköjärjestelmän kannattavuuteen.

sähkönostohinta	18	15	12	snt/kWh
takaisinmaksuaika	10	13	17	vuotta
kokonaistuotto 30 v. tarkastelujaksolla	n.57500	n.47900	n.38300	€
investoinnin nettonykyarvo	n.34000	n.24000	n.15000	€

Kuvissa 15, 16 ja 17 on esitetty otteet kannattavuuslaskureista.

Sähköenergian ostohinta ja sähkön siirron energiaperusteinen hinta veroineen snt/kWh	18,0	snt/kWh
Kiinteistön sähkönkulutus vuodessa kWh/v	1000000	kWh
Arvio ostosähkön hinnan noususta %/vuosi	2,0%	%/v
Aurinkosähköjärjestelmän koko tehona Wp	14000	Wp
Järjestelmän investointikustannus € (laitteet ja asennus, myös mahdollinen ALV)	€22 000	euroa
Investointituki tai kotitalousvähennys alkuinvestoinnista, %	0 %	%
Oma kiinteistöarvo-, brändi- tai ympäristötuki investoinnille €	€0	euroa
Investoinnin laskentakorko, esim. pankin korkokulu	2,0%	%
Aurinkosähkön oman käytön osuus, %	100 %	%
Aurinkosähkön myyntihinta verkkoon snt/kWh	6,0	snt/kWh
Inverterin vaihdon kustannus, % alkuinvestoinnista. Oletettu tapahtuvan kerran aurinkosähköjärjestelmän elinaikana 15. vuotena.	10 %	%
Vuotuiset ylläpitokulut (vakuutukset, huolto tms. kulut) % alkuinvestoinnista	0,1 %	%
Aurinkosähkön vuosituotto 1 kWp:n järjestelmän sijainnin mukaan	850	kWh/kWpeak
Yhteenveto: investoinnin tuotto- ja kannattavuuslaskelmat		
Investoinnin nettonykyarvo eli kokonaistuotto tai -tappio 30 vuoden käyttöiällä	33 835 €	euroa
Takaisinmaksuaika	10	vuotta

Kuva 15. Aalto-yliopiston ”Kiinteistön aurinkosähköjärjestelmän kannattavuuslaskuri” (versio 19.11.2015). Sähkönostohintana käytetty 18 snt/kWh.

Sähköenergian ostohinta ja sähkön siirron energiaperusteinen hinta veroineen snt/kWh	15,0	snt/kWh
Kiinteistön sähkönkulutus vuodessa kWh/v	1000000	kWh
Arvio ostosähkön hinnan noususta %/vuosi	2,0%	%/v
Aurinkosähköjärjestelmän koko tehona Wp	14000	Wp
Järjestelmän investointikustannus € (laitteet ja asennus, myös mahdollinen ALV)	€22 000	euroa
Investointituki tai kotitalousvähennys alkuinvestoinnista, %	0 %	%
Oma kiinteistöarvo-, brändi- tai ympäristötuki investoinnille €	€0	euroa
Investoinnin laskentakorko, esim. pankin korkokulu	2,0%	%
Aurinkosähkön oman käytön osuus, %	100 %	%
Aurinkosähkön myyntihinta verkkoon snt/kWh	6,0	snt/kWh
Inverterin vaihdon kustannus, % alkuinvestoinnista. Oletettu tapahtuvan kerran aurinkosähköjärjestelmän elinaikana 15. vuotena.	10 %	%
Vuotuiset ylläpitokulut (vakuutukset, huolto tms. kulut) % alkuinvestoinnista	0,1 %	%
Aurinkosähkön vuosituotto 1 kWp:n järjestelmän sijainnin mukaan	850	kWh/kWpeak
Yhteenveto: investoinnin tuotto- ja kannattavuuslaskelmat		
Investoinnin nettonykyarvo eli kokonaistuotto tai -tappio 30 vuoden käyttöiällä	24 253 €	euroa
Takaisinmaksuaika	13	vuotta

Kuva 16. Aalto-yliopiston ”Kiinteistön aurinkosähköjärjestelmän kannattavuuslaskuri” (versio 19.11.2015). Sähkönostohintana käytetty 15 snt/kWh.

Sähköenergian ostohinta ja sähkön siirron energiaperusteinen hinta veroineen snt/kWh	12,0	snt/kWh
Kiinteistön sähkönkulutus vuodessa kWh/v	1000000	kWh
Arvio ostosähkön hinnan noususta %/vuosi	2,0%	%/v
Aurinkosähköjärjestelmän koko tehona Wp	14000	Wp
Järjestelmän investointikustannus € (laitteet ja asennus, myös mahdollinen ALV)	€22 000	euroa
Investointituki tai kotitalousvähennys alkuinvestoinnista, %	0 %	%
Oma kiinteistöarvo-, brändi- tai ympäristötuki investoinnille €	€0	euroa
Investoinnin laskentakorko, esim. pankin korkokulu	2,0%	%
Aurinkosähkön oman käytön osuus, %	100 %	%
Aurinkosähkön myyntihinta verkkoon snt/kWh	6,0	snt/kWh
Inverterin vaihdon kustannus, % alkuinvestoinnista. Oletettu tapahtuvan kerran aurinkosähköjärjestelmän elinaikana 15. vuotena.	10 %	%
Vuotuiset ylläpitokulut (vakuutukset, huolto tms. kulut) % alkuinvestoinnista	0,1 %	%
Aurinkosähkön vuosituotto 1 kWp:n järjestelmän sijainnin mukaan	850	kWh/kWpeak
Yhteenveto: investoinnin tuotto- ja kannattavuuslaskelmat		
Investoinnin nettonykyarvo eli kokonaistuotto tai -tappio 30 vuoden käyttöiällä	14 672 €	euroa
Takaisinmaksuaika	17	vuotta

Kuva 17. Aalto-yliopiston ”Kiinteistön aurinkosähköjärjestelmän kannattavuuslaskuri” (versio 19.11.2015). Sähkönostohintana käytetty 12 snt/kWh.

Opinnäytetyön esimerkkikohteessa Kiinteiseistö Oy Jyrkkälänpolussa ja K-ryhmän Citymarketeissa on ymmärretty ottaa käyttöön kiinteistöissä sijaitsevat ns. hyödyntämättömät rakennusten pinta-alat (katto, julksivu).

Opinnäytetyön esimerkkikohteessa Kiinteistö Oy Jyrkkälänpolussa jäädään aurinkosähkön tuotannossa reilusti alle 800 000 kWh:n vuosituotannon rajan, joten tuotetusta sähköstä ei tarvitse maksaa veroja. Lisäksi kohteen sähkön tuotannon mitoituksessa on varmistuttu siitä, että kaikki tuotettu sähkö menee suoraan kiinteistön omaan käyttöön, jolloin se on mahdollisimman kannattavinta taloudellisesti. Jyrkkälässä on vielä kuitenkin paljon potentiaalia ja erilaisia mahdollisuuksia (mm. julkisivu- ja kattoasennukset) lisätä aurinkosähkön tuotantoa tulevaisuudessa ilman, että niistäkään jouduttaisiin maksamaan ylimääräisiä kustannuksia.

Jyrkkälässä aurinkoenergian käytön imago-vaikutus näkyy ja on esillä ihmisten katseille eikä unohdu ensi uutisoinnin jälkeen, mikä helposti tapahtuu perinteisten kattoasennusjärjestelmien yhteydessä.

5.4 Aurinkosähköjärjestelmien kannattavuus taloyhtiöissä

Aurinkosähköjärjestelmien kannattavuutta taloyhtiöissä voidaan kasvattaa, kun taloyhtiössä hyödynnetään aurinkosähköjärjestelmiä koko taloyhtiön hyväksi.

Taloyhtiöissä sähkön useamman käyttöpiirteen yhdistelevällä sähköntuotantomenetelmällä voidaan mahdollistaa suuremman ja kustannuksiltaan pienemmän järjestelmän hankinnan.

Aurinkosähköjärjestelmien mitoitus on kannattavaa tehdä kohdekohtaisesti kohteen varsinaisen sähkön kulutuksen mukaan. (Finsolar, 2017).

Taloyhtiöissä tasaantuu yksittäisten asuinhuoneistojen käyttämät sähkönkulutusten vaihtelut, mikä mahdollistaa aurinkosähköjärjestelmillä tuotetun energian käytön maksimoinnin ja pienentää aurinkosähköjärjestelmillä tuotetun sähkön ylimääräisen energian myyntiä sähköverkkoon. Kiinteistösähkön osuus taloyhtiöissä on sähkön kokonaiskulutukseen nähden pieni energiatehokkaasti rakennetuissa rivi- ja kerrostaloissa. Ympäristöystävällisesti ajatellen on taloudellisesti kannattavaa tuottaa aurinkosähköjärjestelmillä tuotettua sähköä kotitalouksien käyttöön. (Finsolar, 2017).

Opinnäytetyön esimerkkikohtessa Kiinteistö Oy Jyrkkälänpolussa aurinkopaneeliseinillä tuotettu sähkö käytetään alueen seitsemän eri rakennuksen hyväksi. Kohteeseen tehdyillä aurinkopaneeliseinillä tuotettu sähkö saadaan hyvin omaan käyttöön ja kapasiteettia aurinkosähkön tuottamiselle jää vielä paljon ylimääräistä.

Kiinteistö Oy Jyrkkälänpolun julkisivukorjaushankkeessa toteutettujen aurinkopaneeliseinien lähtökohtana oli se, että aurinkopaneeleilla tuotettu sähkö saadaan kuumina kesäkuukausina ohjattua etelän puoleisten huoneistojen viilennykseen, milloin aurinkopaneeliseinien sähkön tuotanto ja tarve ovat tähän tarpeeseen korkeimmillaan.

Taloyhtiöissä aurinkosähköjärjestelmillä tuotetun sähkön hinta voi olla pienempi kuin ostosähkön hinta. Taloyhtiössä voidaan tehdä taloudellisesti kannattavia investointeja aurinkosähköjärjestelmiin vajaan 30 vuoden laskenta-ajalla ilman valtion myöntämiä tukia. Kannattavuuden kannalta on tärkeää, että aurinkosähköjärjestelmillä tuotettu sähkö pystytään kuluttamaan itse kohteessa. Valtion myöntämien tukien tarve ei ole taloyhtiöiden asukkaille niin merkitsevää kuin yrityksille ja kunnille, koska taloyhtiöiden (kerrostalot) asukkaille sähkön hinta on paljon korkeampi kuin yrityksille tai kunnille. Taloyhtiöiden asukkaiden maksama korkeampi sähkön hinta pienentää valtiolta saatavien mahdollisten tukien määrän prosentuaalista hyötyä aurinkosähköjärjestelmien tuottavuuden suhteen. Tilastokeskuksen mukaan vuonna 2016 pienien kiinteistöjen ja kerrostalohuoneistojen kuluttajahinta sähkölle oli 12-18 snt/kWh, kun yrityksille ja yhteisöasiakkaille sähkön hinta oli n.8 snt/kWh. (Finsolar, 2017).

Opinnäytetyössä esimerkkikohteena olevan Kiinteistö Oy Jyrkkälänpolun aurinkopaneeliseinien takaisinmaksuajaksi muodostui n.10 vuotta ja investoinnin nettonykyarvoksi 30-vuoden tarkastelujakson jälkeen vähän vajaat 34.000 €, jolloin aurinkopaneeliseinät ovat maksanut valtaosan koko seinän korjauskustannuksista (sis. purkutyöt, uudet eristeet, seinän uusi runko jne.). Jos kohteeseen olisi saatu valtion avustusta, olisi takaisinmaksuaika ollut vieläkin lyhyempi.

6 Johtopäätökset

Yleisten arvioiden perusteella voidaan ennustaa, että aurinkosähköjärjestelmien käytön määrä lisääntyy nopealla vauhdilla maailmanlaajuisesti. Aurinkopaneelijärjestelmien hyötysuhteet ovat parantuneet ja kehittyvät edelleen, mikä vaikuttaa aurinkosähköjärjestelmien yleistyessä niiden kustannusten pienenemiseen. Kustannusten pieneneminen vauhdittaa aurinkosähköjärjestelmien käytön lisääntymistä. Aurinkopaneelien käytön määrän ja kustannuksien kehitystä voidaan verrata esimerkiksi ilmalämpöpumppujen kehitykseen, joka on ollut merkittävää.

Aurinkoenergian käytön lisääntyminen erittäin nopealla vauhdilla, kuten Kiinassa, vaatii myös sähköjakeluverkoston päivittämistä. Tämä on tietysti enemmän aikaa vievää työtä kuin aurinkopaneelien/ -keräimien asentaminen, mikä saattaa näkyä jossain vaiheessa aurinkoenergian käyttöönoton ”notkahduksina” taulukoissa, kun sähköjakeluverkostoa joudutaan päivittämään ennen kuin lisää aurinkoenergiakapasiteettia saadaan taas käyttöön.

Aurinkosähkön kannattavuutta on tutkittu paljon ja keskeisimmäksi päätelmäksi on muodostunut se, että sähköä kannattaa tuottaa omaan käyttöön, eikä verkkoon myytäväksi, ainakin Suomessa. Oman tarpeen ylittävän sähkön myynnistä saatu korvaus on niin pieni, ettei sillä saada aurinkosähköjärjestelmiä kannattaviksi.

Aurinkopaneeleita ei ole vielä aikaisemmin käytetty julkisivumateriaalina (materiaalitoimittajan tietojen perusteella) pohjoismaissa. Kiinteistö Oy Jyrkkälänpolussa kahden rakennuksen julkisivukorjaus toteutettiin eteläpäätyjen osalta aurinkopaneelipintaisina. Oikeaan ilmansuuntaan suunnatun seinäasennuksen etuna on matalalta paistavan aurinkosähkön mahdollistava keräys. Kun aurinko paistaa matalalta (kevällä, syksyllä) on yleensä ilman lämpötila myös matalampi, jolloin aurinkopaneelien hyötysuhde on lähtökohtaisesti parempi kuin kuumalla ilmalla. Tämä on yksi etu, joka Suomessa tulee ottaa huomioon aurinkosähköjärjestelmiä suunniteltaessa ja aurinkopaneelien seinä-/ kattoasennusten vertailussa.

Lähtökohta aurinkopaneelien käytölle oli, että kaikki tuotettu energia saadaan käytettyä kohteessa itse, jolloin se on taloudellisesti kannattavinta. Aurinkopaneelien käyttö julkisivumateriaalina on tutkimuksen perusteella osattautunut kannattavaksi, vaikka kyseinen rakenne onkin alkuinvestoinniltaan kallis. Se tuottaa itsensä sekä muun korjattavan seinärakenteen kustannukset takaisin seinän normaalin käyttöikäoletuksen puitteissa.

Opinnäytetyön esimerkkikohteen Kiinteistö Oy Jyrkkälänpolun tapauksessa vajaan puolen vuoden seurannan tuloksena voidaan ennustaa, että ko. seinät tulevat taloudellisesti hyvin kannattaviksi. Laskelmien mukaan aurinkopaneelien n. 10 vuoden takaisinmaksuaika on huomattavasti lyhyempi kuin vaihtoehtoisten aurinkosähköjärjestelmien takaisinmaksuaika. Lyhyt takaisinmaksuaika ja 30-vuoden tarkastelujakson taloudelliset tuotot tekevät investoinnista taloudellisesti kannattavan, mikä voi lisätä myös kiinteistön arvoa. Nykypäivänä kiinteistöjen arvoon vaikuttaa myös kiinteistöjen ympäristöyställisyys ja sitä tukevat kiinteistöissä käytetyt teknologiat. Ympäristöystävällisesti toteutetuilla sähkön tuontantomenetelmillä kiinteistöissä on lisäksi "imago-arvoa", joka voi tuoda lisäarvoa kiinteistölle. Opinnäytetyössä ei otettu huomioon esimerkkikohteen aurinkosähköllä tuotetun sähkön mahdollista imago-arvoa vaan siinä tarkasteltiin aurinkopaneeliseinien sähkön tuotantoa vain taloudellisesta näkökulmasta.

Pilottikohteissa kustannukset ovat yleensä aina korkeampia kuin mitä vastaavien kohteiden kustannukset todellisuudessa ovat. Esimerkkikohteessakin huomattiin kustannuseroja ensimmäisen (VXY-portainen) ja toisen (LMN-portainen) aurinkopaneeliseinän rakentamisen välillä.

Tulevaisuudessa vastaavia kohteita tullaan todennäköisesti rakentamaan, ovat niiden kustannukset todennäköisesti myös halvempia, aurinkopaneelien takaisinmaksuaika lyhyempi ja seinien taloudellinen tuotto myös suurempi.

Aurinkopaneelien käyttö julkisivumateriaalina on tutkimuksen perusteella kustannuksiltaan halvempi seinän normaalin käyttöikäoletuksen ajalla kuin perinteiset julkisivumateriaalit. Aurinkopaneelien käytössä julkisivumateriaaleina

on tietysti rajoituksia eivätkä ne sovi kaikkiin kohteisiin ulkonäöllisesti tai maantieteellisesti, mutta aurinkopaneelijulkisivut tulevat todennäköisesti olemaan yksi merkittävä vaihtoehto tulevaisuudessa julkisivukorjauksissa soveltuvissa kohteissa.

7 Yhteenveto

Yleisen tiedon perusteella aurinkosähkön määrä olisi riittävä kattamaan helposti koko maapallon sähkön tarpeen, mutta käytettävissä olevasta aurinkosähkön potentiaalista vain murto-osa osataan/ halutaan käyttää hyödyksi. Aurinkoenergian käyttö maailmassa on kasvamassa ja kasvua tapahtuu suurella nopeudella tilastojen mukaan. Saksa on ollut selkeä kärkimaa aurinkoenergian hyödyntämisen suhteen, mutta Kiina on ohittanut Saksan ja ottanut kärkipaikan. Saksa on edelleen euroopan mittakaavassa huomattavasti edellä muita maita. Kiinassa aurinkoenergian käytön lisääntyminen on ylittänyt tavoitteet eikä sähkönjakeluverkoston päivittäminen pysy vauhdissa mukana. Etelä-Suomessa aurinkosähkön käytön potentiaali on verrattavissa Pohjois-Saksaan. Suomen viileä ilmasto kasvattaa aurinkopaneelien hyötysuhdetta. Suomen aurinkosäteilyn vähäisempi määrä, esimerkiksi Pohjois-Saksaan verrattuna, kompensoituu aurinkopaneelien paremmalla hyötysuhteella. Suomessa aurinkoenergian käytön hyödyntämisen kannalta taloudellisesti kannattavimpia kohteita ovat ne, joissa energian kulutus on suurta aurinkoenergian hyödyntämisen potentiaalin (kesäkuukaudet) käytön aikana. Ilmanvaihtojärjestelmät ja ilmastointi (jäähdytys/ viilennys) ovat paljon energiaa kuluttavia ja esimerkiksi kaupoissa ja toimistorakennuksissa on mahdollisuus vähentää ostosähkön määrää hyödyntämällä aurinkoenergiaa rakennusten ilmastointiin juuri kuumina kesäkuukausina.

Aurinkosähkölaitteiden taloudellisen kannattavuuden kannalta on tärkeää, että järjestelmien sähkön tuotanto mitoitetaan käyttöpaikan oman kulutuksen mukaisesti ja tuotettu sähkö käytetään itse. Mahdolliset energia-avustukset tekevät aurinkosähköinvestoinneista entistä kannattavampia.

Aurinkopaneeleilla tuotettua tasasähköä voidaan hyödyntää erilaisissa käyttökohteissa suoraan tasasähköä käyttävissä sähkölaitteissa (esim. mökkiasennukset), tasasähkö muutetaan invertterin avulla vaihtosähköksi, tasasähköä varastoidaan akkuihin ja käytetään tarpeen vaatiessa tasasähkönä tai invertterin avulla muutettuna vaihtosähkönä tai aurinkopaneeleilla tuotettua

sähköä voidaan syöttää sähköverkkoon, mutta yleisesti verkkoon syötetyn sähköön taloudellinen hyöty on pieni.

Aurinkokennoja on pääosin kolmea eri tyyppiä. Ensimmäisen sukupolven aurinkokennoja, jotka perustuvat piiaurinkokennoihin, toisen sukupolven ohutkalvoteknologiaan perustuvia aurinkokennoja ja kolmannen sukupolven nanotekniikkaan perustuvia aurinkokennoja. Aurinkopaneelien kehitys (kustannus-/ hyötysuhde) on ollut nopeaa 2000-luvulla ja aurinkopaneelien kustannukset ovat laskeneet merkittävästi. Opinnäytetyössä esimerkkikohteena olevassa Kiinteistö Oy Jyrkkälänpolussa käytetään ns. 2. sukupolven ohutkalvotekniikkaan perustuvia aurinkopaneeleita. Aurinkosähköjärjestelmien tuotantohinnat muodostuvat järjestelmien alkuinvestoinnista, järjestelmien käyttöiän aikaisesta aurinkosähkön tuotosta sekä järjestelmien ylläpitokustannuksista.

Tässä opinnäytetyössä keskitytään tarkastelemaan aurinkosähkön käytön mahdollisuutta rakennusten julkisivuissa Suomessa esimerkkikohteen avulla. Opinnäytetyön esimerkkikohteena on Turussa sijaitseva Kiinteistö Oy Jyrkkälänpolku. Jyrkkälässä on 17 asuinrakennusta sekä huolto- ja toimistorakennukset. Jyrkkälän asuinrakennukset on rakennettu 1968-1972 välisenä aikana. Rakennusten julkisivut koostuvat maalatuista ja pesubetonipintaisista elementeistä, joita on jo aikaisemmin 90-luvulla korjattu. Käynnissä olevassa korjausurakassa rakennusten julkisivut uudistetaan kokonaisvaltaisesti. Kahden rakennuksen eteläpäädyt toteutettiin aurinkopaneelipintaisina. Seinään asennettavien (pystysuora asennus) aurinkopaneelien etuna on se että, paneelien päälle ei kerry lunta tai roskia (lehtiä tms.), kuten perinteisimmässä aurinkopaneelien kattoasennustavoissa. Seiniin asennettavien aurinkopaneelien etuna on myös se, että ne eivät haittaa katoilla liikkumista ja kattojen normaaleja huoltotoimenpiteitä (puhdistus, lumien pudotus, IV-koneiden huollot jne.). Lisäksi aurinkopaneeliseinä toimii julkisivurakenteena eli tarkastelussa olevassa esimerkkikohteessa ei tarvita erillistä julkisivurakennetta.

Opinnäytetyön esimerkkikohteessa Kiinteistö Oy Jyrkkälänpolussa on ensimmäinen pohjoismaissa (aurinkopaneelien materiaalitoimittajan tietojen mukaan) tehty julkisivukorjaus, jossa on käytetty aurinkopaneelia varsinaisena julkisivumateriaalina, joten kustannukset ovat luonnollisesti korkeat. Kiinteistö Oy Jyrkkälänpolussa tehtyjen aurinkopaneeliseinien alkuinvestointi (mm. materiaalikustannus, sähkötyöt, invertteri) on kustannuksiltaan kalliimpi kuin jokin toinen perinteinen julkisivumateriaali, mutta tutkimuksen perusteella Jyrkkälässä rakennetut aurinkopaneelijulkisivut tulevat maksamaan itsensä sekä suuren osan koko seinän korjauskustannuksen (mm. vanhan rakenteen purku, uudet eristeet) hinnasta takaisin 30-vuoden tarkastelujaksolla. Laskelmien mukaan Kiinteistö Oy Jyrkkälänpolun kahden aurinkopaneelijulkisivun takaisinmaksu aika on n.10 vuotta, mikä on lyhyempi kuin monissa muissa perinteisissä aurinkopaneeliratkaisuissa.

Tulevaisuudessa tehtävien vastaavien rakenteiden osalta voidaan arvioida, että rakennuskustannukset ovat pienempiä ja aurinkopaneelien taloudellinen tuotto on suurempaa.

LÄHTEET:

Kiinteistöposti 2013, *Aurinkoenergia kiinnostaa*. [viitattu 11.6.2017] Saatavissa: <http://www.kiinteistoposti.fi/artikkelit/aurinkoenergia-kiinnostaa/>

Wikipedia 2017, *Aurinkoenergia*. [viitattu 11.6.2017]

Saatavissa: <https://fi.wikipedia.org/wiki/Aurinkoenergia>

Yle, uutiset 2017, *Kiina ilmastojohtajaksi*. [viitattu 11.6.2017]

Saatavissa: <http://yle.fi/uutiset/3-9302935>

Arevasolar, *Aurinkosähkö on luotettava valinta*. [viitattu 11.6.2017] Saatavissa: <http://www.arevasolar.fi/fi/aurinkosahko>

Motiva 2017, *Auringonsäteilyn määrä Suomessa* [viitattu 11.6.2017]

Saatavissa:

https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/aurinkosahkon_perusteet/auringonsateilyn_maara_suomessa

Finsolar 2017, *Aurinkoenergian tilastot*. [viitattu 11.6.2017] Saatavissa: <http://www.finsolar.net/aurinkoenergia/aurinkoenergian-tilastot/>

Turun Sanomat, 2016, *Kupittaa ja Länsikeskuksen Citymarketit saavat katolleen aurinkovoimalan* [viitattu 11.6.2017].

Saatavissa:

<http://www.ts.fi/uutiset/paikalliset/3136902/Kupittaa+ja+Lansikeskuksen+Citymarketit+saavat+katolleen+aurinkovoimalan>

Motiva 2017, *Auringosta sähköä*. [viitattu 11.6.2017]. Saatavissa: https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/aurinkosahkon_perusteet/auringosta_sahkoa

Kompo 2010/ Wikispaces, *Aurinkokenno*. [viitattu 11.6.2017].
Saatavissa: <https://kompo2010.wikispaces.com/Aurinkokenno>

Finsolar 2017, *Aurinkosähköjärjestelmien hintatasot ja kannattavuus*. [viitattu 11.6.2017]. Saatavissa: http://www.finsolar.net/aurinkoenergian_hankintaohjeita/aurinkosahkon-hinnat-ja-kannattavuus/

Energiatalous 2017, *Aurinkoenergia ohittamassa hiilen maapallon halvimpana energianlähteenä* [viitattu 11.6.2017]. Saatavissa: <http://www.energiatalous.fi/?p=813>

STO Finexter Oy, 2016, Tekninen tietolehti. [viitattu 11.6.2017]. Saatavissa: http://www.sto.fi/webdocs/0000/SDB/T_09399-006_0223_FI_02_00.PDF

Finsolar 2017, *Aurinkosähkön kannattavuus taloyhtiöissä*. [viitattu 11.6.2017].
Saatavissa: <http://www.finsolar.net/taloyhtiot/aurinkosahkon-kannattavuus-taloyhtioissa/>

Jyväskylän Energia Yhtiöt, 2017. [viitattu 11.6.2017].
Saatavissa: <http://www.jyvaskylanenergia.fi/sahko/aurinkosahko>

Tilastokeskus, 2017. [viitattu 11.6.2017].

Saatavissa: http://tilastokeskus.fi/til/ehi/2017/01/ehi_2017_01_2017-06-07_kuv_005_fi.html

Turun seudun opaskartta, 2017. [viitattu 11.6.2017].

Saatavissa: <https://opaskartta.turku.fi/ims/>

Aalto Yliopiston aurinkosähköjärjestelmän kannattavuuslaskuri, 2015. [viitattu 11.6.2017].

Saatavissa:
<https://docs.google.com/spreadsheets/d/1VEzwSvQAHUVtlhCYhL4-WoBajY5KUXyuC9WRRuuc2VM/edit#gid=279239804>

LIITTEET

- 1) Sto ventecArtline Inlay tekninen tietolehti
- 2) Aalto-yliopiston "Kiinteistön aurinkosähköjärjestelmän kannattavuuslaskurit" (versio 19.11.2015)

StoVentec ARTline Inlay

liite 1

Aurinkopaneeli tuulettuvaan julkisivujärjestelmään, tehdasvalmisteinen



Ominaisuudet

Käyttö

- ulkotiloissa
- energiantuotantoon julkisivuilla aurinkopaneelien avulla

Ominaisuudet

- CIGS-ohutkerros PV-moduuli
- 3 mm päällyslasi (kirkas lasi), 3 mm peruslasi, neljältä sivulta kehystetty alumiiniprofiili (anodisoitu) sisäisellä uralla
- pistoke: MC PV-KB/KST4 (80 Watt), HC4 (85 ja 90 Watt)
- liitännäisasi: aurinkosähkörasia, sarja (80 Watt), Hirschmann-rasia (85 ja 90 Watt)
- vaikeasti syttyvä: B1 normin DIN 4102 mukaisesti
- pieni paino
- sähkötiedot normaaleissa testausolosuhteissa (STC): $I=1000 \text{ W/m}^2$, AM 1,5, $T_u = 25 \text{ }^\circ\text{C}$:
 - nimellisteho: 80 Wp, 85 Wp, 90 Wp (+5/-0 W)
 - jännite MPP: 35 V (80 Watt), 70,4 V (85 Watt), 73,1 V (90 Watt)
 - virta MPP: 2,30 A (80 Watt), 1,21 A (85 Watt), 1,23 A (90 Watt)
 - tyhjäkäyntijännite: 44,02 V (80 Watt), 88,9 V (85 Watt), 92,1 V (90 Watt)
 - oikosulkuvirta: 2,50 A (80 Watt), 1,34 A (85 Watt), 1,35 A (90 Watt)
 - tyhjäkäyntijännite $-10 \text{ }^\circ\text{C}$:ssa: 48,5 V (80 Watt), 97,9 V (85 Watt), 101,5 V (90 Watt)
 - järjestelmän enimmäisjännite: 1000 V
 - kuormitusvirta: maks. $2 \times I_{sc}$ A (80 Watt), 3 A (85 ja 90 Watt)
 - moduulin sallittu enimmäislämpötila $-40 - +85 \text{ }^\circ\text{C}$
 - pintapaine enintään: 2400 N/m^2
 - tyhjäkäyntijännitteen lämpötilakerroin: $-0,29 \text{ } \%/^\circ\text{C}$
 - moduulitehon lämpötilakerroin: $-0,36 \text{ } \%/^\circ\text{C}$
 - oikosulkuvirran lämpötilakerroin: $0,05 \text{ } \%/^\circ\text{C}$

Muoto

- vakiokoko B x H: 0,606 x 1,206 m tai 1,206 x 0,606 m
- paneelin paksuus 35 mm (+ 0/- 2 mm)
- paino n. 13 kg/per paneeli (18 kg/m^2)
- erikoiskoot pyynnöstä

StoVentec ARTline Inlay

Ulkonäkö • korkealaatuinen pinta ohuilla samansuuntaisilla johtimilla

Erikoisominaisuuksia/huomautuksia	<ul style="list-style-type: none"> • käyttötarkoitus: tuulettuva ulkoseinäverhous DIN 18516-1 mukaisesti • asennus staattisten laskelmien mukaisesti sallituilla kiinnitystarvikkeilla • moduuli edellyttää DC-katkaisijan miinusnavan maadoituksen • liitäntä taajuusmuuntimeen muuntajalla tai muuntajattomaan taajuusmuuntimeen erillisellä erotusmuuntajalla • voimakasta samansuuntaista varjostusta moduulin pitkän sivun kanssa on vältettävä (järjestelmä tulisi esim. irrottaa sähköverkosta rakennustelineiden aikana)
--	---

Alusta

Vaatimukset Alustan pitää olla luja, puhdas ja kestävä

Esikäsittely Tarkat mitat ja hyväksytyt piirustukset tuotantoon.

Materiaalin käyttö

Käyttötapa

Kiinnitys: StoVentec ARTline Inlay kiinnityskisko asennetaan alusrakenteen päälle työmaalla. Sitten asennusvalmiit paneelit asennetaan kiinnityskiskoihin.

Paneelien liikkuminen sivusuunnassa estetään kiinnittämällä paneelit itseporautuvalla Sto Ruuvilla ilman ylikierrossuojaa.

Ohjeet, suositukset, erityistietoja, muuta

Paneeleita ei saa altistaa ennen asennusta ja sen aikana jatkuvalla kosteudelle tai seisovalle vedelle.

Värieroja hyväksyttyn malliin nähden, erityisesti aktiivisessa kerroksessa, ei voi valmistusyistä sulkea pois. Sama pätee aktiivisen kerroksen ja reuna-alueiden väliseen väriin, erityisesti erilaisissa valaistusolosuhteissa.

Arviointietäisyys silmämääräiselle tarkastukselle 3 m.

Tuotteen suoritusastoa ei taata, jos tuotetta käytetään alle 500 m etäisyydellä merestä!

Toimitus

Pakkaus Lava

Varastointi

Varastointiolosuhteet Varastointi kuivassa.

StoVentec ARTline Inlay

Merkintä

Tuoteryhmä Ventec julkisivu

Turvallisuus

Kyseessä oleva tuote on valmiste. Käyttöturvallisuustiedotteen laadintaa REACH määräyksen (EY) nro 1907/2006, liitteen II, mukaisesti ei vaadita. Lisätietoja on esitetty osoitteessa www.sto.de otsakkeen Fachhandwerker / REACH alla.

Lisätietoja

Tämän teknisen tietolehden tiedot on tarkoitettu tavallisen käyttötarkoituksen tai soveltuvuuden varmistamiseen ja ne perustuvat tietoihimme ja kokemukseemme. Ne eivät kuitenkaan vapauta käyttäjää omasta vastuusta tarkastaa soveltuvuus. Käyttöalueista, joita ei yksiselitteisesti mainita tässä teknisessä tietolehdessä, pitää ensin sopia. Ilman hyväksyntää käyttö tapahtuu omalla vastuulla. Tämä koskee erityisesti tuotteiden käyttämistä muiden tuotteiden kanssa.

Uuden teknisen tietolehden ilmestyessä kaikki siihen asti julkaistut tekniset tietolehdet eivät ole enää päteviä. Uusin versio on saatavana Internetistä osoitteesta www.sto.com.

Sto Finexter Oy
Mestarintie 9
FIN - 01730 VANTAA
Puhelin: 0207 659 191
Faksi: 0207 659 192
E-mail: asiakaspalvelu@sto.com
www.sto.fi

Aalto-yliopiston ”Kiinteistön aurinkosähköjärjestelmän kannattavuuslaskuri” (versio 19.11.2015), laskurissa käytetty 12 snt/ kWh sähkönostohintaa.

Kiinteistön aurinkosähköjärjestelmän kannattavuuslaskuri (versio 19.11.2015)

Huomi! Voit ladata tämän laskentavälikon helposti excel-tiedostona klikkaamalla ”file” -> ”Download as” -> ”Download as excel”.

Asiakkas- ja kiinteistötiedot
 Kiinteistö osoite: _____
 Asioinnin alku: _____
 Asioinnin loppu: _____
 Asioinnin kesto: _____
 Asioinnin alku: _____
 Asioinnin loppu: _____
 Asioinnin kesto: _____
 Asioinnin alku: _____
 Asioinnin loppu: _____
 Asioinnin kesto: _____

Asiakkas- ja kiinteistötiedot
 Kiinteistö osoite: _____
 Asioinnin alku: _____
 Asioinnin loppu: _____
 Asioinnin kesto: _____
 Asioinnin alku: _____
 Asioinnin loppu: _____
 Asioinnin kesto: _____

Asiakkas- ja kiinteistötiedot
 Kiinteistö osoite: _____
 Asioinnin alku: _____
 Asioinnin loppu: _____
 Asioinnin kesto: _____
 Asioinnin alku: _____
 Asioinnin loppu: _____
 Asioinnin kesto: _____

Asiakkas- ja kiinteistötiedot
 Kiinteistö osoite: _____
 Asioinnin alku: _____
 Asioinnin loppu: _____
 Asioinnin kesto: _____
 Asioinnin alku: _____
 Asioinnin loppu: _____
 Asioinnin kesto: _____

Asiakkas- ja kiinteistötiedot
 Kiinteistö osoite: _____
 Asioinnin alku: _____
 Asioinnin loppu: _____
 Asioinnin kesto: _____
 Asioinnin alku: _____
 Asioinnin loppu: _____
 Asioinnin kesto: _____

Asiakkas- ja kiinteistötiedot
 Kiinteistö osoite: _____
 Asioinnin alku: _____
 Asioinnin loppu: _____
 Asioinnin kesto: _____
 Asioinnin alku: _____
 Asioinnin loppu: _____
 Asioinnin kesto: _____

Asiakkas- ja kiinteistötiedot
 Kiinteistö osoite: _____
 Asioinnin alku: _____
 Asioinnin loppu: _____
 Asioinnin kesto: _____
 Asioinnin alku: _____
 Asioinnin loppu: _____
 Asioinnin kesto: _____

Asiakkas- ja kiinteistötiedot
 Kiinteistö osoite: _____
 Asioinnin alku: _____
 Asioinnin loppu: _____
 Asioinnin kesto: _____
 Asioinnin alku: _____
 Asioinnin loppu: _____
 Asioinnin kesto: _____

Asiakkas- ja kiinteistötiedot
 Kiinteistö osoite: _____
 Asioinnin alku: _____
 Asioinnin loppu: _____
 Asioinnin kesto: _____
 Asioinnin alku: _____
 Asioinnin loppu: _____
 Asioinnin kesto: _____

Asiakkas- ja kiinteistötiedot
 Kiinteistö osoite: _____
 Asioinnin alku: _____
 Asioinnin loppu: _____
 Asioinnin kesto: _____
 Asioinnin alku: _____
 Asioinnin loppu: _____
 Asioinnin kesto: _____

Asiakkas- ja kiinteistötiedot
 Kiinteistö osoite: _____
 Asioinnin alku: _____
 Asioinnin loppu: _____
 Asioinnin kesto: _____
 Asioinnin alku: _____
 Asioinnin loppu: _____
 Asioinnin kesto: _____

Asiakkas- ja kiinteistötiedot
 Kiinteistö osoite: _____
 Asioinnin alku: _____
 Asioinnin loppu: _____
 Asioinnin kesto: _____
 Asioinnin alku: _____
 Asioinnin loppu: _____
 Asioinnin kesto: _____

Asiakkas- ja kiinteistötiedot
 Kiinteistö osoite: _____
 Asioinnin alku: _____
 Asioinnin loppu: _____
 Asioinnin kesto: _____
 Asioinnin alku: _____
 Asioinnin loppu: _____
 Asioinnin kesto: _____

Asiakkas- ja kiinteistötiedot
 Kiinteistö osoite: _____
 Asioinnin alku: _____
 Asioinnin loppu: _____
 Asioinnin kesto: _____
 Asioinnin alku: _____
 Asioinnin loppu: _____
 Asioinnin kesto: _____