



**SAVONIA**

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO  
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

# VIRRANNIEMEN TILAN ENERGIATARKASTELU JA UUSIUTUVAN ENERGIAN POTENTIAALIN SELVITYS

TEKIJÄ: Anna Husso

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma/Tutkinto-ohjelma Energiatekniikan tutkinto-ohjelma	
Työn tekijä(t) Anna Husso	
Työn nimi Virranniemen tilan energiatarkestelu ja uusiutuvan energian potentiaalin selvitys	
Päiväys	4.6.2019
Sivumäärä/Liitteet	22/1
Ohjaaja(t) Tania Pentinsaari, Ari Mikkonen	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Virranniemen tila	
<p>Tiivistelmä</p> <p>Opinnäytetyössä tarkasteltiin Iisalmessa sijaitsevan Virranniemen luomutilan päärakennuksen energiajärjestelmän tilanne ja niiden vaatimat korjaustoimenpiteet, sekä aurinkosähköjärjestelmän suunnitelma laskureiden avulla ja tarvittavan järjestelmän kustannusarvio. Opinnäytetyössä tarkasteltiin aurinkoenergian kustannustehokkuutta vaihtoehtona jakeluverkosta ostetun sähköenergian rinnalle. Työn tavoitteena oli laskennallisesti mitoitaa kohteeseen sopiva järjestelmä kiinteistön sähkökulutukseen ja kokoon nähden. Kohteen kulutustietojen ja käytettävissä olevan pinta-alan perusteella valittiin toimeksiantajan käyttöön mahdollisimman sopiva järjestelmä.</p> <p>Sekä aurinkojärjestelmien että ilmalämpöpumppujen tekniikan viimeaikainen kehitys on mahdollistanut järjestelmien hintojen alenemisen, jonka takia asennoituminen ja kiinnostus aurinkoenergiaa ja lämpöpumppuja kohtaan on kasvanut. Myös Suomen maantieteellisestä sijainnista ja sääolosuhteista huolimatta aurinkosähköjärjestelmä on hyvä vaihtoehto sähköverkon rinnalle, vaikka omakotitalon sähkön kokonaiskulutusta ei ole vielä mahdollista korvata aurinkoenergialla ympärivuotisesti.</p> <p>Teoreettinen viitekehys tähän työhön koostuu pääasiassa alan kirjallisuuslähteistä sekä eri laitevalmistajien tuotetietoihin perustuvista lähteistä. Kohteeseen liittyvät tiedot on kerätty haastattelemalla toimeksiantajaa sekä vieraillemalla kohteessa. Työssä perehdyttiin aurinkoenergiaan ja sen säteilystä saatavaan aurinkosähköön, ilmalämpöpumppuihin ja kohteen nykytilanteeseen, joka sisältää edellä mainitun lisäksi suoransähkölämmityksen ja puulämmityksen. Aurinkosähköjärjestelmien mitoituksessa käytettiin hyödyksi vapaasti käytettävissä olevia laskureita, kuten esimerkiksi Fortumin laskentaohjelmaa, kartoittamaan kohteeseen soveltuvaa aurinkosähköjärjestelmäratkaisua. Näiden tietojen pohjalta koottiin sovellettu ratkaisu, jonka kokonaishinta muodostui taloudellisesti edullisemmaksi vaihtoehdoksi. Opinnäytetyön tulosten on tarkoitettu edesauttaa toimeksiantajaa, jotta hän voi hyödyntää työn tuloksia laitevalintoihin, kun järjestelmän hankinta ja asennus on ajankohtaista.</p>	
Avainsanat Uusiutuva energia, aurinkoenergia, aurinkosähkö, ilmalämpöpumppu, suoransähkölämmitys.	

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Energy Engineering			
Author(s) Anna Husso			
Title of Thesis Energy Review of Virranniemi Farm and Study of the Potential of Renewable Energy			
Date	4 July 2019	Pages/Appendices	22/1
Supervisor(s) Tanja Pentinsaari, Ari Mikkonen			
Client Organisation /Partners Virranniemi farm			
<p><b>Abstract</b></p> <p>The aim of the thesis was to clarify the main building’s energy system situation and the need of repairs and to draw up a plan for a solar power system with appropriate counters and a total cost estimate of this system in Virranniemi organic farm in Iisalmi. In the thesis solar energy is considered as a cost-effective alternative to the use of energy bought from the main electricity grid. The main goal in this job was to computationally measure a suitable system to the client’s property in relation to energy usage and size of the property. Based on the information the best possible system is chosen for the commissioner.</p> <p>The latest technical development of solar systems and air source heat pumps has made it possible for prices to go down which has led to an increase in interest in solar energy and air source heat pumps. Also, despite Finland’s geographical location and weather, solar power system is a good alternative to use with the main electricity grid but the energy consumption of a detached house is too high to be fully replaced with solar power all year around.</p> <p>The Theoretical framework for this job mainly came from literature and the manufacturers product information. Information was collected by interviewing the client and by visiting the farm. The focus in the job was on solar energy and solar electricity which is obtained from the sun’s radiation, air source heat pumps and the current situation of the farm, which includes the earlier mentioned as well as direct electrical heating and wood heating. When dimensioning solar power systems various freely available solar system counters like Fortum’s solar system counter were used to find out the most suitable solar power system for the farm. Based on this information, an adapted solution was developed and assembled. It was the most economical option. The client can utilize the results and information of the thesis when investment and installation of a new system is timely.</p>			
<p><b>Keywords</b></p> <p>Renewable energy, solar energy, solar power, air source heat pump, direct electrical heating.</p>			

## SISÄLTÖ

1	JOHDANTO .....	5
2	UUSIUTUVAN ENERGIAN MUODOT.....	6
2.1	Aurinkoenergia.....	6
2.2	Lämpöpumput.....	9
3	KOHTEEN TAUSTATIEDOT .....	11
4	MITOITUS.....	14
4.1	Patterien mitoitus.....	14
4.2	Aurinkosähköjärjestelmän mitoitus.....	15
4.3	Luvat, hakemukset ja Standardit.....	20
5	TULOKSET .....	21
6	JOHTOPÄÄTÖKSET .....	22
	LÄHTEET .....	23

## 1 JOHDANTO

Uusiutuvan energian käyttö ja siihen liittyvät investoinnit ovat myös yksityishenkilöiden osalta kasvussa ilmastonmuutokseen havahtumisen seurauksena ja polttoaineiden hintojen nousun takia. Tietoisuus auringosta saatavasta energiasta kasvaa, sekä tekniikan viimeaikainen kehitys aurinkojärjestelmien ja ilmalämpöpumppujen osalta on mahdollistanut järjestelmien hintojen alenemisen, jonka takia asennoituminen ja kiinnostus aurinkoenergiaa ja lämpöpumppuja kohtaan on kasvanut. Myös Suomen maantieteellisestä sijainnista ja sääolosuhteista huolimatta aurinkosähköjärjestelmä on hyvä vaihtoehto sähköverkon rinnalle, kattamaan sähkönkulutusta kesäajan tarpeisiin. Ympäri vuotista kokonaissähkönkulutusta ei Suomen olosuhteissa ole mahdollista kattaa aurinkoenergialla.

Näin myös opinnäytetyön toimeksiantaja on halunnut selvittää Iisalmessa sijaitsevan Virranniemen luomutilan päärakennuksen energijärjestelmän tilan ja sen vaatimat korjaustoimenpiteet. Toimeksiantajan toiveesta perehdyttiin myös aurinkoenergiaan ja sen säteilystä saatavaan aurinkosähköön. Kohteessa on tällä hetkellä suoransähkölämmitys, kaksi ilmalämpöpumppua sekä kaksi tulisijaa.

Aurinkosähköjärjestelmän suunnitelma toteutettiin vapaasti käytettävien laskureiden avulla sekä siinä huomioitiin tarvittavan järjestelmän kustannusarvio. Opinnäytetyössä tarkastellaan toimeksiantajan toiveesta aurinkoenergian kustannustehokkuutta vaihtoehtona jakeluverkosta ostetun sähköenergian rinnalle, eteläpäätyyn suunnitellun terassin katolle. Työn tavoitteena on laskennallisesti mitoitaa kohteeseen sopiva järjestelmä kiinteistön sähkönkulutukseen kesäajalle ja talon suureen kokoon nähden. Kohteen kulutustietojen ja käytävissä olevan asennus pinta-alan perusteella valitaan toimeksiantajan käyttöön mahdollisimman sopiva järjestelmä laskureiden pohjalta. Opinnäytetyön tulosten on tarkoitus edesauttaa toimeksiantajaa, jotta hän voi hyödyntää työn tuloksia laitevalintoihin, kun järjestelmän hankinta ja asennus ovat ajankohtaista.

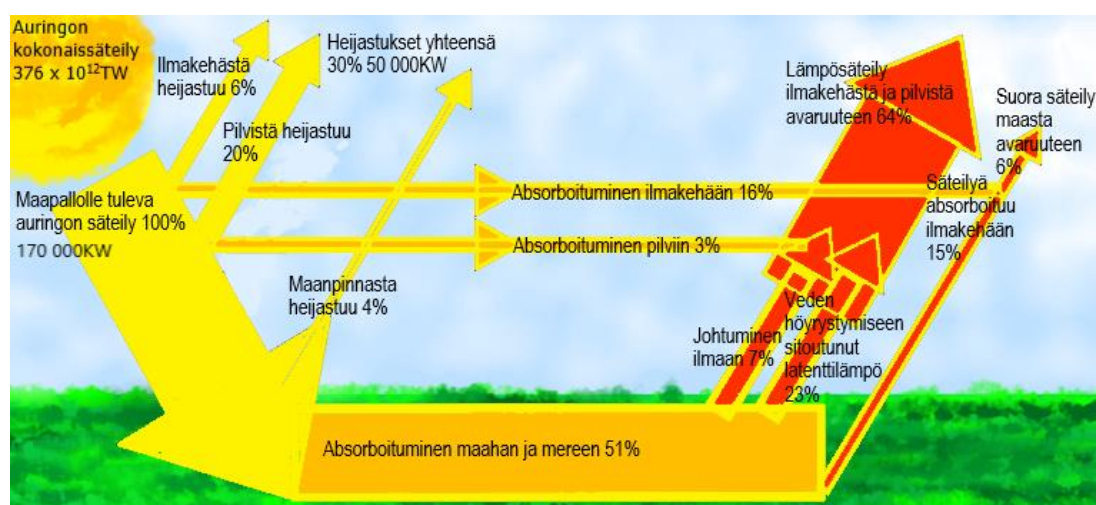
## 2 UUSIUTUVAN ENERGIAN MUODOT

### 2.1 Aurinkoenergia

Aurinkoenergian käyttö ei ole vain 2000-luvun ilmiö vaan sen juuret ulottuvat aina noin vuoteen 4000 eaa., kiviikaudella eläneisiin kiinalaisiin. Kiinalaiset huomioivat talonsa sijoittelussa tonteille ilmansuunnat niin, että talvilämmityksessä saatiin kaikki mahdollinen hyöty auringosta. Ikkunoiden sijoitteluun ja määrään kiinnitettiin huomiota, jotta kesäisin auringon ollessa korkealla talo ei lämmennyt liikaa ja asumismukavuus säilyi miellyttävänä. Samaa logiikkaa on käytetty myös rakentamisessa Suomessa 1900-luvun alussa, eli hyödynnettiin aurinkoenergiaa passiivisesti ilman lisälaitteita. (FINLUMO, 2016.)

Kaikki energia maapallolla perustuu aurinkoenergiaan, uusiutuvat energian lähteet kuten tuulienergia ja vesivoima ovat peräisin aurinkoenergiasta. Perinteisissä lämmitysjärjestelmissä käytettävät polttoaineet otetaan varastoista, jotka ovat latautuneet pitkässä biologisessa prosessissa aurinkoenergialla, ja fotosynteesin kautta muuttunut orgaaniseksi aineeksi kuten puu. Miljoonien vuosien aikana aurinkoenergian tuottamat kasvien jäänteet ovat tiivistyneet öljyksi, hiileksi ja maakaasuksi toisin kuin, aurinkolämmitysjärjestelmät, jotka keräävät aurinkoenergian suoraan talteen ja siirtävät tämän energian varastoon, josta se siirretään suoraan käyttökohteeseen, kuluttaen vähemmän. (Erkkilä, 2003.)

Auringonenergia on peräisin fuusioreaktiosta, joka tapahtuu auringon sisällä ja vaatii onnistuakseen korkean lämpötilan, joka on noin 10 miljoonaa astetta. Auringon pintalämpötila sitä vastoin on noin 5500 astetta celsiusta. Fuusioprosessissa kaksi vetyatomia ydintä yhtyy auringon ytimessä heliumatomiksi, siinä vapautuu 3761012,00 terawattia (TW) energiaa. Yhden heliumkilon muodostaminen vedystä fuusioprosessissa vapauttaa yhtä paljon energiaa kuin 27000 tonnia kivihiiiltä eli 180 miljoonaa kilowattituntia. (Tahkokorpi 2016, 11-12)



KUVA 1. Auringonsäteily ja maapallolle tuleva säteily määrä. (Husso 2019) (Alkuperäinen idea: Tahkokorpi 2016, 12)

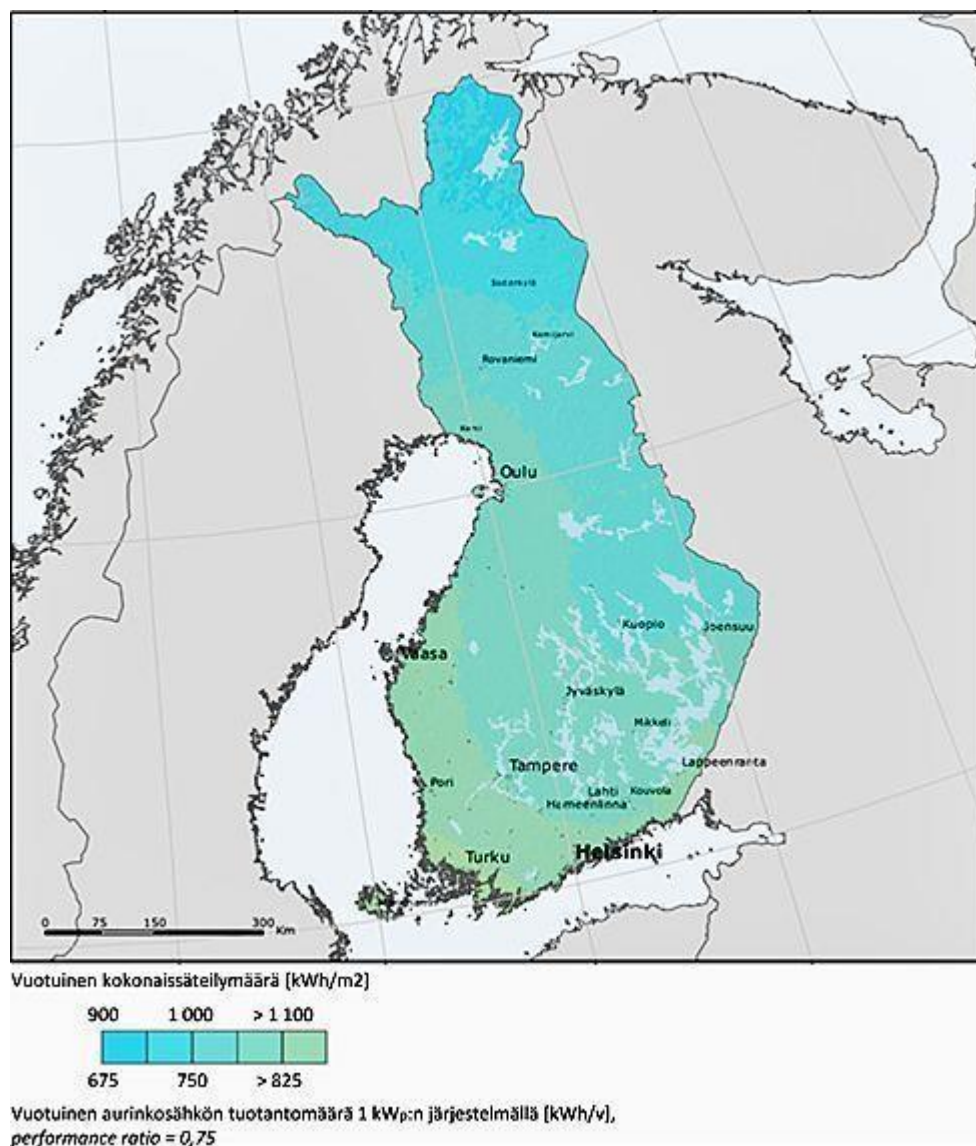
Aurinkosähkön tuotanto pohjautuu maahan tulevaan auringon säteilyenergian hyödyntämiseen eli insolaatioon, joka muodostuu fotoneista eli hiukkasista, jotka kuljettavat auringon säteilyenergiaa. Koskettaessaan aurinkokennoja fotonit luovuttavat energiansa kennojen materiaalin elektroneille. Nämä fotoneilta energiaa saaneet elektronit muodostavat sähkövirran aurinkokennojen virtajohtimiin. (Tahkokorpi 2016, 11-12)

Kennot yleensä valmistetaan yksi- tai monikiteisestä piistä, joka on maaperän toiseksi yleisin alkuaine. Myös muita materiaalivaihtoehtoja on kokeiltu ja joissain erikoistapauksissa käytettykin, mutta niistä merkittävimmät ovat CdTe materiaaliyhdistelmään perustuvat ohutkalvokennot.

Aurinkopaneelit koostuvat sarjaan tai rinnan kytketyistä aurinkokennoista, jotka koteloidaan paneelikehyksen avulla siten, että kennon eteen sijoitetaan auringonsäteilyä läpäisevä suojalasi. Aurinkopaneeleita on saatavilla useaa eri kokoa ja moniin käyttötarkoituksiin. Verkkoon kytketyissä järjestelmissä aurinkokennoista muodostetaan yleensä 200-330 watin nimellistehoinen paneeli. Usein aurinkosähköjärjestelmät muodostuvat kahdesta tai kolmesta pääosasta, jotka ovat varsinaisten aurinkopaneelien lisäksi invertteri, joka muuttaa aurinkosähköjärjestelmän tuottaman tasavirran vaihtovirraksi ja verkkoon kytkemättömissä järjestelmissä akusto sähkövarastointia varten. (Tahkokorpi 2016, 136-137)

Invertteri eli vaihtosuuntaajaa voi olla joko 1- tai 3-vaiheinen. Normaalisti kolmivaiheinvertterillä saadaan paras hyöty omakotitalokäytössä, sillä se muuntaa aurinkopaneelien tuottaman tasavirran 230 voltin vaihtovirraksi, joka soveltuu kiinteistön sähköverkon sekä jakeluverkon vaatimuksiin sellaisenaan. (Perälä 2017, 75,77-78)

Hajasäteilyn osuus Suomessa on merkittävä, sillä Etelä-Suomessa noin puolet vuoden säteilystä on hajasäteilyä, eli aurinko paistaa pääasiassa pilven takaa. Tätä säteilyä monikidepaneeli hyödyntää yksikidepaneelia paremmin. Hajasäteilyn iso osuus kokonaissäteilystä Suomessa saa aikaan sen, että keskittävät aurinkosähköjärjestelmät sekä auringon mukana liikkuvat (tracking) järjestelmät eivät ole vallitsevan käsityksen mukaan taloudellisesti kannattava ratkaisu, sillä ne perustuvat pääasiassa tehokkaaseen suoran säteilyn hyödyntämiseen. Aurinkopaneelien sijoittelu ja kallistuskulma vaikuttavat niille tulevan kokonaissäteilyn määrään ja on näin ollen oleellisempi kuin keskittävä tai liikkuva paneelijärjestelmä. Esimerkiksi lumesta, hohtavista kattopinnoista ja vedestä heijastuva säteily voi kasvattaa kallistetuille paneeleille saapuvaa kokonaissäteilyä tilapäisesti jopa yli 20 prosenttia. Vuositasolla pinnoilta heijastuvan säteilyn osuus kokonaissäteilystä on kuitenkin tavallisesti muutaman prosentin luokkaa. Paneelien suositeltu kallistus kulma kesällä on normaalisti 30-45 asteen ja muina vuoden aikoina 60-90 asteen paikkeilla. (MOTIVA 2018)



KUVA 2. Vuotuinen kokonaissäteily määrä (Motiva)

Vuonna 1956 tuli myyntiin aurinkopaneeli suurelle yleisölle, jonka hinta oli 300 dollaria per watti. Maailmantalouteen iski öljykriisi 1970-luvulla, jonka takia monien valtioiden oli pakko panostaa uusiutuviin energiamuotoihin. Samaan aikaan aurinkopaneelien valmistustekniikat olivat kehittyneet jo merkittävästi, jolloin ainoa este todelliselle läpimurrolle oli enää niiden korkea hinta. 1990-luvulle tultaessa hintojen laskusta alettiin saada ensimmäisiä merkkejä ja valtiot alkoivat suunnitella erilaisia tukimuotoja uusiutuvien energiamuotojen hyödyntämiseksi, edelläkävijöinä saksalaiset ja espanjalaiset. Vuonna 2010 hinnat romahtivat materiaalien halpenemisen myötä. Vuonna 2011 ja 2012 uudesta sähköntuotantokapasiteetista oli puolet aurinkosähköä ja vuonna 2015 verkkoon kytketyn aurinkosähkön määrä Suomessa tuplaantui vuoteen 2014 verrattuna.

Suomessa aurinkosähkön käyttö on alkanut kesämökeiltä, joissa sähköverkkoon liittyminen on joko hinnan tai tontin sijainnin takia ollut mahdotonta. Vuonna 2016 tällaisia verkkoon kytkemättömiä kesämökkikohteita on arviolta vajaa 90 000. Tällainen ratkaisu on edelleen täysin toimiva ja varteenotettava vaihtoehto ja tekniikan kehittyessä koko ajan varmasti säilyykin hyvin pitkään suosittuna varsinkin pelkässä kesäkäytössä olevissa mökeissä ja piharakennuksissa. (FINLUMO, 2016.)



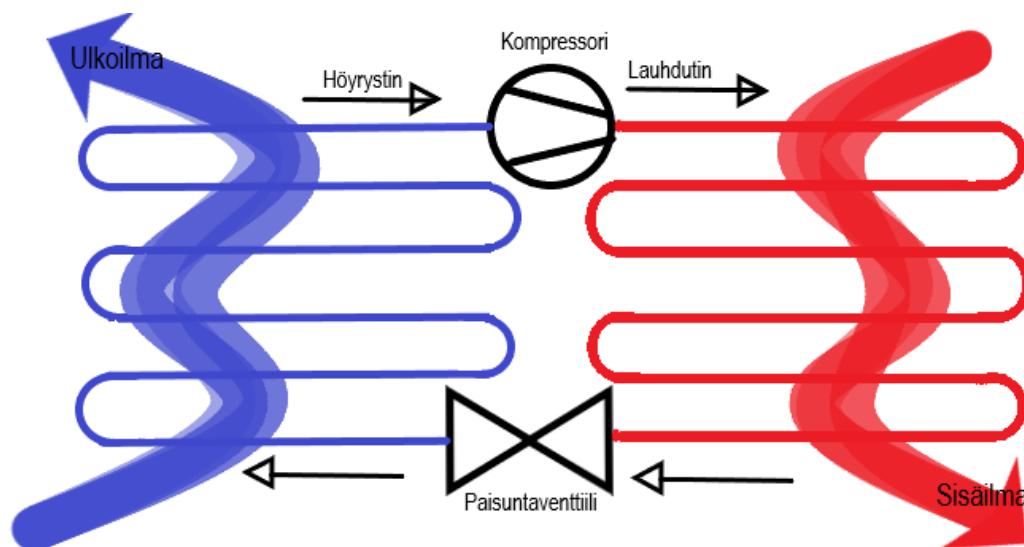
## 2.2 Lämpöpumput

Kovaa vauhtia yleistyvien lämpöpumppujen toiminta perustuu ranskalaisen fyysikon Sadi Carnot'n vuonna 1824 esittelemään termodynaamiseen kiertoprosessiin. Vain joitain vuosia myöhemmin lordi Kelvininä tunnettu englantilainen fyysikko William Thomson esitteli tähän prosessiin perustuvan lämpöpumpun, jossa kylmäaineena käytettiin eetteriä, joka on helposti syttyvää. Tämän jälkeen kylmäaineena käytettiin erilaisia hiilivetyjä, kuten etaania, etyylikloridia ja metyylikloridia. Näiden jälkeen tärkeimmiksi kylmäaineiksi nousi ammoniakki, jolla on hyvät kylmäaineominaisuudet, mutta on myrkyllinen ja herkästi syttyvä. 1920-luvulla ensimmäiset lämpöpumput asennettiin rakennuksiin ja laajempaa käyttöä lämpöpumpuille löytyi ensimmäisen kerran Sveitsissä toisen maailmansodan aikaan, jolloin se kärsi hiilipulasta. Sodan jälkeen lämpöpumput kuitenkin jälleen unohtuivat ja niistä kiinnostuttiin uudelleen vasta öljykriisin aikana vuosina 1979-1980, kuten muistakin uusiutuvan energian vaihtoehtoista. Kiinnostus lopahti silloinkin öljyn hinnan laskettua ja on herännyt uudestaan vasta 2000-luvulla öljyn ja muidenkin energiamuotojen hintojen lähdettyä voimakkaaseen nousuun. (Perälä ja Perälä 2013, 27)

Suomessa lämpöpumppujen suosio on jatkuvasti noussut. Tammikuussa 2019 Talouselämä uutisoi "Noin 75 000 asennettuun lämpöpumppuun investoitiin vuonna 2018 yli puoli miljardia euroa. Suomeen on myyty jo 900 000 lämpöpumppua." (Talouselämä, 22.1.2019) Tämä tarkoittaa, että jo 15 prosenttia Suomen asunto- ja palvelurakennuskannan lämmityksestä tapahtuu lämpöpumppujen avulla. Lämpöpumppujen kannattavuus on innostanut yksityishenkilöitä investoimaan eri pumpputyyppeihin, mutta myös vuoden 2018 hellekesä on kiihdyttänyt pumppuihin investointi tahtia. Eri pumpputyyppejä ovat poistoilmalämpöpumppu, ilmavesilämpöpumppu, maalämpöpumppu ja ilmalämpöpumppu, jota kutsutaan myös ilma-ilmalämpöpumpuksi. (Talouselämä, 2019)

Tässä osiossa keskityn vain ilmalämpöpumppuun, sillä Virranniemen tilalle ei ole järkevää harkita maalämpöpumppua tai ilmavesilämpöpumppua, sillä kohteessa ei ole olemassa olevaa vesikiertoa. Myös poistoilmalämpöpumppu ei sovi kohteeseen, sillä vanhaan taloon sen investointi kulut kohoaisivat korkeiksi, energian säästö jäisi pieneksi ja näin olleen takaisin maksuaika venyisi turhan pitkäksi.

Ilmalämpöpumpun toimintaperiaate perustuu ilmassa olevaan energiaan, jota on myös kylmässä ilmassa. Sillä siirretään lämpöä ulko- ja sisäyksikön avulla, sisätilan lämpötilaa säädellään siirtämällä lämpöä ulkoa sisälle ja tarvittaessa toisinpäin sisäilman jäähdyttämiseksi. Tärkeimmät osat ovat höyrystin, kompressori, lauhdutin, paisuntaventtiili, ulko- ja sisäyksikön ohjauselektronikka.



KUVA 3. Lämpöpumpun toimintaperiaate. (Husso 2019)

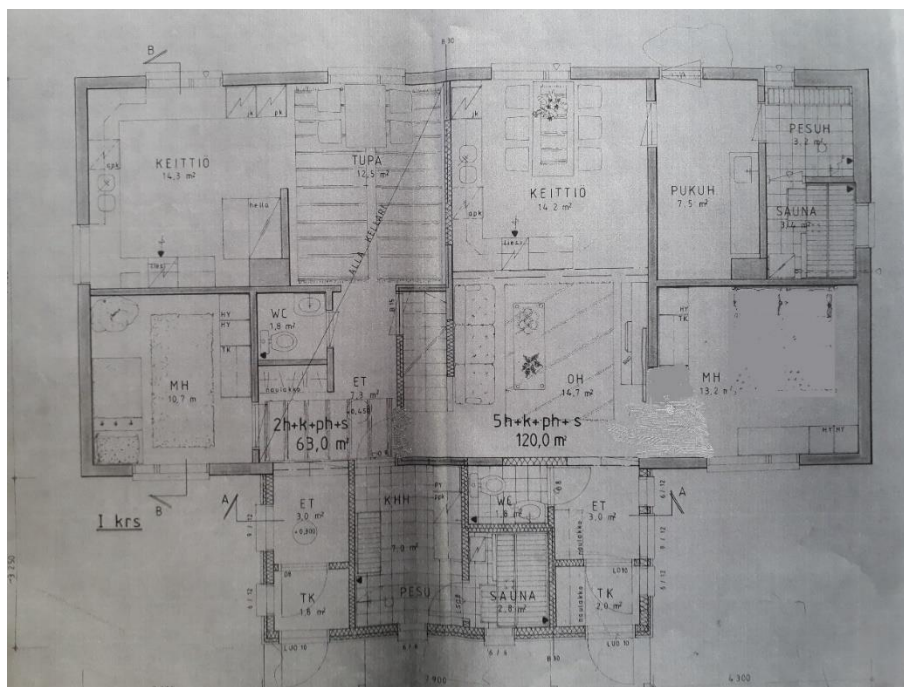
Ilmalämpöpumpulla lämpöä voidaan siirtää ulkoilmasta sisäilmaan huomattavasti edullisemmin kuin tavanomaisella sähkölämmityksellä. Tässä prosessissa käytetään kylmäainetta, joka kiertää jatkuvasti lämpöpumpussa ja siirtää lämmön mukanaan kylmästä ulkoilmasta sisätiloihin. Kylmäkoneista, jääkaapeista ja pakastimista saatu nimitys kylmäaine on harhaan johtava, sillä aine kuljettaa lämpöä sisälle rakennukseen. Kylmäaine kerää itseensä höyrystimen alhaisessa paineessa lämpöä, kaasuntuen samalla. Seuraavaksi kompressorin kova paine puristaa kylmäainetta, jolloin se kuumenee lähes sataasteiseksi. Kuuma paineen alainen kylmäaine siirtyy sisätiloissa olevaan lauhduttimeen, jossa kylmäaine luovuttaa ulkoa keräämänsä lämpöenergian sisätiloihin. Kylmäaine jäähtyy ja tiivistyy takaisin nesteeksi, nestemäinen kylmäaine purkautuu paisuntaventtiiliin, jonka kautta se siirtyy takaisin höyrystimeen. Samalla kylmäaineen paine alenee ja sen lämpötila jäähtyy alle miinus kaksikymmentä asteiseksi. Höyrystimeen siirtynyt kylmäaine aloittaa lämmön keräämisen alusta ja kierto jatkuu. (Perälä ja Perälä 2013)

Lämpöpumpun toiminnan mahdollistaa kylmäaine, joka pystyy keräämään lämpöä ympäristöstään ja höyrystymään alhaisessa lämpötilassa, jos sen paine on alhainen, ja toisaalta luovuttaa lämpönsä ja tiivistyy korkeassa lämpötilassa lauhduttimessa, jos sen paine on korkea. Kylmäaineiden kehittyminen on ehto lämpöpumpuille, ja ne ovatkin viime aikoina kehittyneet nopeaa tahtia. Sekä CFC-yhdisteet että HCFC-yhdisteet on kielletty haitallisina kasviuonekaasuina. Nykyisin käytettävät kylmäaineet ovat HFC-yhdisteitä, jotka ovat synteettisiä fluorihilivetyjä. HFC-yhdisteidenkin tulevaisuus on epävarmaa, sillä ne ovat kasviuonekaasuja, vaikka eivät edellisten tavoin vahingoita ilmakehän otsonikerrosta. Ilmalämpöpumpuissa käytettyinä nämä yhdisteet eivät lisää ilmastonmuutosta, sillä oikein käytettynä ne eivät pääse ilmakehään, jolloin ilmalämpöpumpun ilmasto hyödyt ovat merkittäviä. Esimerkkejä tulevista luonnon omista kylmäaineista ovat hiilidioksidi ja propaani. (Perälä ja Perälä 2013)

COP (Coefficient Of Performance) on lämpökerroin, joka kertoo kuinka moninkertaisen määrän lämpöenergiaa lämpöpumppu luovuttaa rakennukseen itse kuluttamaansa energiaan verrattuna. Esimerkiksi lämpökertoimen arvolla COP on 3 pumppu luovuttaa jokaista sähköverkosta käyttämänsä kilowattitunnin lisäksi tiloihin kaksi ylimääräistä kilowattituntia lämpöä. (Perälä ja Perälä 2013, 13)

### 3 KOHTEEN TAUSTATIEDOT

Virranniemen tilan ostivat Heikki ja Reittu vuonna 1909 ja ensimmäinen talo rakennettiin 1915. Sieltä asti Hussot ovat viljelleet Virranniemen tilan peltoja. Nykyinen isäntä osti tilan vanhemmiltaan vuonna 1984, viljelys ja karjankasvatus tarkoitukseen. Vuonna 1998 hän lopetti karjan kasvatuksen ja siirtyi luomuviljelyyn.

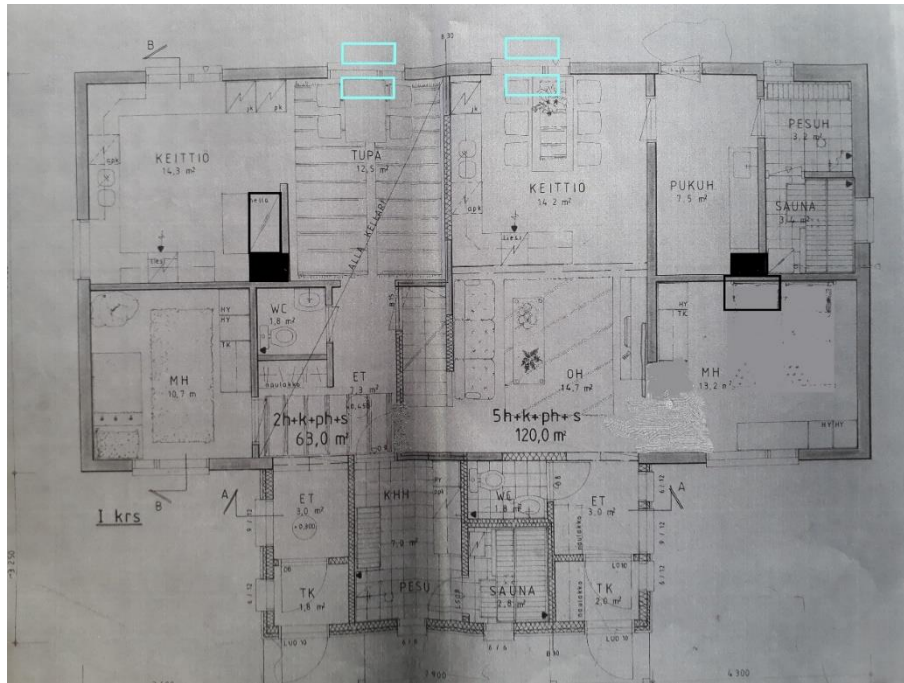


KUVA 4. Virranniemen tilan päärakennuksen pohjapiirustus väliseinän poistamisen jälkeen.

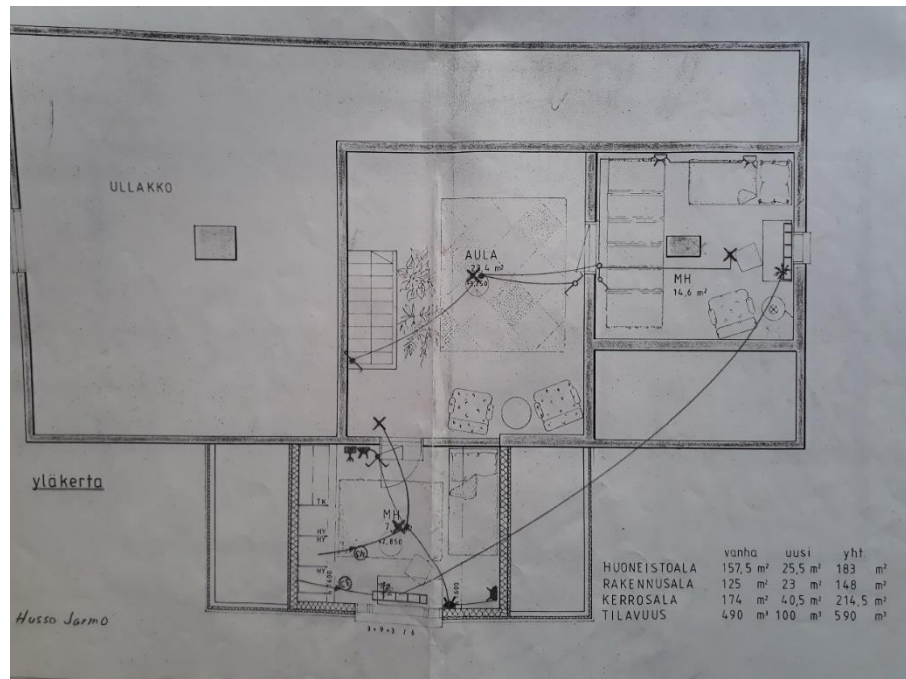
Päärakennus on rakennettu vuonna 1961 entisen paikalle, 1985 on rakennettu nykyiset eteläpään saunatilat ja takkahuone, myös hellaleivinuuni on muurattu vuonna 1985 ja se sijaitsee talon pohjoispäässä. 1992 talo on peruskorjattu ja rakennettu toiset saunatilat, nykyiset eteiset, yläkerran makuuhuoneet ja muurattu eteläpäätyyn takka ja jaettu talo paritalon malliin. Asuin pinta-alaa on noin 230 m<sup>2</sup>.

Vuonna 2016 väliseinä avattiin, jolloin talosta tuli taas yksi yhtenäinen asunto. Päärakennuksessa on tällä hetkellä käytössä kaksi ilmalämpöpumppua, kaksi tulisijaa ja sähköpatterit, joista osan tiedetään olevan vikaantuneita. Vuonna 2009 asennettiin ilmalämpöpumput molemmille puoliskoille ja omatoimisine huoltotoimenpiteinä sen sisäyksikön karkeasuodattimen puhdistus ja ulkoyksikön puhtaanapito on tehty ohjeiden mukaisesti. 2017 valtuutettu huoltaja on käynyt tekemässä niille kokonaisvaltaisen huollon, joka sisältää muun muassa lamellien puhdistuksen. Pumppujen sijainti on hyvä sillä ne puhaltaavat laajalle alalle eivätkä ole makuuhuoneiden vieressä. Patterit ovat peräisin vuosilta 1985 ja vuosilta 1992, niitä on peräti 13. Sähköä kuluu vuodessa noin 20000 kWh ja puita 15 irtokuutiometriä, joista noin 90% koivua. (9 pinokuutiometriä, 6 kiintokuutiometriä/mottia. kuutiometri = m<sup>3</sup>)

Eristemateriaalina talossa on käytetty vanhemmissa osissa purua ja villa, uudemmissa osissa taloa villaa. Ikkunat ovat kultakin rakennusvuodelta eli 1985-1992, mutta ne on tiivistetty tarpeen vaatiessa. Kattoremontti on toteutettu vuonna 2005 ja sen eristeissä on käytetty purua ja villaa. Ulko- ovet on uusittu vuonna 2017. Vesiputket ovat vuodelta 1992, käyttövesivaraaja on uusittu vuonna 2002 ja se on 300 litraa, vedenkulutus on 21 kuutiota 3 kuukaudessa eli 84 kuutiota vuodessa kunnan vettä.



KUVA 5. Virranniemen päärakennuksen pohjapiirros, hormit kokomustalla korostuksella, takka ja leivinuuni mustilla reuna korostuksilla ja ilmalämpöpumput sinisillä korostuksilla.



KUVA 6. Virranniemen päärakennuksen yläkerran pohjapiirros.

ERITTELYT					
Malli	Sisäyksikkö	MSZ-FD25VA		MSZ-FD25VA	
	Ulkoyksikkö	MUZ-FD25VA		MUZ-FD25VABH	
Toiminto		Jäähdytys	Lämmitys	Jäähdytys	Lämmitys
Vaihe/Taajuus, jännite		~/N, 230 V, 50Hz			
Kapasiteetti, nimellisteho kW		2,5	3,2	2,5	3,2
Ottoteho kW		0,485	0,610	0,485	0,600
Paino	Sisäyksikkö kg	12			
	Ulkoyksikkö kg	36			
Kylmäainemäärä kg		1,15			
IP koodi	Sisäyksikkö	IP 20			
	Ulkoyksikkö	IP 24			
	LP ps MPa	1,64			
	LP ps MPa	4,15			
Äänitaso	Sisäyksikkö Teho/suuri/keski/pieni dB(A)	42/36/29/20	43/36/29/20	42/36/29/20	42/36/29/20
	Ulkoyksikkö dB(A)	46			

KUVA 7. Kohteen ilmalämpöpumpun tekniset tiedot.

**Huomautus:** Mitoitusolosuhteet

- Jäähdytys: sisälämpötila 27 °C ja suhteellinen kosteus 45 %, ulkolämpötila 35 °C.
- Lämmitys: sisälämpötila 20 °C, ulkolämpötila 7 °C ja suhteellinen kosteus 80 %.

Taattu toiminta-alue

		Sisäyksikkö	Ulkoyksikkö MUZ-FD25/35/50VABH
Jäähdytys	Ylin arvo	32 °C DB	46 °C DB
	Alin arvo	21 °C DB	-10 °C DB
Lämmitys	Ylin arvo	27 °C DB	24 °C DB
	Alin arvo	16 °C DB	-25 °C DB

°CDB = Kuivan lämpömittarin lämpötila

KUVA 8. Kohteen ilmalämpöpumpun lämpöarvot.

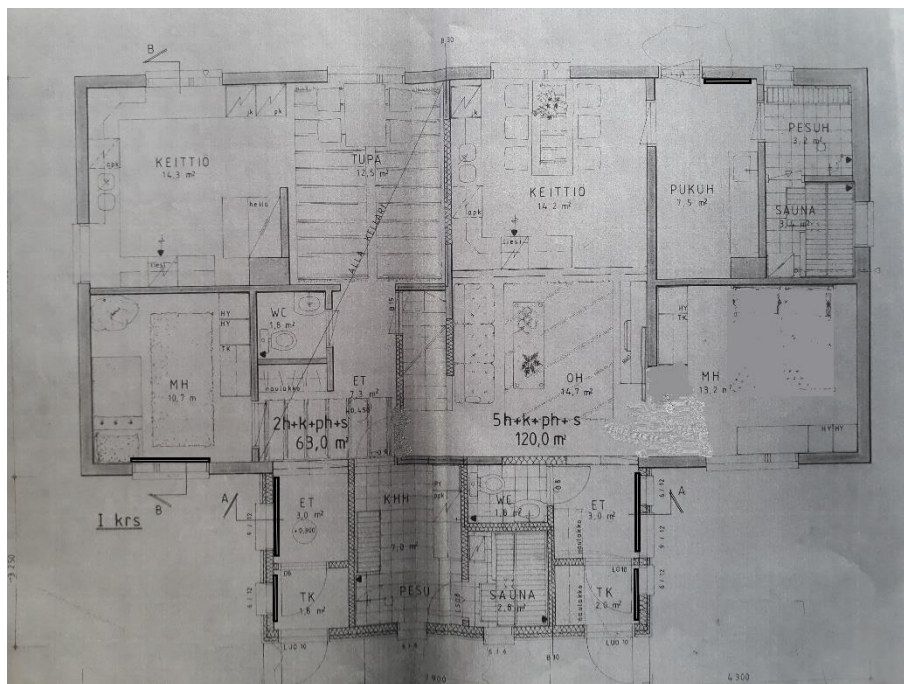


KUVA 9. Virranniemen kaavoituskuva.

## 4 MITOITUS

### 4.1 Patterien mitoitus

Kohteen sähköpattereiden toiminnassa on todettu ongelmia. Tarkastelun jälkeen kohteeseen on päätetty uusia pakollisina pattereina tuulikaappien, eteisten, pukuhuoneen, pohjoispäädyn makuuhuoneen ja yläkerran ikkunoiden alla olevat patterit. Näihin tiloihin eivät ilmalämpöpumput saa liikutettua takan ja hellaleivinuunin lämpöä ja pakkasilla ne viilenevät radikaalisti, koska patterit eivät toimi. Hinta-arvio uusille pattereille on seuraava: neljä pientä 400 W adax patteria maksaa 480 €, eli kappalehinnaltaan ne ovat SLO:n verkkokaupassa 120 €. Neljä isoa (1400 W) maksavat 652 €, jolloin kappalehinta on 163 €. Pattereiden valintaan vaikutti niiden koko, pienet 370x480 ja isot 370x1050, myös niiden miellyttävä ulkonäkö tuki päätöstä.



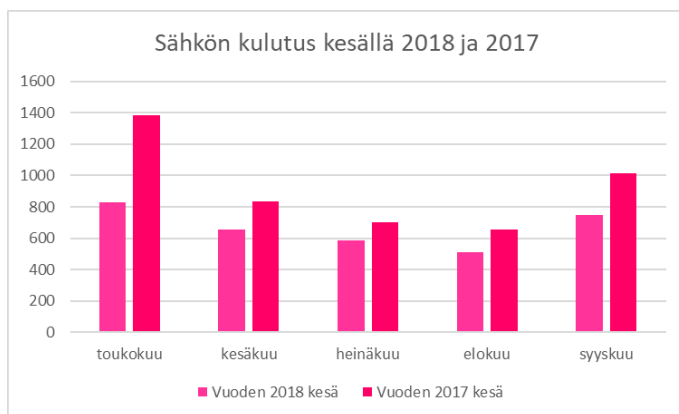
KUVA 10. Alakerran pohjapiirros, johon merkitty alakertaan pakolliset uusittavat patterit.

#### 4.2 Aurinkosähköjärjestelmän mitoitus



KUVA 11. Kohteen kaavakuva, lisätty olemassa oleva ja suunnitellut terassit.

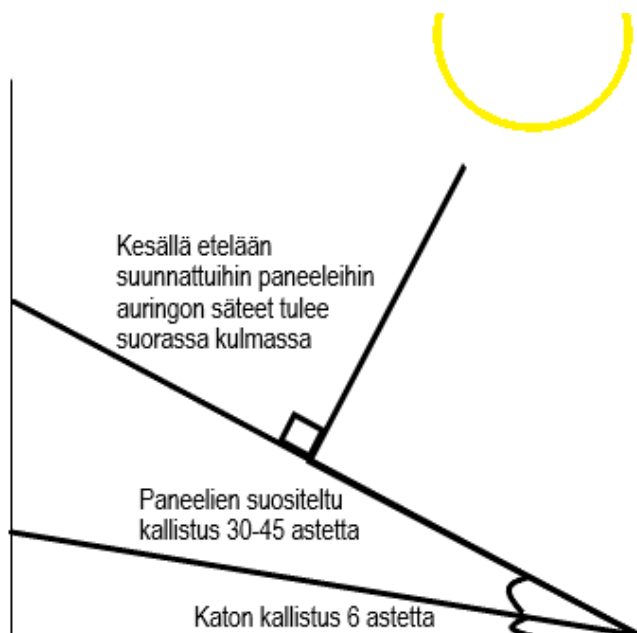
Aurinkosähköjärjestelmän mitoituksessa usein lähtökohtana pidetään sitä, että tuotosta mahdollisimman suuri osa pystytään hyödyntämään omassa kulutuksessa ja kokonaistuotantoon verrattuna sähköverkkoon myytävä osa jää pieneksi. Useimmiten tällä tavoin saadaan paras taloudellinen lopputulos. Mitoituksen voi ratkaista myös käytettävän asennus pinta-alan suuruus tai ulkonäkökysymykset, joista pinta-ala kysymys osoittautui tässä kohteessa ratkaisevaksi.



KUVIO 1. Kohteen sähkön kulutus kesällä 2018 ja 2017

Kohteessa sähkön kulutus on noin 20000 kWh vuodessa ja kesäajan kulutus touko-syyskuussa on keskimäärin kuukaudessa noin 800 kWh. Kohteen katto pinta-alasta suurin osa ei ole etelään päin ja sivu lape, joka on etelään päin jää varjoon aamupäivän ajaksi. Näin ollen talon oma katto ei ole paneeleille sopivin vaihtoehto. Vanhan navetan katto taasen olisi etelään päin, mutta välimatka joko kasvattaa häviötä tai, suuremmalla kaapelilla, hintaa kaapelin ja kaapelin maahan kaivamisen osalta.

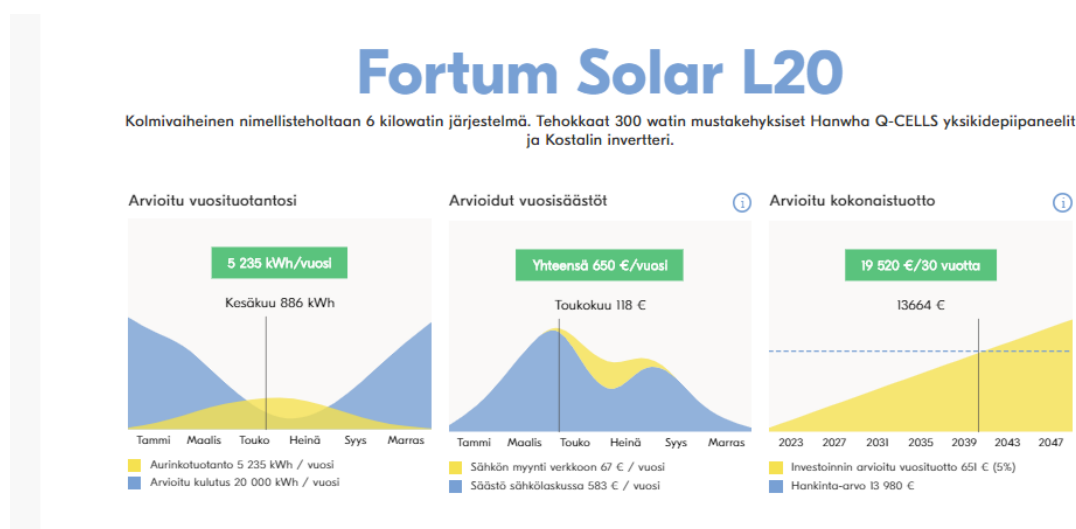
Kohteeseen on suunnitteilla terassilaajennus (ks. kuva 11), kuvassa olevat piirrokset eivät ole mittakaavassa ja ovat vain havainnollistavia. Etupuolella oleva terassi on olemassa oleva, tällä hetkellä valokatteella katettu. Myös takapuolella oleva terassi on olemassa, joskin pieni ja huonokuntoinen. Kuvassa näkyvä kolmionurkka osuus on tarkoitus toteuttaa kattamattomana, mutta etelä päähän suunniteltu 2 m leveä ja 7,9 m pitkä terassiosuus on suunniteltu peltikatolle, sillä etupuolella oleva valokate on todettu epäkäytännölliseksi ja kuumaksi. Terassin korkeus on noin 2,5 m ja katon kallistus kulma on 6 astetta. Näin ollen katon pinta-ala alkuperäisen suunnitelman mukaan olisi 15,8 m<sup>2</sup>, jonka lisäksi talon yli menevän taiteosan pinta-ala olisi 5 m<sup>2</sup>. Paneelien asennus terassin katolle on myös varma tapa välttää minkään tasoinen vesivahinko.





KUVA 12. Havainnollistava kuva kohteeseen suunnitellun terassin katon kulmasta, paneelien kulmasta ja auringon säteilyn kulmasta kesä aikaan. (Husso 2019)

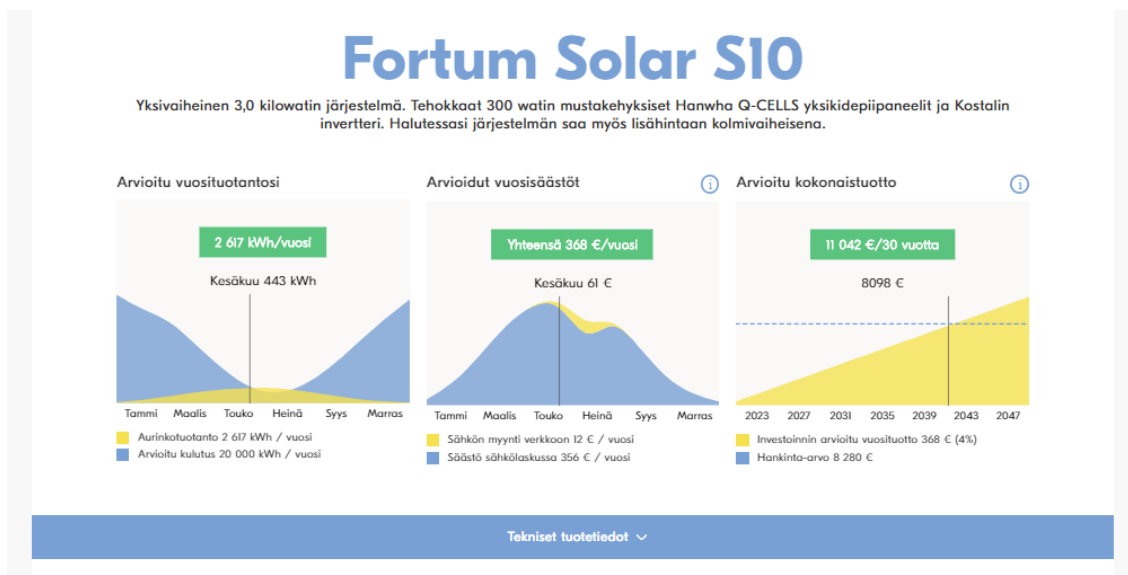
Mitoitus aloitettiin vapaasti käytettävillä laskureilla, joita olivat esimerkiksi Fortumin aurinkolaskuri ja Solar Arena laskuri, jotka osoitteen tai muun sijainnin perusteella tekevät alkuarvion. Fortumin laskuriin syötettiin kohteen kulutustietojen lisäksi asumismuoto, kerroskorkeus ja päälämmitysmuoto, paneelien asennukselle mahdollinen katto pinta-ala, sekä sen materiaali, kaltevuus ja ilmansuunta. Suuren kulutuksen takia Fortumin laskuri tarjoaa aurinkopakettia L, joka sisältää 20 Hanwha Q-CELLS Q.PEAK-G4.1 300 paneelia. Hinnaksi L-koon paketille muodostuu noin 14 000 euro, joka on toimeksi-antajalle hinnaltaan liian korkea, sekä noin 30m<sup>2</sup> pinta-alaltaan kohteeseen liian suuri.



KUVA 13. Fortumin Solar L20 paketti.

Kuten kuvasta 13. näkyy Fortumin L-koon paketti myös ylittää kohteeseen arvioidun kesäajan kulutuksen reilusti ja näin ollen ei ole paras mahdollinen investointi.

Fortumilla on kuitenkin tarjottavana myös S-koon paketti, joka sekä kokonsa että tuottonsa puolesta vastaa kohteen vaatimuksia paremmin.



KUVA 14. Fortumin Solat S10 paketti.

Kuten kuvasta 14. näkee S-koon paketin tuotto arviot asettuvat lähemmäs kulutusarvioita. S-koon paketin paneelit ovat 300 wattisia Hanwha Q-CELLS yksikidepiipaneeleita, joita paketissa on 10 kappaletta ja jotka sinänsä vaikuttavat kohteeseen sopiville. Vain pinta-ala muodostui ongelmaksi, sillä pieninkin, kymmenen paneelin paketti vaatii pinta-alakseen noin 16 m<sup>2</sup> ja suurin noin 33 m<sup>2</sup>. Vaihtoehtoja on kaksi, joko laittaa vähemmän paneeleja tai laajentaa terassia. Terassin arvioitu hinta on noin 5000 euroa ja puolen metrin levennys maksaisi noin 300 euroa lisää, joka ei sinänsä useamman tonnin aurinkopaneeli investoinnissa ole suurikaan lisä. Puolen metrin laajennuksella pinta-ala olisi 19,75 m<sup>2</sup>, jonka lisäksi taite osan pinta-alaksi tulisi 7,5 m<sup>2</sup>, jolloin kokonaispinta-alaksi 27,25 m<sup>2</sup>.



KUVA 15. Kaavoitus kuva korjatulla terassin mitoituksella.

Esimerkiksi Fortumin aurinkopaneelilaskurista löytyy Solar s10, jonka hinnaksi muodostuu 9190 euroa. Hinta sisältää muun muassa yksivaiheinen 3,0 kilowatin järjestelmä, jonka tehokkaat 300 watin

Hanwha Q-CELLS yksikidepiipaneelit ja Kostalin invertteri, asennuksen. Lisäksi 1390 euron lisämaksulla tähän pakettiin saa telineet ja korkeita kohteita varten nosturin. Myös kolmivaiheinventeri kuuluu lisämaksun piiriin mutta sen hintaa ei sivulla kerrota.

Vattenfallilta löytyy myös paneelipaketti, joka sisältää kymmenen yksikide PERC paneelia ja järjestelmän teho on 3 kWp. Tästä järjestelmästä ei mainita sen viemää pinta-alaa, mutta teknisistä tiedoista löytyvien paneelien kokojen perusteella sen koko olisi noin 16,7 m<sup>2</sup>. Paketin hinnaksi muodostuu avaimet käteen asennuksineen ja takuineen 6 950 euroa, johon ei telineitä kuulu.

Paneelien suositellut kallistuskulmat kesällä normaalisti on 45 astetta muina vuoden aikoina 60 asteen paikkeilla, koska terassin katto tulee olemaan kuuden asteen kallistuskulmassa, telineet ovat kohteeseen välttämättömät. Paneelien kulmaa voi hallita erilaisilla telineillä, joita löytyy laidasta laitaan sekä hinta tasoltaan, että kulmaltaan, myös säädettävällä kulmalla. Telineiden hinnat pyörivät viidestäkymmenestä sataan viiteenkymmeneen euroon asti kappaleelta.

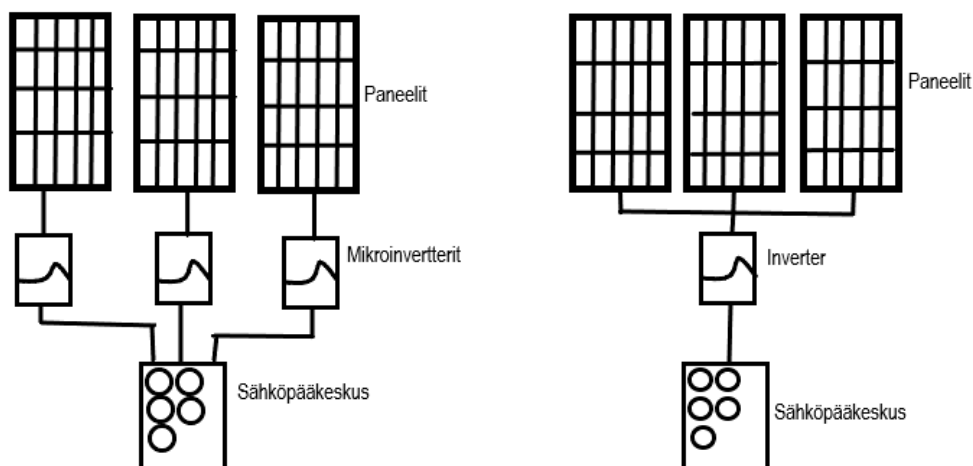
Aurinkosähköjärjestelmä Hanover Solar/Steca teholla 3,3 kWp, arvioitu vuosituotto 2600 kWh, 12 kpl Hanover Solar 275 Wp -monikidepaneeleita (3300 Wp), Katon suuntaiset alumiinitelineet, paneelien asennus pystyyn vierekkäin 2 x 6kpl, STECA 3203 3-vaiheinvertteri, 50 m kaapelia, DC -liittimet, varoitustarrat. Tämän paketin hinnaksi ilman asennusta muodostuu 4090 euroa.

Kohteeseen on mahdollista ottaa paneelipaketti tai kerätä yksittäiset kohteeseen sopivat tuotteet, joka ei sisällä asennusta, sillä toimeksiantajan lähipiiristä löytyy ammattitaitoa paneelien asennusta varten.

Paketti	Paneeli	Kpl	Paneelin teho	Hinta alkaen	Asennus hinnassa
Fortum Solar s10	Hanwha Q-CELLS	10	300	9190	on
Vattenfall M	JKM300M-60B	10	300	6 950	on
Hanover Solar	Hanover Solar/Steca	12	275	4090	ei

#### TAULUKKO 1. Paneeli pakettien hintavertailu.

Paneeleiden hintoja vertaillen kannattaa aina laskea, kuinka monta euroa mikäkin paneeli maksaa wattia kohden. Jakamalla paneelin hinta nimellisteholla saadaan paneelin hinta €/W muodossa. Tämä helpottaa paneelien hintojen vertailua, montako euroa milläkin paneelimallilla tulisi mitoitettun tehomäärän täyttäminen maksamaan. Esimerkiksi PERC-valmistusteknologialla tehty HIPRO TP660M 300 W aurinkopaneeli mustalla kehyksellä maksaa 155 euroa paneelilta, jolloin sen hinta wattia kohden on 0,517 €/W. Kymmenen kappaletta näitä paneeleja maksaa 1550 euroa ja vaikuttaa tämän hetkisen suomenkielisen nettikaupan parhaalle vaihtoehdolle kohteeseen. Näiden paneelien rinnalle harkitaan mikroinverttereitä, joiden hyviä puolia on jännitteen pieneneminen ja varjojen vaikutuksen pieneneminen. Koska kohteen terassi, jonka katolle paneelit tulevat, on vasta suunnitteilla voi varjostusten arviointi heittää ajattelusta. Tästä syystä mikroinvertterillä varustetut paneelit olisivat varma valinta tuoton takaamiselle. Hintaan mikroinvertterien valinta kuitenkin vaikuttaa näkyvästi, sillä jokaiselle paneelille tulee oma inventeri, joka maksaa noin 200 €. Tässä parannuksena on kuitenkin erikoiskaapelien välistä jättäminen ja suoraan kolmivaiheiseen verkkovirtaan sopiminen.



Mikroinvertterillä toimivassa järjestelmässä paneelia kohden on oma invertteri, toisin kuin perus järjestelmässä jossa jokainen paneeli menee yhdelle invertterille

KUVA 16. Mikroinvertterin ero tavallisemmin käytettyyn yksittäiseen invertteriin. (Husso 2019)

#### 4.3 Luvat, hakemukset ja Standardit

Aurinkosähköjärjestelmiin liittyviä säädöksiä on päivitetty ajanhermolle viime vuosina. Muun muassa verkkoon liittyminen on tehty mahdolliseksi pientuottajille, joskaan se ei nykyisillä hinnoilla ole vielä kovin kannattavaa.

Kannattaa pyytää järjestelmätoimittajaa hoitamaan järjestelmän rakentamiseen liittyvät mahdolliset rakennus- ja toimenpideluvat ja verkkoonliittämisluvut, sillä yleensä toimittajille niiden hoitaminen on jokapäiväistä toimintaa, kun taas kohteen omistajalle todennäköisesti ennaltaan tuntemattomampia. Rakennus- ja toimenpidelupa sekä verkkoonliittämislupa prosessi on ongelmallinen, sillä kunnissa ainakin toistaiseksi on erilaisia rakennusmääräyksiä. Tästä syystä yleispätevien ohjeiden antaminen järjestelmän rakentamisesta on mahdotonta. (Tahkokorpi 2016, 177)

Sähköturvallisuusmääräysten mukaan maallikon on mahdollista asentaa matalajännitteinen niin sanottu mökkijärjestelmä käyttöönsä, sillä jännite tasot jäävät melko alhaisiksi. Verkkoonkytkentä sen sijaan on mahdotonta muille kuin luvat omaaville sähköasentajille. Joskaan minkäänlaisen sähköjärjestelmän asentaminen ei ole suositeltavaa ja järjestelmien asennus kannattaakin aina jättää ammattilaiselle. Niin sanotuissa mökkijärjestelmissä täytyy ottaa huomioon, että matalajännitteistenkin akkujen suuret virrat aiheuttavat valokaaren ja palovaaran. Kattavat asennusohjeet ja huolellisuus ovat välttämättömiä. (Tahkokorpi 2016, 178)

Alan ammattilaisia ohjeistaa Suomen lakien lisäksi erilaiset määräykset, asetukset ja ohjeet, joista kuitenkin tärkein on sähköturvallisuuslaki (1135/2016), joka pyrkii varmistamaan järjestelmän turvallisuuden. Aurinkosähköjärjestelmiä asentaessa on syytä noudattaa suomalaisia standardeja:

- SFS 6000:2017 Pienjännitesähköasennukset. Osa 7-712: Erytistilojen ja -laitteistojen vaatimukset. Aurinkosähköjärjestelmän tuotto vaihtelee huomattavasti, mutta järjestelmän mitoittamiseen tarvitaan perustietoja, kuten paneeliston oikosulkuvirta standarditestiolosuhteissa.

- SFS-EN 62446-1 Standardissa määritellään aurinkosähkölaitteiston käyttöönototestit, tarkastuskriteerit sekä vaatimukset dokumentaatiolle. Tämä on tärkeä niissä tapauksissa, joissa järjestelmä kytketään verkkoon

Myös tukien hakeminen aurinkopaneelijärjestelmien hankinnassa kannattaa huomioida, kaikille kotitalouksille mahdollista kotitalousvähennystä on mahdollista saada asennukseen jopa 50%, kuitenkin 2500 € asti. Yrittäjät ja maataloutta harjoittavat voivat hakea investointitukea aurinkojärjestelmiin ELY:ltä.

## 5 TULOKSET

Työssä on käyty läpi aurinkoenergian teoriaa ja aurinkosähköjärjestelmän mahdollisuutta kohteen asuinrakennuksessa. Tämän lisäksi on perehdytty kohteeseen yleisesti ja mitoitettu uudet patterit. Alkuperäinen suunnitelma ennen työn aloittamista oli sijoittaa aurinkosähköjärjestelmä vanhan navetan katolle. Hyvin pian kuitenkin selvisi kohteessa suunnitteilla oleva terassiprojekti, joka vaikutti järkevämmälle sijoituspaikalle, navetan sijainnin ja siitä johtuvien häviöiden takia. Virranniemen päärakennuksessa on kuitenkin hyvät mahdollisuudet aurinkosähköjärjestelmälle. Se sijaitsee kohtuullisen hyvällä paikalla, eikä ympäristössä olevien rakennusten pitäisi varjostaa suunniteltua terassin kattoa ja, vaikka varjostus jonain ajankohtana syntyisi, mikroinvertterit pelastaisivat tältä ongelmalta. Mikäli toimeksiantaja hankkii aurinkosähköjärjestelmän ja se tuottaa, kohteen omistaja hyötyy käyttäessään kaiken energian itse. Tähän voidaan vaikuttaa muun muassa käynnistämällä suurta sähkönkulutusta vaativat laitteet päivällä illan sijaan. Tulokset ovat kuitenkin kaiken kaikkiaan viitteellisiä, mutta uskon, että aurinkosähköjärjestelmän investointi on kannattavalta, koska sähkönsiirtohintaa todennäköisesti jatkaa kasvua lähivuosina. Järjestelmä myös tukee olemassa olevia lämmitysmuotoja kohteessa, sekä sähköpattereita että ilmalämpöpumppua, jota välillä tarvitaan myös viilentämiseen. Aurinkosähkön kannattavuuden todellinen arviointi on jokseenkin hankalaa, koska kulutushuiput kohdistuvat kylmille ja sateisille päiville, jolloin myös sähköntuotanto on pientä. Pattereiden uusimisen kannattavuus on sen sijaan täysin välttämätöntä kahdeksassa kohtaa taloa, sillä muuten vanhan talon veto käy sietämättömäksi.

Nykyään aurinkoenergian hyödyntäminen energianlähteenä on suosittua ympäri maailmaa. Myös pimeässä ja kylmässä Pohjolassa on huomattu aurinkoenergian tuomat mahdollisuudet. Aurinkoenergia sopii yhtä hyvin niin yrityksille kuin yksityishenkilöillekin. Kuitenkin molemmissa tapauksissa tarpeiden kartoittaminen on ensisijaisen tärkeää aurinkosähköjärjestelmän suunnittelussa. Toimivan ja tuottavan aurinkosähköjärjestelmän suunnittelu voi olla haastavaa, mutta onneksi apua ja tietämystä löytyy yhä enenevässä määrin. Aurinkosähköjärjestelmiä mitoittaminen on monen tekijän summa ja suunniteltaessa ne on otettava huomioon. Lopputulokseen vaikuttaa paljon myös kohteen sijainti ja suuruus. Paneelien mitoituksessa kannattaa kiinnittää tarkasti huomiota paneelin tietoihin ja muistaa, ettei valmistajien ilmoittama nimellisteho pidä paikkaansa kesäpäivien lämmössä. Paneeliteknologian kehittyessä huimaa vauhtia tämäkin ongelma ratkaistaan varmasti pian. Suunnittelemani aurinkojärjestelmän kokonaiskustannus on noin 4000 euroa, jossa ei ole huomioitu asennuskustannuksia ja kotitalousvä-

hennystä. Opinnäytetyötä tehdessäni kävin läpi useita erilaisia lähteitä ja hyödynsin runsaasti verkkolähteitä saadakseni kattavampaa ja syvempää tietoa aurinkoenergiasta, sillä kirjallisuus aiheeseen liittyen on vielä hyvin perustietotasosta, joskin hyödyllistä tiettyyn pisteeseen asti.

## 6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Työtä tehdessäni opin lisää minua kiinnostavista aiheista ja työn edetessä käsitykseni aurinkosähköstä ja sen kannattavuudesta on laajentunut ja syventynyt. Työ antoi myös mahdollisuuden perehtyä lisää aurinkosähköjärjestelmän suunnitteluun, ilmalämpöpumppeihin ja omakotitaloasumiseen yleisesti. Järjestelmän suunnittelu ja läpikäynti kohteeseen oli kiinnostavaa ja opettavaista. Kirjallinen työ ei yksin ratkaise sitä, mikä valinta tulee tehdä aurinkopaneelijärjestelmän suhteen, mutta antaa siitä viitteitä perusteellisemmän tarkastelun tueksi. Aurinkosähköjärjestelmä on kuitenkin kannattava sijoitus tulevaisuuteen ja aurinkosähkön tulevaisuus näyttää valoisalle. Asenteet ja yleinen tuntemus aurinkoenergiasta ovat koko ajan muokkautumassa parempaan päin. Aurinkosähköjärjestelmä tuottaa investoinnin takaisinmaksuajan jälkeen vuosittain ilmaista energiaa aurinkopaneelien käyttöiän ajan. Mikäli sähkön hinta jatkaa nousuaan ja paneelien kustannukset laskevat, tulee investoinnista entistä kannattavampi. Järjestelmä ei myöskään sellaisenaan tuota päästöjä ja askel kohti puhtaampaa maapalloa on kuitenkin aina parempi kuin antaa asioiden vain olla.

Kehitystyön jatkuessa ympäristöystävällisempiä materiaaleja saadaan toivon mukaan markkinoille. Ei ole realistista odottaa, että aurinkoenergialla pystyisimme heti huomenna kumoamaan ilmastonmuutoksen ja unohtamaan kasvihuonepäästöt, mutta täydennettäessä aurinkojärjestelmillä sekä uusia että vanhoja rakennuksia pienennetään omaa hiilijalanjälkeä.

Suomessa syöttötariffeja ei ole tällä hetkellä aurinkovoiman osalta, mutta mikäli näin olisi, voitaisiin uusiutuvien energialähteiden käyttöön kannustaa entisestään. Myös asennuksesta saatavan kotitalousvähennyksen rinnalle olisi toivottavaa tuki, joka keskittyisi paneeleihin, mutta miksei myös samalla muihin uusiutuvan energian järjestelmiin.

## LÄHTEET

- AURINKOPANEELIKAUPPA. HIPRO TP660M 300W aurinkopaneeli. [Viitattu: 22.5.2019] Saatavissa: [https://www.aurinkopaneelikauppa.fi/epages/aurinkopaneelikauppa.sf/fi\\_FI/?ObjectPath=/Shops/20120903-11092-142553-1/Products/02300](https://www.aurinkopaneelikauppa.fi/epages/aurinkopaneelikauppa.sf/fi_FI/?ObjectPath=/Shops/20120903-11092-142553-1/Products/02300)
- AURINKOPANEELIKAUPPA. Aurinkovoimala 3kW [Viitattu: 22.5.2019] Saatavissa: [https://www.aurinkopaneelikauppa.fi/epages/aurinkopaneelikauppa.sf/fi\\_FI/?ObjectPath=/Shops/20120903-11092-142553-1/Products/16033](https://www.aurinkopaneelikauppa.fi/epages/aurinkopaneelikauppa.sf/fi_FI/?ObjectPath=/Shops/20120903-11092-142553-1/Products/16033)
- AURINKOPANEELIT INFO. Aurinkosähköjärjestelmä Hanover Solar / Steca 3,3kWp. [Viitattu: 23.5.2019] Saatavissa: <https://www.aurinkopaneelit.info/asennustarvikkeet-sarjat/asennustelineet>
- AURINKOSÄHKÖÄKOTIIN. Aurinkosähköjärjestelmään kuuluvat laitteet. [Viitattu 1.5.2019] Saatavissa: <https://aurinkosahkoakotiin.fi/aurinkosahko-kokoonpano/>
- CLEANENERGYREVIEWS, 2018. Paras Invertter. [Viitattu 23.5.2019] Saatavissa: <https://www.cleanenergyreviews.info/blog/best-grid-connect-solar-inverters-sma-fronius-solaredge-abb>
- ELY-KESKUS, 2018. Tuotannolliset investoinnit. [Viitattu 20.5.2019] Saatavissa: <https://www.ely-keskus.fi/web/ely/energiatuki1#.V9piRTV1pNM>
- ERKKILÄ, Vesa 2003. Aurinko lämpöopas itserakentajille. Jyväskylä: Kustantaja Sarmala Oy / Rakenusalan Kustantajat RAK
- EUPD-RESEARCH. Järjestelmän osia [Viitattu 21.5.2019] Saatavissa: <https://www.eupd-research.com/index.php?id=42&L=3>
- FINLEX, 2016. Sähköturvallisuuslaki. [Viitattu 20.5.2019] Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2016/20161135>
- FINLUMO, 2016. Aurinkoenergian historiaa. [Viitattu 29.4.2019] Saatavissa: <http://www.finlumo.fi/aurinkoenergian-historiaa/>
- FORTUM. Aurinkopaneeli laskuri. [Viitattu 1.5.2019] Saatavissa: <https://aurinkolaskuri.fortum.fi/>
- HELEN, 2018. Aurinkopaneelien villilänsi tarjousvertailu. [Viitattu 21.5.2019] Saatavissa: <https://www.helen.fi/yritys/vastuullisuus/ajankohtaista/blogi/2018/aurinkopaneelien-villil%C3%A4nsi--tarjousvertailu/>
- JN-SOLAR. Säädettävä asennusteline aurinkopaneelin asennusta varten. [Viitattu 23.5.2019] Saatavissa: <https://www.jn-solar.fi/fi/asennustelineet/4-asennusteline.html>
- LAITINEN, Jussi 2010. Pieni suuri energiakirja. Tallinna: Into Kustannus Oy
- MITSUBISHI. Ilmalämpöpumpun sisäyksikön sijoittelu. [Viitattu 7.5.2019] Saatavissa: <http://www.mitsubishielectric.fi/sijoitus.php>
- MOTIVA, 2018. Auringonsäteilyn määrä suomessa. [Viitattu 22.5.2019] Saatavissa: [https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva\\_energia/aurinkosahko/aurinkosahkon\\_perusteet/auringonsateilyn\\_maara\\_suomessa](https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/aurinkosahkon_perusteet/auringonsateilyn_maara_suomessa)
- MOTIVA, 2017. Auringosta sähköä. [Viitattu 22.5.2019] Saatavissa: [https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva\\_energia/aurinkosahko/aurinkosahkon\\_perusteet/auringosta\\_sahkoa](https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/aurinkosahkon_perusteet/auringosta_sahkoa)
- MOTIVA, 2016. Verkkoon liitetty aurinkosähköjärjestelmä. [Viitattu 22.5.2019] Saatavissa: [https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva\\_energia/aurinkosahko/jarjestelman\\_valinta/tarvitava\\_laitteisto/verkkoon\\_liitetty\\_aurinkosahkojarjestelma](https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/jarjestelman_valinta/tarvitava_laitteisto/verkkoon_liitetty_aurinkosahkojarjestelma)
- PERÄLÄ, Osmo 2012. Puulämmittäjän käsikirja. Hämeenlinna Kariston Oy

- PERÄLÄ, Osmo ja PERÄLÄ, Rae 2013. Lämpöpumput. Tallinna: Alfamer / Karisto Oy
- PERÄLÄ, Rae 2017. AURINKOsähköä. Tallinna: Alfmer/Kairisto Oy
- ROBOTTIMIES. Mikroinvertteri DC/AC 248W, 230V CE. [Viitattu 23.5.2019] Saatavissa: <https://www.robomies.com/MIKROINVERTTERI-AURINKOPANEELEILLE>
- SALES SFS. Standardissa SFS-EN 62446-1 [Viitattu 20.5.2019] Saatavissa: <https://sales.sfs.fi/fi/index/tuoteuutiset/sfs-en62446-12016aurinkosahkojarjestelmiendokumentointi.html.stx>
- SFS. SFS 6000 Pienjännitesähköasennukset [Viitattu 20.5.2019] Saatavissa: [https://www.sfs.fi/aihealueet/sahko\\_ja\\_elektroniikka/sfs\\_6000](https://www.sfs.fi/aihealueet/sahko_ja_elektroniikka/sfs_6000)
- SLO. Verkkokauppa [Viitattu 20.5.2019] Saatavissa: <https://verkkokauppa.slo.fi/fi/lammitin-adax-neo-vaik-np04dt-9016-400w-k-370x480-8120700>
- SLO. Verkkokauppa [Viitattu 20.5.2019] Saatavissa: <https://verkkokauppa.slo.fi/fi/lammitin-adax-neo-vaik-np14dt-9016-1400w-k-370x1050-8120716>
- SOLAR AREMA. Aurinkopaneeli laskuri. [Viitattu 1.5.2019] Saatavissa: <https://solar-arena.com/> ja/tai <https://demo1.solar-arena.com/>
- SOLARSYNERGIA, 2016. Millaisen aurinkopaneelin valitsen. [Viitattu 6.5.2019] Saatavissa: <https://www.solarsynergia.com/single-post/2016/10/17/Millaisen-aurinkopaneelin-valitsen>
- SUOMELA. Ilmalämpöpumpun sisäyksikön sijoittelu. [Viitattu 7.5.2019] Saatavissa: <https://www.suomela.fi/lammitys-lvis/Ilmalampopumput/Ilmalampopumpun-sisayksikon-sijoitus-50368>
- SÄHKÖALA, 2017. Aurinkojärjestelmien mitoitus. [Viitattu 21.5.2019] Saatavissa: [http://www.sahkoala.fi/ammattilaiset/artikkelit/aurinkoenergia/fi\\_FI/aurinkosahkojarjestelman\\_mitoitus/](http://www.sahkoala.fi/ammattilaiset/artikkelit/aurinkoenergia/fi_FI/aurinkosahkojarjestelman_mitoitus/)
- TAHKOKORPI, Markku 2016. Aurinkoenergia suomessa. Riika: Into kustannus Oy
- TALOUSELÄMÄ, 2019. Lämpöpumput suomessa hurjiin kasvulukuihin. [Viitattu 7.5.2019] Saatavissa: <https://www.talouselama.fi/uutiset/lampopumput-suomessa-hurjiin-kasvulukuihin-erityisesti-ilma-lampopumput-yhdesta-syysta/b3141f18-fb9e-3290-965c-f8ab5e567277>
- TUKES, 2016. Valtioneuvoston asetus sähkötyöstä ja käyttötyöstä 21.12.2016/1435 [Viitattu 20.5.2019] Saatavissa: <http://plus.edilex.fi/tukes/fi/lainsaadanto/20161435>
- VATTENFALL. Aurinkopaneelien osto opas. [Viitattu 21.5.2019] Saatavissa: <https://www.vattenfall.fi/aurinkopaneeli/aurinkopaneelien-osto-opas/>
- VATTENFALL. Aurinkopaneelit taloon. [Viitattu 21.5.2019] Saatavissa: <https://www.vattenfall.fi/aurinkopaneeli/aurinkopaneelit-taloon/>